

Primera edición

Las rutas hacia un mundo en evolución constante



- ID Atilio Rodolfo, Buendia Giribaldi
- ID Jorge Antonio, Chavez Perez
- ID Campos Arias, Rene Mauricio
- ID Chilet Cama, Shirley Emperatriz
- ID Pérez Nájera, Celin

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- © Atilio Rodolfo, Buendia Giribaldi.
Correo: prociencia2750@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8613-3730
- © Jorge Antonio, Chavez Perez.
Correo: jchavezp@lamolina.edu.pe
ORCID: 0000-0003-1728-9886
- © Rene Mauricio Campos Arias.
Correo: renem.campos@gmail.com
ORCID: 0009-0007-7978-8230
- © Shirley Emperatriz Chilet Cama
Correo: schilet@uni.edu.pe
ORCID: 0000-0002-6330-7240
- © Celin Pérez Nájera
Correo: celinpn1973@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8964-6427

Editada por:

- ©| Professionals On Line SAC. (FEPOL) – Fondo Editorial.
Dirección Av. La Marina N° 2900 - San Miguel, Lima, Lima, Perú.
professionalsonline.net@gmail.com
Teléf. móvil: +51 981 105 611
Web: <https://professionals.pe/>

Primera edición digital: Febrero 2025

Libro digital disponible en <https://editorialfondo.com/>

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-01625

ISBN: 978-612-49279-7-3

DOI: <https://doi.org/10.47422/fepol.29>

Diseño y Diagramación: Gráfica “Imagen”

Manuel Enrique Sampen Antonio

sampen25@gmail.com / Tel. de contacto: +51 990064 589

Sello editorial: Fondo Editorial (978-612-48981)



Licencia No Comercial Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>

Professionals On Line (FEPOL)

ISSN: 2955-8549

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

COLABORADORES

Estudiantes

Colegio Científico Albert Einstein “Escuela asociada a la UNESCO”

NAI 363

Andrea Valentina Beltran Villagarcia:
0009-0005-0414-0427

Shue Jahely Luzuriaga Manco:
00009-0009-7848-6067

Renato Nikolai Ccohua Gonzales:
0000-0001-7259-909X

Renato Fontenla Gambini:
0000-0001-7055-6301

Camila Lucía Guerrero Gomez:
0000-0002-7573-0943

Oliver Fabrizio Carlos Bonilla:
0000 – 0001 – B712 – 3552

Andre Daviran Chara Gongora:
0009 – 0008 – 9776 – 3771

Alan Mateo Espinoza Safadi:
0000-0002-6072-2406

Mathias Abel Olivares Alberca:
0000-0002-5085-8959

Yoshimar Xavi Saire Miranda:
0009-0004-3626-8823

Fabián Alonso Loyola Calderón:
0009-0008-0160-4523

Jairzinho Glenn Trillo Aguila:
0009-0004-9952-1646

NAI 414

Katherine Toribio Villacorta:
0000-0001-7305-5828

Kayra Maratzia Sagastegui Vásquez:
0009-0004-1520-5065

Marco Alejandro Waslli Mendez:
0009-0006-1145-419X

Paulino Durand:
0009-0003-0681-9586

Christopher Gonzales Ortiz:
0009-0003-7688-0198

Diego Fabian Jimenez Orrego:
0009-0006-1196-3058

Almendra Michelle Rodriguez Cano:
0009-0005-7267-6629

Daniela Kiara Flores Zanabria:
0009-0006-9120-4077

Ithan Kazuo Yamil Kawasaki Casma:
0009-0006-6995-0380

Keymi Luana Zaquinaula Ysa:
0009-0004-3467-7068

NAI 525

Abraham Lincon Minaya Ticono:
0000-0002-5271-9477

Bruno Joaquín Díaz Quezada:
0009-0009-2429-0261

Sofia Fernanda Suarez Villagarcia:
0009-0003-4335-0529

Matthew Ortiz Olivas:
0009-0001-5115-2114

Ismael Williams Soto Campos:
0009-0009-6492-4900

Piero Adriano Sisniegas Coronado:
0009-0008-8899-7736

Mearyjames Sakae Trillo Aguila:
0009-0000-1793-0579

PRÓLOGO

En un mundo cada vez más interconectado y vulnerable a cambios profundos, nos encontramos a las puertas de una nueva era, donde el chip cuántico y el conocimiento de frontera tienen el potencial de revolucionar la forma de la enseñanza y el aprendizaje, es por ello que el conocimiento y la reflexión colectiva se convierten en herramientas fundamentales para abordar los grandes desafíos globales.

El Colegio Científico Albert Einstein, Escuela Asociada de la UNESCO, consciente de su responsabilidad de preparar a las nuevas generaciones para un futuro que ya está aquí, entiende que la educación debe evolucionar continuamente, y se alinea a este momento histórico del año de “las tecnologías cuánticas 2025”, promovido por la UNESCO.

Este compromiso se refleja no solo en el contenido de este libro, sino también en su enfoque integral. La institución apuesta por una educación que integre los avances más recientes, como la ciencia cuántica, ampliando el currículo para incluir no solo aspectos técnicos, sino también éticos y creativos. En un contexto global tan dinámico, se reconoce la necesidad de formar ciudadanos con pensamiento crítico y soluciones innovadoras, capaces de enfrentar los desafíos desde una perspectiva humanista y sostenible.

El libro “Las rutas hacia un mundo en evolución constante”, es un testimonio de este esfuerzo conjunto, que combina la frescura y el entusiasmo de estudiantes del Colegio Científico Albert Einstein, Escuela Asociada de la UNESCO, con la experiencia y rigor de profesionales especializados.

Este proyecto editorial no solo da voz a las nuevas generaciones, sino que también valida su capacidad para contribuir al debate sobre los problemas que definen nuestro tiempo, buscando no solo analizar las problemáticas más apremiantes de nuestra época, sino también fomentar una visión crítica y propositiva desde diversas perspectivas.

Cada uno de los artículos que componen esta obra ha sido meticulosamente investigado y elaborado. Los estudiantes, motivados por un enfoque pedagógico que fomenta el pensamiento crítico y la creatividad, se han sumergido en temas de vital importancia, como las condiciones globales y económicas, la contaminación ambiental, la desnutrición y el crecimiento de la población humana. Este trabajo se ve enriquecido por el aporte de especialistas que, desde sus respectivas áreas de conocimiento, han asegurado la rigurosidad y actualidad de los contenidos. En este sentido, el libro no solo cumple con los más altos estándares académicos, sino que también

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

ofrece una lectura accesible y enriquecedora para públicos diversos.

Uno de los mayores valores de esta obra radica en su capacidad para vincular la realidad global con el contexto local. En sus páginas, se exploran los desafíos del Perú frente al recurso hídrico, el efecto invernadero, la amenaza a la biodiversidad y la fragilidad de los ecosistemas, evidenciando cómo estos fenómenos afectan directamente a nuestras comunidades. Al mismo tiempo, se destacan las oportunidades que surgen a partir del uso sostenible de los recursos, la innovación en la agricultura y el desarrollo de tecnologías limpias. Este enfoque permite a los lectores comprender que, aunque los problemas puedan parecer inmensos, existen soluciones viables que requieren acción colectiva y compromiso.

El contenido del libro también resulta especialmente valioso por su diversidad temática. Al abordar la producción de alimentos, la agricultura sostenible, la ciencia, la tecnología y la biotecnología, el texto nos invita a reflexionar sobre la complejidad de los sistemas que sostienen nuestra sociedad y la necesidad de gestionarlos con una visión holística. Por otra parte, los artículos sobre administración de energía y sostenibilidad no solo destacan los desafíos actuales, sino que también proponen soluciones innovadoras, basadas en un conocimiento científico de vanguardia.

En este esfuerzo conjunto, los lectores también encontrarán un ejemplo inspirador de cómo las instituciones educativas, en colaboración con organismos internacionales como la UNESCO y expertos de diversas disciplinas, pueden trabajar juntas para generar un impacto positivo en la sociedad. Esta obra demuestra que la educación no solo es un medio para transmitir conocimientos, sino también una herramienta poderosa para formar ciudadanos comprometidos con el futuro de su país y del mundo.

Al sumergirse en las páginas de “Las rutas hacia un mundo en evolución constante”, los lectores no solo ampliarán su comprensión sobre los desafíos más apremiantes del siglo XXI, sino que también descubrirán ideas que los motivarán a actuar. Este libro es, en esencia, una invitación a ser parte de la solución. Desde quienes buscan enriquecer su conocimiento hasta quienes desean encontrar inspiración para emprender acciones concretas, todos encontrarán en este volumen un recurso valioso y una fuente de esperanza.

Es nuestro deseo que “Las rutas hacia un mundo en evolución constante”, se convierta en un referente en los debates sobre sostenibilidad, educación y desarrollo. Su lectura es una oportunidad para reflexionar sobre nuestro papel como ciudadanos del mundo y para recordar que el cambio comienza con el conocimiento y la acción. Confiamos en que este libro será no solo una

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

herramienta educativa, sino también un catalizador para el cambio social.

Los invitamos a recorrer estas páginas con la mente abierta y el corazón dispuesto, seguros de que al final de esta lectura, encontrarán no solo respuestas, sino también preguntas que los motivarán a seguir explorando y construyendo un futuro mejor para todos.

Dra. Shirley Emperatriz Chilet Cama

Docente Investigador Universidad Nacional de Ingeniería

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	9
1.1. POBLACION MUNDIAL: CRECIMIENTO EXPONENCIAL	10
1.2. IMPACTO DE LAS REVOLUCIONES AGRÍCOLAS E INDUSTRIALES EN LA POBLACIÓN	14
1.3. FACTORES SOCIOPOLÍTICOS QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO (MIGRACIONES Y CONFLICTOS).....	25
1.4. EL USO DE LOS RECURSOS NATURALES	30
1.5. GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS.....	32
1.6. EL DESAROLLO INDUSTRIAL	33
1.7. TRATADOS O PACTOS INTERNACIONALES	65
CAPÍTULO II	87
2.1. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS: CONCEPTO E IMPORTANCIA	88
2.2. IMPACTOS GLOBALES Y LOCALES DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	89
2.3. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	91
2.4. ECONOMÍA GLOBALIZADA.....	93
2.5. EL IMPACTO DE LA GLOBALIZACIÓN	98
2.6. INTERDEPENDENCIA ECONÓMICA ENTRE PAÍSES	98
2.7. IMPACTOS DE LA ECONOMÍA GLOBALIZADA	100
2.8. DESAFÍOS DE LA ECONOMÍA GLOBALIZADA	102
2.9. PROBLEMAS ECONÓMICOS COMO CRISIS FINANCIERAS GLOBALES	103
2.10. EL PAPEL DE LA DIGITALIZACIÓN Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL FUTURO DE LA GLOBALIZACIÓN.....	108
2.11. JURISPRUDENCIA DEL TRIBUNAL DE JUSTICIA DE LA UNIÓN EUROPEA (TJUE)	112
2.12. PRODUCCIÓN Y COMERCIO NACIONAL E INTERNACIONAL	114
2.13. MODELOS DE NEGOCIO EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL	123
2.14. EVOLUCIÓN DEL MERCADO INTERNO	125
2.15. REFORMAS COMERCIALES DURANTE EL SIGLO XIX Y XX.....	127
2.16. EL TRATADO DE LIBRE COMERCIO (TLC) CON LOS EE.UU.	132
2.17. DIMENSIONES DE LAS RELACIONES COMERCIALES: DIMENSIÓN ECONÓMICA Y GEOPOLÍTICA	134
2.18. POTENCIAL DE EXPORTACIÓN Y COOPERACIÓN INTERNACIONAL.....	136
2.19. IDENTIDAD CULTURAL Y TRADICIONES ORALES.....	137
2.20. IMPACTO DE LAS POLÍTICAS ECONÓMICAS EN EL COMERCIO INTERNACIONAL	138
2.21. MERCADOS MUNDIALES	145

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

2.22.	TENDENCIAS ACTUALES: DIGITALIZACIÓN, SOSTENIBILIDAD, CRIPTOMONEDAS	147
2.23.	EL MEGA PUERTO DE CHANCAY: IMPACTO ECONÓMICO Y DESARROLLO	159
2.24.	EL PUERTO ESPACIAL DE TALARA – PIURA	165
CAPÍTULO III		171
3.1.	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	172
3.2.	CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	172
3.3.	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	172
3.4.	CONTAMINACIÓN VISUAL	172
3.5.	ESCASEZ DEL AGUA	177
3.6.	DEFORESTACIÓN	178
3.7.	EL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO	181
CAPÍTULO IV		187
4.1.	CAUSAS DE LA DESNUTRICIÓN	188
4.2.	TIPOS DE DESNUTRICIÓN	190
4.3.	DESNUTRICION Y MALNUTRICION VEGETAL, ANIMAL Y HUMANA.....	195
4.4.	ENFERMEDADES CAUSADAS POR DEFICIENCIAS O EXCESOS NUTRICIONALES	198
CAPÍTULO V		204
5.1.	FACTORES QUE AFECTAN EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN	205
5.2.	TASA DE NATALIDAD Y MORTALIDAD	210
5.3.	TASA DE FECUNDIDAD	220
CAPÍTULO VI.....		226
6.1.	PORCENTAJE DE AGUA DULCE EN EL PLANETA Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	227
6.2.	PRINCIPALES FUENTES: RÍOS, LAGOS, ACUÍFEROS, GLACIARES	228
6.3.	AGUA EN LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES	229
6.4.	USO DEL AGUA DURANTE LAS REVOLUCIONES AGRÍCOLA E INDUSTRIAL.....	230
6.5.	DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA.....	231
6.6.	MODELOS DE GESTIÓN POR PAÍSES Y REGIONES.....	232
6.7.	EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CICLO HÍDRICO	238
6.8.	ESTADÍSTICAS ACTUALES SOBRE ACCESO AL AGUA POTABLE	242
6.9.	LA EUTROFIZACIÓN: AMENAZA PARA EL RECURSO HÍDRICO	264
CAPÍTULO VII.....		299
7.1.	EL EFECTO INVERNADERO	300
7.2.	CAUSAS NATURALES DEL EFECTO INVERNADERO	303
7.3.	EFECTO INVERNADERO ACELERADO POR LA ACTIVIDAD HUMANA.....	308
7.4.	CONSECUENCIAS DEL EFECTO INVERNADERO	314

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

7.5. DERRAMES DE PETROLEO, LOS RESTOS QUIMICOS DE LABRATORIOS, EMPRESAS, HOSPITAES, MEDICAMENTOS Y RESIDUOS REACTIVOS.....	318
CAPÍTULO VIII	329
8.1. DESTRUCCION DE GRANDES EXTENSIONES DE SELVA TROPICAL	330
8.2. CAUSAS PRINCIPALES DE LA DESTRUCCIÓN DE SELVAS TROPICALES	331
8.3. IMPACTOS DE LA DEFORESTACIÓN	332
8.4. SOLUCIONES E INICIATIVAS DE CONSERVACIÓN	332
8.5. LA COMPLEJIDAD DE LOS ECOSISTEMAS EN MADRE DE DIOS	333
8.6. PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD Y DEFORESTACIÓN	335
8.7. DIFERENCIAS CLAVE SEGÚN EL CONTEXTO REGIONAL POLÍTICAS DE REGULACIÓN Y FORMALIZACIÓN	336
8.8. EL PAPEL DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EN LA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL	337
8.9. PÉRDIDA DE RESILIENCIA ECOSISTÉMICA.....	338
8.10. IMPACTO EN LA BIODIVERSIDAD	340
8.11. RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS.....	341
8.12. PÉRDIDA DE MILES DE PECES	341
8.13. HISTORIA DE LA PÉRDIDA DE ESPECIES EN PERÚ.....	347
8.14. REVOLUCIÓN AGRÍCOLA E INDUSTRIAL Y SU INFLUENCIA EN LA BIODIVERSIDAD.....	349
CAPÍTULO IX.....	355
CÁPITULO X	431
10.1. LA AGRICULTURA SUSTENTABLE	432
10.2. EL CUIDADO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS	438
CAPÍTULO XI.....	458
11.1. LA CIENCIA BASICA, LA TECNOLOGIA Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	459
11.2. LA RELACIÓN ENTRE CIENCIA BÁSICA Y PROGRESO TECNOLÓGICO.....	463
11.3. LA BIOLOGÍA SINTÉTICA: LA NUEVA BIOTECNOLOGÍA.....	469
CÁPITULO XII.....	476
12.1. FRAGILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS: FOCOS DE PELIGRO	477
12.2. FOCOS DE PELIGRO EN EL MUNDO ACTUAL.....	483
12.3. UNA MEJOR ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA: EL PANORAMA ENERGÉTICO ACTUAL DEL PERÚ	486
12.4. Impactos socioambientales de la mala gestión energética.....	489
12.5. EL PAPEL DE LA CIUDADANÍA Y LA EDUCACIÓN ENERGÉTICA	492
EPÍLOGO.....	495
REFERENCIAS	496

CAPÍTULO I
PAUTAS PARA LA TRANSFORMACIÓN

1.1. POBLACION MUNDIAL: CRECIMIENTO EXPONENCIAL

1.1.1. Conceptos básicos de población y crecimiento exponencial

El estudio del crecimiento poblacional es fundamental en demografía, ecología y otras disciplinas. Este fenómeno se refiere al cambio en el número de individuos en una población durante un período determinado, y puede ser influenciado por diversos factores como la natalidad, mortalidad, inmigración y emigración (Sposob, 2024).

El modelo de Malthus, (Thomas Robert Malthus 1766-1834), describe el crecimiento poblacional como un proceso exponencial. Según este modelo, la población crece a una tasa constante, lo que significa que la población se duplica en intervalos de tiempo regulares si no hay limitaciones externas (He et al., 2021a), sostiene que la población tiende a crecer más allá de los medios de subsistencia, y que su exceso sería eventualmente disminuido por el hambre, las epidemias y las guerras.

La población crece de manera exponencial cuando los recursos son ilimitados. La fórmula básica es $(P(t) = P_0 e^{rt})$, donde $(P(t))$ es la población en el tiempo (t) , (P_0) es la población inicial, (r) es la tasa de crecimiento y (e) es la base del logaritmo natural (He et al., 2021b).

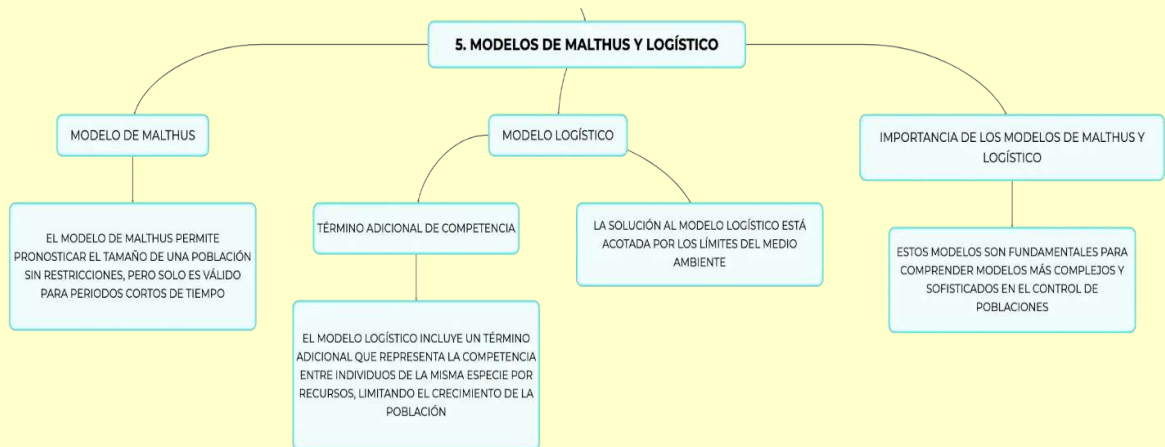
Las Limitaciones del modelo, es que no considera la capacidad de carga del medio ambiente ni la disponibilidad de recursos, lo que puede llevar a predicciones poco realistas a largo plazo (Tomiya et al., 2020). El modelo logístico, introducido por Pierre François Verhulst, ajusta el modelo de Malthus al incluir la capacidad de carga del medio ambiente, que es el número máximo de individuos que un entorno puede sostener (Taira, 2021c). La fórmula del modelo logístico es $(P(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K - P_0}{P_0}\right)e^{-rt}})$, donde (K) es la capacidad de carga. Este modelo muestra que la tasa de crecimiento disminuye a medida que la población se acerca a la capacidad de carga (Taira, 2021b), siendo la capacidad de carga el límite máximo de población que un entorno puede sostener sin degradarse. Este modelo es más realista ya que considera la limitación de recursos (Taira, 2021c).

Ambos modelos se utilizan para predecir el crecimiento poblacional. El modelo de Malthus es útil para entender el crecimiento inicial, mientras que el modelo logístico es más adecuado para predicciones a largo plazo donde los recursos son limitados (Oluwaseun et

al., comunicación personal, 2022). Estos modelos se aplican en diversas áreas como la ecología, la economía y la planificación urbana para prever el crecimiento poblacional y planificar el uso de recursos (Bhadula, 2021)

Figura 1.

Esquema informativo sobre los modelos de Malthus y logístico



Nota. Descripción de los modelos Malthusiano y logístico, incluyendo importancia de ambos. Adaptado de Modelos de dinámica poblacional en ecología, por Algor Cards, s.f. (<https://cards.algoreducation.com/es/maps/modelos-de-dinamica-poblacional-en-ecologia>)

La tasa de crecimiento poblacional está determinada principalmente por tres factores: la natalidad (fertilidad), la mortalidad y la migración. Estos componentes interactúan de manera compleja para influir en el crecimiento de la población.

1.1.2. Natalidad (Fertilidad)

La tasa de natalidad es un factor crucial en el crecimiento poblacional. Un aumento en la tasa de natalidad generalmente conduce a un incremento en la población, mientras que una disminución puede ralentizar el crecimiento. La disminución de la fertilidad ha sido un factor significativo en la desaceleración del crecimiento poblacional en muchas regiones del mundo (Canudas- Romo et al. 2024).

1.1.3. Mortalidad

La tasa de mortalidad afecta el crecimiento poblacional al determinar cuántas personas mueren en un periodo determinado. Una disminución en la mortalidad, especialmente sin

una disminución correspondiente en la natalidad, puede resultar en un aumento de la población. Históricamente, la reducción de la mortalidad ha sido un factor clave en el aumento de la población (Cambios poblacionales con especial referencia a la mortalidad, 2023).

1.1.4. Migración

La migración neta, que es la diferencia entre el número de personas que entran y salen de un área, también juega un papel importante. La migración puede compensar las bajas tasas de natalidad o mortalidad, o exacerbar el crecimiento poblacional en áreas con altas tasas de natalidad (Canudas-Romo et al., 2022).

Estos factores no actúan de manera aislada. Por ejemplo, una disminución en la mortalidad puede llevar a un aumento en la población que, a su vez, puede influir en las tasas de natalidad y migración (Sudharsanan et al., 2022). Las tendencias de crecimiento poblacional varían significativamente entre regiones, por ejemplo, se espera que los países de África subsahariana experimenten un aumento significativo en la población debido a altas tasas de natalidad, mientras que otras regiones pueden ver una desaceleración debido a la disminución de la fertilidad (Gu et al., 2021).

La evolución histórica de la humanidad se ha caracterizado por una serie de transiciones significativas que han transformado la forma en que las sociedades humanas se organizan y desarrollan. Estas etapas incluyen la era primitiva, la agrícola, la industrial y la tecnológica, cada una marcada por cambios fundamentales en la estructura social, económica y cultural.

La etapa primitiva de la humanidad se caracteriza por la vida de cazadores-recolectores, donde las sociedades eran nómadas y dependían de la caza y la recolección para su subsistencia. Esta fase inicial de la evolución humana se define por la capacidad creciente del cerebro humano para integrar inferencias causales y aplicar selectivamente estas habilidades para construir nichos socioculturales más sofisticados (Lévy, 2020).

La transición a la agricultura marcó el comienzo de la civilización agrícola, donde las sociedades comenzaron a asentarse y a desarrollar la agricultura y la ganadería. Este cambio permitió un aumento en la productividad agrícola, lo que a su vez facilitó el crecimiento de la población y el desarrollo de estructuras sociales más complejas (Fagan, 2020). La

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Revolución Neolítica, impulsada por una alta productividad agrícola, no solo permitió la transición a la agricultura, sino que también sentó las bases para la posterior industrialización (Chu y Xu, 2023).

La era industrial se caracteriza por la transición de las sociedades agrícolas a las industriales impulsada por la invención de las máquinas de vapor y la mecanización de la producción. Este período fue testigo de grandes transformaciones sociales y económicas, con un cambio hacia la producción en masa y el desarrollo de ciudades industriales (He, 2020). La primera modernización implicó cambios significativos desde la civilización agrícola tradicional hacia la moderna civilización industrial (Gordeev, 2020a). La era tecnológica, también conocida como la era del conocimiento, representa la transición de las tecnologías industriales a las digitales y cibernéticas. Este período se caracteriza por el desarrollo de sistemas ciber físicos complejos y máquinas autónomas auto aprendientes, marcando el inicio de la cuarta revolución industrial (Gordeev, 2020b). La segunda modernización se centra en la transición de la civilización industrial moderna a una civilización del conocimiento más avanzada (Stuart-Fox, 2022).

Figura 2

Imagen de la revolución agrícola en el neolítico



Nota. La imagen ilustra el impacto de la revolución agrícola en el neolítico, destacando su papel como catalizador del crecimiento poblacional durante la transición a sociedades sedentarias. Adaptado de La revolución agrícola en el neolítico: cómo cambió la historia humana, por Geo Evolución, 2024. (<https://www.geoevolucion.com/periodo/neolitico/>)

agricultura-en-el-neolitico/)

1.2. IMPACTO DE LAS REVOLUCIONES AGRÍCOLAS E INDUSTRIALES EN LA POBLACIÓN

Las revoluciones agrícolas e industriales han tenido un impacto profundo y duradero en la población mundial, transformando tanto la estructura económica como social de las sociedades. La Revolución Agrícola, que comenzó hace aproximadamente 12,000 años, marcó la transición de sociedades nómadas de cazadores- recolectores a comunidades agrícolas sedentarias. Esto permitió un aumento en la densidad de población y el desarrollo de asentamientos permanentes (Nguyen et al., comunicación personal, 2021).

La diversidad agrícola en el siglo XIX en los Estados Unidos tuvo efectos positivos a largo plazo en la densidad de población y el ingreso per cápita. Esta diversidad fomentó la industrialización y la diversificación dentro de la manufactura, así como la formación de nuevas habilidades laborales (Fiszbein, 2022), lo que trajo consigo cambios significativos en la nutrición, la salud, y las estructuras sociales, incluyendo la discriminación de género y la creación de mitos y religiones (Van Den Heever y Jones, 2022).

La Revolución Industrial, que comenzó en Europa en el siglo XVIII, transformó las sociedades agrarias tradicionales en sociedades industrializadas modernas. Esto se logró a través de innovaciones tecnológicas como las máquinas de vapor y la maquinaria textil, que aumentaron la eficiencia de la producción en fábricas (Jiang, 2024). La mejora en la tecnología agrícola permitió la reasignación de la mano de obra del sector agrícola al industrial, lo que incentivó la innovación y facilitó la transición de una economía estancada a una en crecimiento (Chu et al., 2020).

Aunque la Revolución Industrial aumentó la producción y la eficiencia, también contribuyó a problemas ambientales y sociales, como el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la degradación de los ecosistemas (Pathiranay Carimi, 2022). La explosión demográfica del siglo XX, significó un fenómeno complejo que transformó la estructura poblacional global. Este crecimiento acelerado de la población ha sido impulsado por una serie de factores interrelacionados que han tenido profundas implicaciones sociales, económicas y ambientales, siendo uno de los principales impulsores del crecimiento poblacional en el siglo XX fue la drástica reducción de la mortalidad, especialmente en

países en desarrollo. Esto se logró a través de la vacunación masiva y mejoras en la atención médica, lo que aumentó la esperanza de vida, mientras que las tasas de natalidad permanecieron altas debido a normas sociales preindustriales (Nureyev, 2021a).

El siglo XX también fue testigo de un aumento significativo en la urbanización, ya que la población urbana mundial se triplicó en la segunda mitad del siglo, pasando de 1,000 millones a 2,900 millones, y alcanzando 3,600 millones en 2010. Este fenómeno no se limitó a una región específica, sino que fue global, con un crecimiento paralelo en los países menos desarrollados (Liu, 2023).

El crecimiento poblacional no ha sido uniforme en todo el mundo. Se espera que la mayor parte del aumento futuro ocurra en países de África subsahariana, mientras que otras regiones experimentan una desaceleración debido a la disminución de la fertilidad. Este crecimiento desigual ha llevado a un cambio en la distribución de la población mundial, con un aumento significativo en la proporción de personas que viven en Asia, África y América Latina (Nuyerev, 2021b).

A medida que las tasas de fertilidad disminuyen, la población mundial está envejeciendo a un ritmo sin precedentes, generando un aumento en el número de hogares más pequeños y un cambio en la estructura demográfica global (Gu et al., 2021c). El crecimiento poblacional, junto con el cambio climático, ha exacerbado los conflictos por recursos, especialmente el agua. La escasez de agua potable está intensificando los conflictos étnico-religiosos en regiones como el Nilo y el Medio Oriente (Bardarov, 2023).

El rápido crecimiento demográfico ha intensificado los problemas de desigualdad social, especialmente en los países en desarrollo, que se ven obligados a buscar soluciones más enérgicas para abordar estas disparidades (Nureyev, 2021c).

La mejora en la salud pública y los avances médicos son factores significativos que contribuyen al crecimiento económico. La inversión en salud pública no solo mejora la calidad de vida, sino que también impulsa el crecimiento económico a través de varios mecanismos. El desarrollo de la salud pública puede aumentar el crecimiento del PIB real al reducir la mortalidad y aumentar la acumulación de capital humano. Esto es más efectivo en áreas urbanas con alta urbanización y baja intervención gubernamental (Zhang, 2023).

La mejora en la salud de la población laboral se traduce en mayores niveles de producción y productividad, lo que contribuye al crecimiento económico. Este efecto es evidente en

países como India, donde las mejores instalaciones de salud han impulsado más el crecimiento económico en comparación con otros países de ingresos medios bajos (Nazir et al, 2021).

En África subsahariana, se ha demostrado que el gasto en salud tiene una relación positiva con la Productividad Total de los Factores (TFP), sugiriendo que una mejor salud puede ser fundamental para el crecimiento de la productividad (Adegoke et al., 2023).

La inversión en infraestructura de salud no solo mejora el entorno de vida, sino que también estimula el consumo relacionado con la salud, lo que a su vez impulsa el crecimiento económico (Meng, 2022). Los avances tecnológicos en el sector salud están correlacionados con mejoras en los indicadores de salud pública, lo que sugiere que la innovación tecnológica puede tener un impacto causal en la salud pública (Graif, comunicación personal, 2020).

Las políticas de bienestar social juegan un papel crucial en la reducción de las tasas de mortalidad infantil, lo que a su vez contribuye al crecimiento económico y social. Estas políticas pueden abordar diversos factores que afectan la mortalidad infantil, como la pobreza, el acceso a servicios de salud, la educación y las condiciones de vida. La alfabetización femenina y el empoderamiento de las mujeres son factores críticos que contribuyen a la reducción de la mortalidad infantil. Un mayor nivel de educación en las mujeres está asociado con mejores prácticas de salud y cuidado infantil, lo que reduce las tasas de mortalidad infantil (Sriyanto et al., 2023). Políticas como créditos fiscales, licencias parentales pagadas, aumento del salario mínimo y aumento de impuestos al tabaco han demostrado reducir los resultados adversos perinatales e infantiles en los Estados Unidos (Webster et al., 2022). En Brasil, la reducción de la pobreza a través de fondos sociales ha mostrado una disminución significativa en la mortalidad infantil (De Souza Sá, y Branco, 2023).

El aumento en el gasto público en salud está correlacionado con una disminución en la tasa de mortalidad infantil, lo que también está vinculado al crecimiento económico (Edeme y Olisakwe, 2019). Las condiciones socioeconómicas, como el acceso a la atención médica, la educación y la vivienda, son determinantes importantes de la mortalidad infantil. Programas como Bolsa Familia en Brasil han sido efectivos en mejorar estas condiciones y reducir la mortalidad infantil (Bugelli et al., 2021).

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

La urbanización y el desarrollo económico están intrínsecamente relacionados, actuando como motores del crecimiento en las sociedades modernas. Este fenómeno no solo transforma el paisaje físico de las ciudades, sino que también impulsa cambios económicos significativos. La urbanización es impulsada por varios factores económicos y sociales, en China, la estructura industrial y la mercantilización han sido identificadas como factores clave que aumentan el nivel de urbanización, mientras que el modelo de financiamiento basado en la venta de tierras ha tenido un efecto negativo en regiones donde la urbanización ya está avanzada (Guo et al., 2021). Además, la infraestructura de transporte y las tecnologías de la información y comunicación (TIC) son esenciales para apoyar el crecimiento económico en áreas urbanas, evitando efectos negativos como la congestión y la formación de barrios marginales (Pradhan et al., 2021).

La urbanización ha demostrado ser un motor significativo del crecimiento económico. En muchos países, se ha observado que la urbanización está estrechamente ligada al desarrollo económico, especialmente en las etapas iniciales de crecimiento (Di Clemente et al., 2020a). Sin embargo, en países altamente urbanizados, esta relación puede volverse menos significativa, especialmente en aquellos que dependen en gran medida de la exportación de recursos (Di Clemente et al., 2020b). En India, se ha encontrado que el crecimiento económico impulsa la urbanización, lo que sugiere un poder propulsor más débil de los centros urbanos (Shaban et al., 2022).

A pesar de los beneficios, la urbanización presenta desafíos significativos. En China, el consumo de energía y la expansión de la industria pesada han tenido efectos negativos en el crecimiento económico, sugiriendo la necesidad de ajustar la estructura industrial y comercial (Zheng & Walsh, 2019). Además, la expansión urbana y el financiamiento basado en tierras han mostrado interacciones complejas con el crecimiento económico, lo que requiere políticas que promuevan un desarrollo urbano de alta calidad (Zhao et al., 2022). Para lograr un desarrollo urbano sostenible, es crucial que los gobiernos formulen políticas que equilibren los factores sociales, ambientales y económicos (Meng, 2024).

Las proyecciones de crecimiento global de la ONU para 2050 y 2100 indican un aumento significativo de la población mundial, con implicaciones importantes en diversas áreas. Para el 2050, se espera que la población mundial alcance los 9,7 mil millones, con un crecimiento concentrado principalmente en regiones menos desarrolladas como África y

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Asia (Belik, 2018). India superará a China como el país más poblado alrededor de 2027. Se prevé que una de cada seis personas en el mundo tendrá más de 65 años, con un aumento significativo en Europa y América del Norte (Bossone et al., 2019b). Esto plantea desafíos para los sistemas de seguridad social debido al envejecimiento de la población (Lueddeke, 2018). Para el 2100, la población mundial podría llegar a 10,9 mil millones, siendo África el único continente con un crecimiento continuo después de 2060 (De Marsily, 2021a).

Se anticipa un aumento del 40-67% en las áreas urbanas para 2050, y más del 200% para 2100, impulsado por el crecimiento de la población y el PIB, especialmente en países en desarrollo (Li et al., 2019a).

La demanda de agua para la producción de alimentos aumentará significativamente, lo que podría generar tensiones por recursos hídricos (De Marsily, 2021b). y las enfermedades cardiovasculares seguirán siendo una causa principal de mortalidad, con un aumento proyectado en las muertes debido a la hipertensión (Bossone et al., 2019c).

Las proyecciones de crecimiento económico muestran diferencias significativas entre los países en desarrollo y los desarrollados. En general, los países en desarrollo han superado a las economías avanzadas en términos de tasa de crecimiento anual promedio del PIB per cápita, participación en el crecimiento del PIB mundial, gasto de inversión global y dinámica de productividad laboral en las últimas décadas (Meliantsev, 2023a). Sin embargo, estas tendencias varían considerablemente entre diferentes regiones y países. Países como China e India han mostrado un crecimiento notable, superando a otras regiones en desarrollo como América Latina y África Subsahariana en términos de productividad y reducción de la pobreza (Meliantsev, 2023b).

A pesar del crecimiento, las desigualdades persisten. En África Subsahariana y Asia del Sur, la proporción de pobreza es significativamente más alta que en otras regiones en desarrollo (Meliantsev, 2023c). Los países en desarrollo enfrentan altos niveles de deuda, lo que podría obstaculizar su crecimiento futuro. En muchos de estos países, los pagos de intereses representan una gran parte de los ingresos, lo que aumenta el riesgo de estrés financiero (Molina & Ortiz-Juarez, 2024).

Las proyecciones a largo plazo para los países desarrollados indican un crecimiento más lento, influenciado por el envejecimiento de la población y la baja tasa de crecimiento de la fuerza laboral (La participación y la productividad impulsarán el PIB a largo plazo,

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

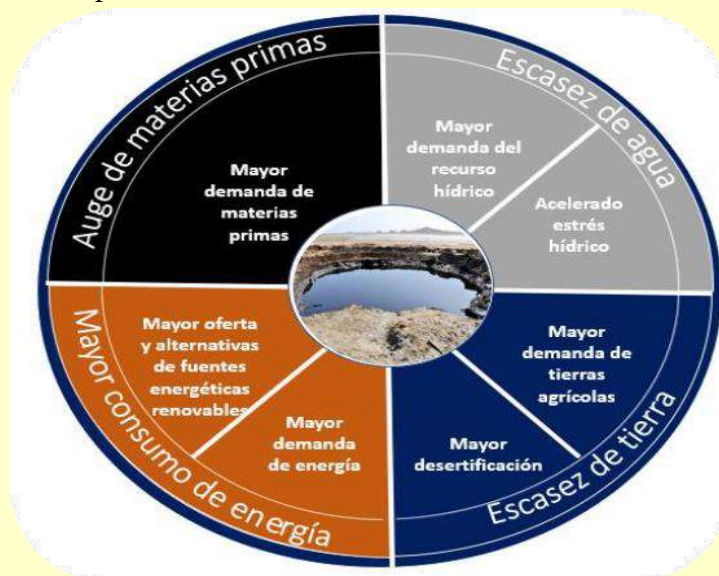
2018). Los países desarrollados han logrado un desacoplamiento más efectivo entre el crecimiento económico y el consumo de energía, en comparación con los países en desarrollo (Wu et al., 2018). Se espera que las áreas urbanas en los países en desarrollo continúen expandiéndose significativamente, lo que podría influir en patrones de crecimiento económico y desafíos ambientales (Li et al., 2019b). Se proyecta que los países menos desarrollados continúen convergiendo hacia los niveles de producción de las economías avanzadas, impulsados principalmente por el crecimiento en China e India (Startz, 2019).

El crecimiento poblacional ejerce una presión significativa sobre los recursos naturales, afectando su disponibilidad y calidad, contribuyendo a la degradación ambiental a través de la sobreexplotación de recursos, la intensificación de la agricultura y la expansión urbana e industrial. Esto resulta en la disminución de la calidad del suelo, la deforestación y la contaminación del agua y el aire (Rusikesan., 2019a).

En regiones con alta presión demográfica, como África subsahariana y el sudeste asiático, la escasez de tierras cultivables es común, lo que lleva a la fragmentación de tierras y la disminución de la fertilidad del suelo (Maja & Ayano, 2021). En India, el crecimiento poblacional ha reducido los recursos per cápita de tierra agrícola, agua y bosques (Aasaiyan, 2019a).

Figura 3

Gráfico circular de representación de escasez de recursos naturales



Nota. Los sectores del gráfico muestran la distribución de recursos críticos y sus

implicaciones para la sostenibilidad global. Adaptado de Escasez de recursos naturales, por Observatorio Nacional de Prospectiva, 2023 (<https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/m1>)

El aumento de la población está asociado con un incremento en el consumo de energía, especialmente de fuentes no renovables, lo que contribuye a mayores emisiones de CO₂ y la huella ecológica (Khan et al., 2020). La presión sobre los recursos naturales intensifica los efectos negativos en los ecosistemas, afectando tanto a comunidades urbanas como rurales, y exacerbando la inseguridad alimentaria y del agua (Kattumuri, 2018).

El crecimiento poblacional también impulsa actividades mineras descontroladas, lo que lleva a la disminución de los recursos forestales y a la alteración de los ecosistemas (Tandon et al., 2018). La densidad de población y la urbanización descontrolada son aspectos críticos del crecimiento poblacional que impactan significativamente el medio ambiente y la sostenibilidad urbana.

A continuación, se presentan los principales impactos identificados en la literatura:

- a. Degradación de Recursos Naturales: El rápido crecimiento poblacional en países como India ha llevado a la degradación de tierras, erosión del suelo y disminución de recursos agrícolas, forestales e hídricos debido a la presión poblacional (Aasaiyan, 2019b).
- b. Contaminación y Calentamiento Global: El aumento en la producción y consumo de energía, impulsado por el crecimiento poblacional, contribuye a la contaminación del aire y del agua, así como al calentamiento global (Rusikesan., 2019b).
- c. Expansión Urbana y Densidad Poblacional: En China, la expansión urbana ha superado el crecimiento poblacional, resultando en una disminución de la densidad poblacional en muchas ciudades, lo que afecta la sostenibilidad urbana (Song et al., 2021).
- d. Problemas de Infraestructura: La alta densidad poblacional en áreas urbanas puede causar congestión de tráfico y aumentar la contaminación del aire, afectando la calidad de vida de los residentes urbanos (Lu et al., 2023).
- e. Crecimiento Económico y Desigualdades: La aglomeración poblacional puede promover el crecimiento económico en áreas urbanas, pero también puede exacerbar las desigualdades espaciales y económicas (Chen et al., 2023).
- f. Uso Intensivo del Suelo: El crecimiento poblacional y la urbanización descontrolada

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

aumentan la intensidad del uso del suelo, lo que puede llevar a un desarrollo urbano insostenible si no se gestiona adecuadamente (Xu et al., 2020).

- g. Problemas de seguridad alimentaria. El crecimiento poblacional presenta desafíos significativos para la seguridad alimentaria, afectando la disponibilidad, accesibilidad y sostenibilidad de los recursos alimentarios.
- h. Aumento de la Demanda de Alimentos: El crecimiento de la población incrementa la demanda de alimentos, lo que requiere una expansión de la producción agrícola sin dañar el medio ambiente. Esto implica una competencia por las tierras agrícolas existentes y la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles (Fróna et al., 2019).
- i. Presión sobre los Recursos Naturales: La expansión urbana y el crecimiento poblacional ejercen presión sobre los recursos naturales, como el agua y la tierra, lo que puede llevar a la degradación ambiental y afectar la producción agrícola (Simanjuntak et al., 2024).
- j. Uso Intensivo de Agroquímicos: Para satisfacer la creciente demanda de alimentos, se ha intensificado el uso de fertilizantes y pesticidas, lo que puede comprometer la calidad ambiental y la seguridad alimentaria a largo plazo (Xiang et al., 2020).
- k. Desafíos en Países en Desarrollo: En países en desarrollo, el crecimiento poblacional y la urbanización afectan la seguridad alimentaria de manera diferente, a menudo exacerbando la inseguridad alimentaria debido a la falta de infraestructura adecuada y políticas de apoyo (Liu et al., 2021).
- l. Necesidad de Innovación y Políticas de Apoyo: Se requiere un enfoque holístico que combine políticas efectivas y avances tecnológicos para mejorar la productividad agrícola y asegurar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios (Cole et al., 2018).
- m. Políticas de planificación familiar. La planificación familiar es un componente crucial en la promoción de la salud reproductiva, la igualdad de género y el desarrollo sostenible. Las políticas de planificación familiar buscan no solo controlar el crecimiento poblacional, sino también mejorar la calidad de vida de las personas y contribuir a la sostenibilidad ambiental.
- n. Implementación de Programas de Planificación Familiar: Los programas de planificación familiar han demostrado ser efectivos en la reducción de las tasas de natalidad y en la mejora de la salud materna e infantil. En regiones con programas

bien establecidos, se ha observado una disminución significativa en las tasas de natalidad, lo que subraya la importancia de las decisiones reproductivas informadas para el control poblacional (Hatcher et al., 2023a).

- o. Enfoques Multisectoriales: Países como Brasil, Ecuador, Egipto, Etiopía y Ruanda han implementado políticas multisectoriales que consideran las necesidades diversas de la población y los factores contextuales específicos, lo que ha resultado en un exitoso aumento de la cobertura de planificación familiar (Hellwig et al., 2024).
- p. Contribución a la Sostenibilidad Ambiental: La planificación familiar puede contribuir a la sostenibilidad ambiental al reducir la presión sobre los recursos naturales. Aunque la relación no está completamente confirmada, la evidencia sugiere que los programas de planificación familiar pueden tener beneficios ambientales significativos (Gaffikin & Engelman, 2018).
- q. Inversión en el Desarrollo Socioeconómico: La planificación familiar es vista como una inversión clave para el desarrollo económico, especialmente en países de ingresos bajos y medios. Al reducir las tasas de dependencia de edad, se pueden aprovechar las oportunidades de crecimiento económico derivadas del dividendo demográfico (Mbizvo et al., 2019).
- r. Normas Culturales y Creencias Sociales: Las normas culturales y las creencias sociales son determinantes significativos del éxito de los programas de planificación familiar. Es esencial adoptar enfoques culturalmente sensibles y estrategias de participación comunitaria para superar las barreras culturales (Hatcher et al., 2023b).
- s. Perspectivas de Género: En países como Nigeria, las políticas de planificación familiar deben abordar los desequilibrios de género que afectan el acceso de las mujeres a los servicios de planificación familiar. Es crucial considerar los derechos de las mujeres y los hombres en el diseño de estas políticas (Amiesimaka & Payam, 2024).
- t. Ciencia de la Implementación: La ciencia de la implementación puede desempeñar un papel importante en el avance de los programas de planificación familiares, especialmente en países de ingresos bajos y medios. Es necesario incorporar sistemáticamente sus conceptos y principios para mejorar la cobertura y sostenibilidad de estos programas (Baynes et al., 2022).

- u. Educación y empoderamiento de mujeres como herramientas de control demográfico. El empoderamiento de las mujeres y su educación son fundamentales para el desarrollo sostenible y el control demográfico. Estas herramientas no solo promueven la igualdad de género, sino que también contribuyen significativamente al crecimiento económico y social de las comunidades.

La educación es un pilar esencial para el empoderamiento de las mujeres, ya que les proporciona las habilidades y conocimientos necesarios para participar activamente en la sociedad y la economía. La educación de calidad es crucial para el desarrollo sostenible y puede cambiar actitudes y aumentar la confianza de las mujeres, permitiéndoles enfrentar desafíos y asumir roles de liderazgo (Singh, 2024). Además, la educación mejora la independencia económica de las mujeres, lo que a su vez contribuye a la reducción de la pobreza y la desigualdad de género (Kumari, 2022).

El empoderamiento socioeconómico de las mujeres es un componente clave de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. Este empoderamiento incluye la participación en la fuerza laboral, el emprendimiento agropecuario y la inclusión financiera, lo que mejora la participación de las mujeres en la toma de decisiones y el liderazgo (Ayisha & Latip, 2023). La educación y el empoderamiento económico de las mujeres son esenciales para lograr un desarrollo sostenible, ya que permiten a las mujeres contribuir de manera significativa a sus comunidades y familias (Mishra, 2023).

A pesar de los avances, las mujeres aún enfrentan desafíos significativos, como la falta de acceso a recursos y oportunidades, especialmente en áreas rurales. La participación de las mujeres en la toma de decisiones y en el liderazgo sigue siendo limitada, lo que subraya la necesidad de políticas que promuevan la igualdad de género y el empoderamiento (Vundi, 2020). Sin embargo, existen oportunidades para mejorar la situación mediante la implementación de programas educativos y de liderazgo que fortalecen la confianza y las capacidades de las mujeres (Segovia-Pérez et al., 2019).

El empoderamiento de las mujeres, especialmente a través de la educación, tiene un impacto directo en el control demográfico. Las mujeres educadas tienden a tener menos hijos ya tomar decisiones más informadas sobre la planificación familiar, lo que contribuye a un crecimiento poblacional más sostenible (Jones et al., 2019a). Además, el empoderamiento de las mujeres mejora la nutrición infantil y la salud materna, lo que tiene efectos positivos

en el bienestar general de las familias y comunidades (Jones et al., 2019b).

El desarrollo de tecnologías sostenibles es un tema crucial en la actualidad, ya que busca equilibrar el crecimiento económico con la protección del medio ambiente y el bienestar social. Este enfoque se centra en la implementación de estrategias de control y sostenibilidad para lograr un desarrollo más responsable y eficiente. Las estrategias de control en la gestión empresarial son fundamentales para integrar la sostenibilidad en las operaciones corporativas, estas estrategias permiten a las empresas evaluar y gestionar los riesgos asociados con la transformación digital y la sostenibilidad, facilitando la transición hacia prácticas más sostenibles (Mancini et al., 2023). La implementación de controles de gestión, como el eco control, ayuda a las empresas a adaptarse a los cambios organizacionales necesarios para el desarrollo sostenible, especialmente en sectores como la agricultura (Gunarathne & Lee, 2020).

La eco-innovación se presenta como un mecanismo eficaz para reducir los impactos negativos en el medio ambiente. Las tecnologías basadas en la eco-innovación abarcan el desarrollo de productos sostenibles, la integración de modelos de negocios verdes, y el marketing y consumo sostenibles (Kuo & Smith, 2018a). Además, la combinación de la Economía Circular y la Industria 4.0 se destaca por su potencial para contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promoviendo modelos de producción y negocios innovadores (Dantas et al., 2021).

La economía circular es una tendencia creciente que busca crear sistemas económicos eficientes en el uso de recursos, reduciendo el consumo de energía y materiales en la producción. Las empresas que adoptan principios de economía circular y sostenibilidad pueden mejorar su competitividad y eficiencia de recursos, integrando tecnologías innovadoras y plataformas de intercambio (Rosário et al., 2024). Esta integración es crucial para alcanzar los ODS y fomentar un futuro más sostenible (Pirzada et al., 2023).

A pesar de los avances, existen desafíos significativos en la implementación de tecnologías sostenibles para fortalecer áreas como la optimización de modelos híbridos y el consumo sostenible (Kuo & Smith, 2018b), además, que el sector energético juega un papel crucial en la sostenibilidad global, requiriendo una transición hacia tecnologías más limpias y energías renovables para reducir la contaminación y conservar los recursos naturales (Gołaś et al., 2019).

Existe una diferencia de 2,4 veces en la densidad de médicos entre los países europeos con mayor y menor densidad, siendo en las regiones densamente pobladas, como las capitales, áreas con mayor cantidad de médicos (Winkelmann& Maier, 2020), por otro lado, la densidad de neurocirujanos varía según el nivel de ingresos de los países, ya que los países de altos ingresos tienen una densidad de 2,44 neurocirujanos por cada 100.000 personas, mientras que los países de bajos ingresos tienen solo 0,12 por cada 100.000 personas. Las regiones de África y el Sudeste Asiático tienen las densidades más bajas, mientras que la región del Pacífico Occidental tiene la más alta (Gupta et al., 2024a).

1.3. FACTORES SOCIOPOLÍTICOS QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO (MIGRACIONES Y CONFLICTOS)

Los factores sociopolíticos, como las migraciones y los conflictos, tienen un impacto significativo en el crecimiento y la distribución geográfica actual. Estos factores pueden alterar el equilibrio geopolítico y geoeconómico de las regiones, afectando tanto a los países de origen como a los de destino. La migración, tanto interna como internacional, influye en el crecimiento poblacional y la oferta laboral, con implicaciones sociales, culturales y económicas, significativas en los países de origen y destino (Sasanfar et al., comunicación personal, 2021).

Las condiciones políticas, demográficas, socioeconómicas y ambientales son factores claves que impulsan la migración. Estos factores pueden ser macro (como la situación política y económica), meso (como la tecnología de comunicación y redes diaspóricas) y micro (como la educación y el estado civil) (Castelli, 2018). Los conflictos armados y la violencia organizada son impulsores primarios de la migración forzada, afectando las solicitudes de asilo y los flujos de refugiados (Camargo et al., comunicación personal, 2020). Los conflictos, junto con el cambio ambiental y la inseguridad alimentaria, alteran el desarrollo sostenible y aumentan la vulnerabilidad estructural de las comunidades (Morales-Muñoz et al., 2020).

1.3.1. Envejecimiento de la población en países desarrollados

El envejecimiento de la población en los países desarrollados es un fenómeno significativo que afecta diversos aspectos de la sociedad, incluyendo la economía, la salud y la estructura

social. Este proceso se caracteriza por un aumento en la proporción de personas mayores en la población total, lo que genera cambios en los patrones poblacionales. En la Unión Europea, el envejecimiento de la población se está acelerando, con diferencias significativas entre los países. Este fenómeno se debe a cambios en la composición de la población, como la disminución de la población en edad laboral y el aumento de la población anciana (Šídlo et al., 2020).

A nivel global, el envejecimiento de la población ha contribuido a un aumento en el número de muertes, especialmente en países de ingresos altos y medios. Las enfermedades como la cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular son las más afectadas por este cambio demográfico (Cheng et al., 2020). Se espera que la estructura de edad de la población cambie significativamente hacia 2100, con un aumento en la proporción de personas mayores de 65 años. Esto tendrá implicaciones económicas y sociales importantes, como la necesidad de adaptar las políticas de salud y bienestar (Vollset et al., 2020). En Europa, los países nórdicos han experimentado un aumento en la longevidad y en la proporción de personas mayores de 75 y 90 años, aunque con variaciones entre países. Finlandia, por ejemplo, ha visto un aumento más pronunciado en estas proporciones (Jørgensen et al., 2018).

La población joven de las regiones en desarrollo está experimentando cambios demográficos importantes que afectan los patrones de población y la dinámica socioeconómica. Si bien la población juvenil en Asia y el Pacífico ha experimentado un crecimiento espectacular en el pasado, las proyecciones indican un marcado aumento en el África subsahariana hasta 2050. Este crecimiento presenta tanto oportunidades como desafíos para lograr dividendos demográficos y reducir las desigualdades de género (Stecklov y Menashe-Oren, 2019).

La migración interna, en particular entre los adultos jóvenes, es frecuente en los países en desarrollo. En Senegal, por ejemplo, los jóvenes suelen migrar de las zonas rurales a las urbanas, influenciados por factores como los antecedentes familiares y el acceso a la educación. Las diferencias de género también influyen: las mujeres jóvenes tienen más probabilidades de migrar a las zonas urbanas si sus padres tienen estudios (Herreray Sahn, 2020). En regiones como Uganda, a pesar de las pocas aspiraciones a una carrera agrícola, muchos jóvenes siguen dedicándose a la agricultura, sin embargo, las normas de género y

el acceso a los recursos, como la propiedad de la tierra, limitan la participación de las mujeres jóvenes en la agricultura comercial (Rietveld et al., 2020).

Involucrar a los jóvenes en sistemas alimentarios sostenibles es fundamental para aprovechar el dividendo demográfico, esto incluye promover su participación en los sectores agrícolas y no agrícolas para mejorarla vitalidad rural y la competitividad económica (Empoderar a los jóvenes como innovadores y creadores de cambios para sistemas alimentarios sostenibles, comunicación personal, 2021). Los hogares con miembros jóvenes suelen enfrentarse a penalizaciones en materia de ingresos y pobreza, con distintos impactos según el potencial comercial de sus regiones. Los rendimientos educativos también son menores para estos hogares, lo que pone de relieve la necesidad de intervenciones específicas (Arslanet al., 2020). En Etiopía, el cambio de las normas reproductivas entre los jóvenes, en particular entre las mujeres con menor nivel educativo, indica una tendencia hacia el matrimonio y el nacimiento de hijos más tardíos. Sin embargo, las prácticas tradicionales como el matrimonio precoz siguen prevaleciendo, por lo que es necesario que las comunidades y los gobiernos adopten medidas para abordar estas cuestiones (Dejene y Gurmu, 2022).

1.3.2. Iniciativas de la ONU, Banco Mundial, y FMI en la gestión demográfica

Los organismos internacionales como la ONU, el Banco Mundial y el FMI desempeñan un papel crucial en la gestión demográfica a través de diversas iniciativas y políticas. Estas organizaciones influyen en la formulación de políticas y en la implementación de programas que abordan los desafíos demográficos a nivel global. Tanto el FMI como el Banco Mundial han realizado esfuerzos significativos para diversificar sus burocracias, centrándose en la representación de nacionalidades, género y educación dentro de su personal. Sin embargo, persisten desequilibrios, especialmente en posiciones de liderazgo, donde hay una menor presencia de nacionales de países de ingresos medios y bajos, mujeres y personales sin títulos de economía de EE.UU. o Reino Unido. Estos desequilibrios pueden afectar la legitimidad y efectividad de estas organizaciones en un entorno político complejo (Weaver et al., 2022a).

La influencia de potencias como Estados Unidos es notable en la formulación de políticas del Banco Mundial. Los países prestatarios que alinean sus votos con EE.UU. en la ONU

enfrentan menos reformas políticas internas exigidas por el Banco Mundial. Esto sugiere que la influencia estadounidense se manifiesta indirectamente, reflejando los intereses de su mayor accionista en el diseño de programas del Banco Mundial (Clark & Dolan, 2020). Se recomienda que el FMI y el Banco Mundial mejoren sus esfuerzos de diversidad e inclusión mediante el aumento de la transparencia, reportando datos desagregados sobre la composición de la fuerza laboral y publicando informes de progreso anuales con retroalimentación de la gestión. Esto fortalecería la responsabilidad interna y externa, ayudando a mantener el apoyo de los países donantes y prestatarios (Weaver et al., 2022b).

1.3.3. Monitoreo y estadísticas poblacionales (World Population Prospects)

El monitoreo y las estadísticas poblacionales son esenciales para la planificación de políticas y la toma de decisiones en salud pública a nivel global. Los organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las Naciones Unidas, juegan un papel crucial en la recopilación, análisis y difusión de datos demográficos y de salud. Los organismos internacionales son responsables de la recopilación de datos demográficos y de salud a nivel mundial, utilizando bases de datos globales para obtener información sobre la incidencia, mortalidad y letalidad de enfermedades, como el accidente cerebrovascular, en diferentes países. Estos datos son fundamentales para entender las variaciones entre países y las tendencias en la carga de enfermedades (Kim et al., 2020a). En casos donde los datos de mortalidad no están disponibles, los organismos internacionales proporcionan denominadores poblacionales para calcular tasas de mortalidad ajustadas a la población mundial. Esto asegura que las estadísticas sean comparables a nivel internacional (Kim et al., 2020b). Los datos proporcionados por estos organismos son utilizados para guiar decisiones políticas y la planificación de servicios de salud. Por ejemplo, la disponibilidad de unidades de atención para accidentes cerebrovasculares en hospitales es un área donde se necesita más reporte y planificación, y los datos internacionales ayudan a identificar brechas y necesidades (Kim et al., 2020c). El cambio climático está impulsando un aumento significativo en las migraciones y desplazamientos internos, afectando especialmente a las poblaciones vulnerables en regiones propensas a desastres naturales. Este fenómeno, conocido como migración climática, es un desafío creciente que requiere atención urgente. En regiones como el sur

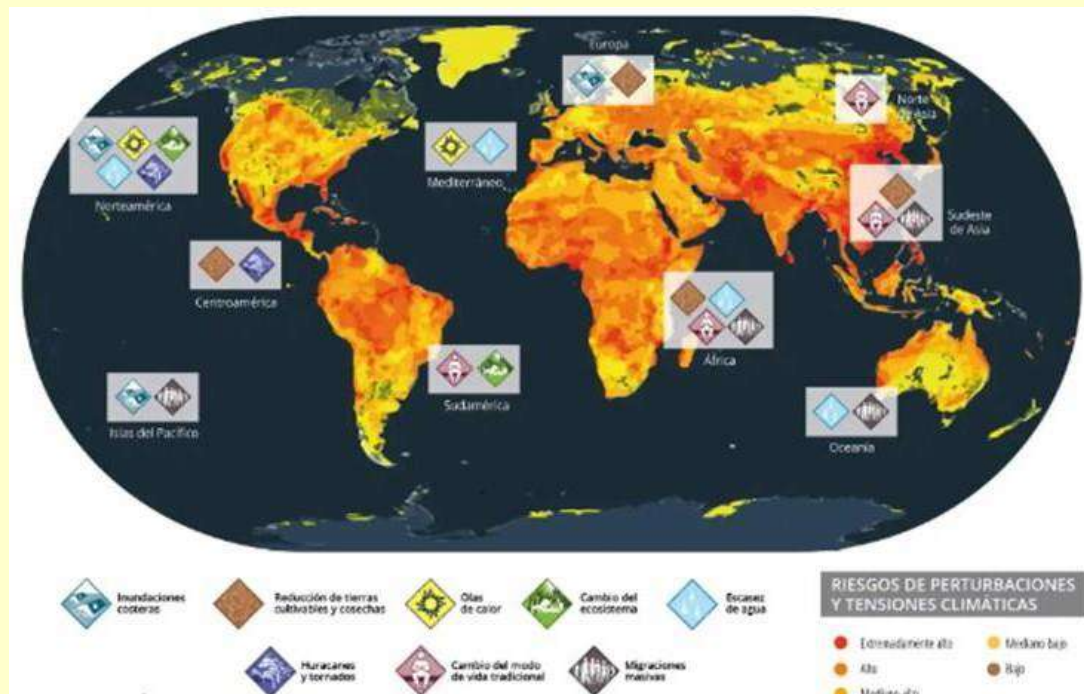
Las rutas hacia un mundo en evolución constante

de Asia y el este de África, se observa un aumento en los movimientos internos y regionales de personas, a menudo denominados refugiados climáticos (Zvarych & Brodovska, 2023). Muchas personas se ven obligadas a migrar de áreas rurales a urbanas debido a la degradación ambiental, lo que puede llevar a una mayor presión sobre las ciudades y sus recursos (Balsari et al., 2020).

Actualmente, no existe una definición clara o protección legal adecuada para los migrantes climáticos bajo las leyes internacionales de refugiados, lo que deja a estas poblaciones en una situación vulnerable (Koçi, 2024; Atapattu). El desplazamiento forzado debido al cambio climático puede tener graves consecuencias para la salud mental y el bienestar psicosocial de los afectados, exponiéndolos a traumas y pérdidas significativas (Shultz et al., 2018). Se requiere el desarrollo de mecanismos políticos efectivos para proteger a los desplazados climáticos, incluyendo la posible creación de un régimen legal específico para abordar sus necesidades (Sakapaji, 2023).

Figura 4

Imagen de las principales consecuencias del cambio climático sobre las personas en el mundo por regiones



Nota. El mapa muestra las principales consecuencias del cambio climático en las personas, destacando las perturbaciones y tensiones climáticas generales por regiones. Adaptado de las migraciones climáticas, una cuestión de derechos humanos, por Martins, 2023,

EcoAvant (https://www.ecoavant.com/medio-ambiente/migraciones-climaticas-cuestion-derechos-humanos_11411_102.html).

1.3.4. Escasez de recursos y conflictos derivados

La escasez de recursos provocada por el cambio climático está estrechamente vinculada a la aparición de conflictos, afectando a diversas poblaciones de manera significativa. La escasez de agua, exacerbada por el cambio climático, es un factor clave en el aumento de conflictos violentos, especialmente en regiones como África subsahariana y Nigeria. La competencia por recursos hídricos limitados ha intensificado los conflictos entre comunidades, como los enfrentamientos entre pastores y agricultores en Nigeria (Filho et al., 2021).

El cambio climático intensifica los conflictos entre humanos y vida silvestre debido a la competencia por recursos limitados en paisajes compartidos. Esto no solo amenaza la biodiversidad, sino que también afecta negativamente a las economías locales y la seguridad alimentaria (Abrahms, 2021). La escasez de recursos naturales, como el agua y la tierra, está impulsando la migración forzada, lo que genera tensiones sociales y conflictos en las áreas de destino. Este fenómeno es especialmente preocupante en regiones costeras y países insulares amenazados por el aumento del nivel del mar (Swain et al., 2021). La escasez de agua en cuencas fluviales transfronterizas está aumentando, lo que podría superar los esfuerzos de cooperación internacional y desencadenar conflictos por el uso de recursos hídricos compartidos (Gao et al., 2021). En regiones como los Andes prehispánicos, el crecimiento poblacional en condiciones climáticas favorables llevó a la escasez de recursos y, consecuentemente, a conflictos violentos. Esto sugiere que un clima cada vez más inestable podría fomentar la violencia en el futuro (McCool et al., 2022).

1.4. EL USO DE LOS RECURSOS NATURALES

Los recursos naturales son fundamentales para la supervivencia y el desarrollo humano, ya que proveen alimentos, agua, energía y materias primas esenciales. Sin embargo, el crecimiento de la población humana ha incrementado significativamente su explotación, ejerciendo una presión sin precedentes sobre ecosistemas y reservas limitadas. La expansión de actividades como la agricultura, la minería y la deforestación está

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

transformando paisajes enteros, reduciendo la biodiversidad y afectando el equilibrio de los sistemas naturales.

Con más personas demandando recursos, se generan problemas como la sobreexplotación de fuentes de agua dulce, la contaminación de ríos y mares, y la degradación del suelo agrícola. Esto impacta directamente en la capacidad de los ecosistemas para regenerarse, afectando su productividad a largo plazo. Por ejemplo, la deforestación para ampliar tierras de cultivo o construir ciudades no solo reduce la cantidad de árboles, sino que también altera ciclos climáticos al liberar grandes cantidades de dióxido de carbono, agravando el cambio climático.

El crecimiento poblacional también influye en el consumo energético, aumentando la demanda de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón.

Esto no solo agota reservas finitas, sino que también contribuye a la contaminación del aire y al calentamiento global. A medida que estos recursos se vuelven más escasos, las comunidades más vulnerables son las que sufren primero, enfrentándose a escasez de agua potable, inseguridad alimentaria y desplazamientos debido a la pérdida de tierras productivas.

Para enfrentar estos desafíos, es crucial fomentar un uso más sostenible de los recursos naturales. Esto incluye medidas como la transición hacia energías renovables, la reforestación, la mejora en las prácticas agrícolas y la reducción del desperdicio. Sin embargo, estas soluciones requieren una gestión global coordinada, ya que el impacto del consumo desmedido no respeta fronteras y afecta a todo el planeta.

1.4.1. Tipos de recursos y su explotación

Recursos renovables: Son recursos que se regeneran naturalmente, como agua, bosques y suelos. Sin embargo, el uso excesivo puede llevar a la sobreexplotación, como ocurre con la deforestación del Amazonas o el agotamiento de acuíferos.

Recursos no renovables: Incluyen petróleo, gas y minerales como el litio. La explotación intensiva para satisfacer la demanda de energía, tecnología y transporte está llevando a su agotamiento y causando daños ambientales irreparables.

Recursos energéticos: A nivel global, los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de energía, pero están vinculados al cambio climático. La transición hacia energías

limpias, como solar y eólica, es crucial para reducir el impacto ambiental.

1.4.2. Impactos del uso de recursos

Degradación ambiental: Actividades como minería, tala y agricultura intensiva contribuyen a la destrucción de hábitats y pérdida de biodiversidad, afectando a especies clave para los ecosistemas.

Cambio climático: La quema de combustibles fósiles libera grandes cantidades de dióxido de carbono, que atrapan el calor en la atmósfera y causan fenómenos como olas de calor, aumento del nivel del mar y huracanes más intensos.

Crisis de agua: A medida que crece la población y la agricultura consume más agua, muchas regiones enfrentan estrés hídrico. Por ejemplo, ríos como el Colorado en EE.UU. y el Ganges en India están disminuyendo rápidamente.

1.5. GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS

Energías renovables: La promoción de la energía solar, eólica y geotérmica es clave para un futuro sostenible. Estas tecnologías no solo reducen la contaminación, sino que también crean oportunidades de empleo en industrias verdes.

Economía circular: Este modelo se basa en reducir, reutilizar y reciclar. Ejemplos incluyen el reciclaje de plásticos, reutilización de materiales en construcción y la creación de productos biodegradables.

Políticas internacionales: Iniciativas como el Acuerdo de París buscan unir esfuerzos globales para mitigar el cambio climático y fomentar el uso sostenible de recursos.

Según la Revista UNO (n.d.), los recursos naturales son esenciales para el desarrollo económico y el bienestar humano, ya que su correcta explotación permite satisfacer la creciente demanda mundial de materias primas. Gracias a los avances tecnológicos, es posible realizar estas actividades de forma sostenible y con respeto al medio ambiente, incluso en ubicaciones que antes eran inaccesibles. Sin embargo, la minería enfrenta desafíos importantes, como los altos costos iniciales, largos periodos de recuperación de la inversión y problemas regulatorios o de aceptación social en zonas remotas. La revista destaca también que la industrialización y la innovación son pilares fundamentales para aprovechar los recursos naturales de manera eficiente. Esto no solo fortalece las economías

locales y globales, sino que también responde a las necesidades de sostenibilidad exigidas por la sociedad actual. Empresas como Atlantic Copper, líder en producción de cobre en España, demuestran que combinar excelencia operativa, eficiencia energética y sostenibilidad es posible en un entorno globalizado y competitivo (Revista UNO, n.d.).

La Universidad Andrés Bello (UNAB) aborda la urgente necesidad de aprovechar los recursos naturales de manera sustentable en el contexto de la triple crisis ambiental que enfrenta el planeta: cambio climático, contaminación y pérdida de biodiversidad. Se distingue entre desarrollo sustentable, que busca satisfacer las necesidades presentes sin comprometer a las futuras generaciones, y desarrollo sostenible, que equilibra crecimiento económico, inclusión social y protección ambiental. Se destacan prácticas como la agricultura ecológica, el uso de energías renovables y la gestión eficiente del agua como esenciales para un uso responsable de los recursos. Además, se menciona el papel crucial de la tecnología en la implementación de soluciones sostenibles y la importancia de formar profesionales capacitados en este ámbito, enfatizando que la colaboración entre gobiernos, empresas y ciudadanos es fundamental para lograr un futuro más saludable y equilibrado.

1.6. EL DESAROLLO INDUSTRIAL

1.6.1. Orígenes del Desarrollo Industrial

El desarrollo industrial marcó un giro decisivo en la historia de la humanidad, transformando economías, sociedades y paisajes en formas que pocos habrían imaginado antes del siglo XVIII. Hasta entonces, la vida de la mayoría de las personas estaba profundamente arraigada a la tierra, con economías basadas en la agricultura y un sistema de producción artesanal que dependía del trabajo humano y animal. La supervivencia dependía de los ciclos de la naturaleza, y la energía utilizada provenía principalmente de fuentes como el viento, el agua y la madera. Sin embargo, la combinación de innovaciones tecnológicas, cambios sociales y circunstancias históricas desencadenó un proceso que transformaría estas economías agrícolas en potencias industriales.

Esta transformación no surgió de la nada. El inicio de la Revolución Industrial, que comenzó en Inglaterra a mediados del siglo XVIII, estuvo precedido por avances significativos en la agricultura. Durante la llamada Revolución Agrícola, se introdujeron nuevas técnicas como la rotación de cultivos y el uso de fertilizantes, que aumentaron la

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

productividad de la tierra. Esto no solo permitió que las poblaciones crecieran gracias a un suministro de alimentos más estable, sino que también liberó a muchas personas del trabajo en los campos. Estas personas, en busca de nuevas oportunidades, comenzaron a migrar a las ciudades, donde surgían nuevos centros de trabajo en torno a una naciente industria. Así, el aumento de la producción agrícola y el crecimiento demográfico sentaron las bases para el cambio.

El motor de esta transformación fue, literalmente, un motor: la máquina de vapor. Aunque ya existían versiones primitivas de esta tecnología, fue el ingeniero escocés James Watt quien, en 1765, perfeccionó el diseño, haciéndolo más eficiente y versátil. La máquina de vapor se convirtió en la fuerza motriz detrás de las fábricas, los molinos y las minas, reemplazando la dependencia de fuentes de energía naturales y poco confiables como los molinos de agua o de viento. Esta innovación permitió que las fábricas se ubicaran en cualquier lugar, lo que aceleró la producción de bienes y facilitó la expansión de la industria. Además, la máquina de vapor impulsó desarrollos en el transporte, como los ferrocarriles y los barcos de vapor, que revolucionaron la movilidad de personas y mercancías, conectando regiones y mercados de manera inédita.

Figura 5

Locomotora de vapor en operación



Nota. La imagen muestra una locomotora de vapor clásica, representativa del transporte ferroviario del siglo XIX y principios del siglo XX. Fotografía utilizada con fines ilustrativos para destacar la tecnología de la época.

Inglaterra fue el epicentro de este cambio por varias razones. Contaba con abundantes

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

recursos naturales, como carbón y hierro, esenciales para alimentar el desarrollo industrial. Su sistema político y económico estable promovía la innovación y protegía la inversión privada, lo que incentivó a inventores y empresarios a explorar nuevas ideas y tecnologías. Además, su imperio colonial proporcionaba materias primas de todos los rincones del mundo y ofrecía un mercado amplio para los productos manufacturados. Este entorno favorable permitió que Inglaterra liderara la Revolución Industrial, marcando el inicio de una era de cambios que pronto se extendería al resto del mundo.

El impacto de este desarrollo no se limitó a la economía. La Revolución Industrial transformó profundamente la estructura de la sociedad. Las ciudades, que hasta entonces habían sido pequeños centros de comercio y gobierno, comenzaron a crecer rápidamente. Miles de personas migraron de las áreas rurales en busca de empleo en las fábricas, dando lugar al fenómeno de la urbanización. Ciudades como Manchester, Birmingham y Liverpool se convirtieron en grandes centros industriales, pero este crecimiento también trajo desafíos. Los barrios obreros se caracterizaban por el hacinamiento, la falta de higiene y condiciones de vida difíciles, marcando el inicio de nuevas tensiones sociales en una era de cambios acelerados.

Al mismo tiempo, la producción en masa y el aumento de bienes manufacturados impulsaron el comercio internacional. Los productos ingleses, especialmente textiles, herramientas y maquinaria, comenzaron a exportarse a mercados de todo el mundo. Esto no solo generó una gran riqueza para Inglaterra, sino que también conectó economías y sociedades a una escala global sin precedentes. Sin embargo, esta expansión económica también profundizó las desigualdades, tanto entre países industrializados y no industrializados como entre las diferentes clases sociales dentro de las naciones.

A pesar de los beneficios que trajo consigo, la Revolución Industrial tuvo consecuencias que todavía resuenan en la actualidad. El uso intensivo de recursos naturales como el carbón y el hierro llevó a una explotación ambiental que dejó cicatrices en el paisaje y marcó el comienzo del impacto humano en el clima global. La emisión de dióxido de carbono, que comenzó a aumentar significativamente durante esta época, sentó las bases para los problemas ambientales que enfrentamos hoy, como el cambio climático. Además, aunque la tecnología mejoró la productividad y generó riqueza, las condiciones laborales en las fábricas eran duras, con largas jornadas de trabajo y bajos salarios para los obreros,

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

incluyendo mujeres y niños.

Figura 6

Fábrica durante la Revolución Industrial



Nota. Representación artística de una fábrica típica del siglo XIX durante la Revolución Industrial. La imagen ilustra el impacto del desarrollo industrial, evidenciado por las chimeneas y la actividad económica de la época. Utilizada con fines educativos para analizar los cambios sociales y tecnológicos de ese período.

En el caso del Perú, los primeros pasos hacia el desarrollo industrial se dieron en el siglo XIX, en un contexto marcado por conflictos internos, la guerra con Chile (1879-1883) y la dominancia de una economía orientada a la exportación de recursos primarios, como el guano y los minerales. Este modelo económico limitó la diversificación y la creación de una base industrial sólida. Sin embargo, hubo intentos tempranos de modernización, como la introducción de motores a vapor, la construcción de ferrocarriles y la instalación de fábricas textiles, aunque estos avances fueron esporádicos y concentrados en zonas urbanas específicas (Rippy, 1946).

La economía peruana del siglo XIX se benefició significativamente del auge del guano, pero este recurso, aunque generó ingresos significativos, no fue utilizado para fomentar la industrialización ni para desarrollar infraestructura básica. Más tarde, la minería se consolidó como una actividad económica central, con una creciente participación de capital extranjero, especialmente en el siglo XX. Esta dinámica reforzó una estructura económica basada en la exportación de materias primas, lo que dificultó la diversificación económica y el desarrollo de una industria nacional robusta (Bollinger, 2012).

El período entre 1930 y 1975 fue clave en la industrialización del Perú. Durante este tiempo, el gobierno implementó políticas de sustitución de importaciones para fomentar el desarrollo de industrias locales. Estas políticas, aunque lograron cierto crecimiento en sectores como el textil y el manufacturero, no lograron transformar las estructuras económicas subyacentes ni superar las desigualdades sociales y geográficas. La concentración de la industria en Lima y la costa, junto con la falta de acceso a tecnología avanzada y capital humano capacitado, fueron barreras importantes para un desarrollo industrial más inclusivo (Calle, 2014).

En América Latina, incluyendo el Perú, el proceso de industrialización fue más lento y desigual. Los modelos de sustitución de importaciones implementados durante el siglo XX buscaron replicar el éxito de las economías industrializadas, pero enfrentaron limitaciones, como mercados internos pequeños, baja capacidad tecnológica y dependencia de capital extranjero. En el Perú, estos modelos estuvieron acompañados por políticas proteccionistas que favorecieron a ciertas industrias, pero no lograron un crecimiento industrial sostenido ni una reducción de las desigualdades económicas (De la Cuba, 1988).

1.6.2. ¿Qué es el Desarrollo Industrial?

El desarrollo industrial es, en esencia, el proceso mediante el cual las economías y sociedades transforman sus métodos de producción, pasando de sistemas manuales y artesanales a sistemas mecanizados y tecnológicos. Este cambio implica no solo la adopción de máquinas y tecnologías más avanzadas, sino también la reorganización de la sociedad en torno a nuevas formas de trabajo, comercio y consumo. Como parte de un proceso más amplio de modernización, el desarrollo industrial busca aprovechar las capacidades humanas, tecnológicas y materiales para transformar materias primas en productos de alto valor agregado, promover el empleo en sectores industriales y aumentar la competitividad en los mercados internacionales (O'Connor & Kjöllnerström, 2008). Si en el pasado el motor principal de las economías era la agricultura, el desarrollo industrial supuso el ascenso de las fábricas, las ciudades y las cadenas de suministro, configurando un modelo completamente diferente de producción y crecimiento.

En términos más simples, la industria se puede definir como el conjunto de actividades dedicadas a la fabricación de bienes a partir de materias primas. Este proceso utiliza

maquinaria, herramientas y tecnologías para crear productos en grandes cantidades, lo que se conoce como producción en masa. Este concepto fue uno de los grandes avances del desarrollo industrial: en lugar de producir bienes de manera artesanal y limitada, las máquinas permitieron fabricar enormes volúmenes de productos de forma rápida, eficiente y uniforme. Esto no solo hizo que los productos fueran más accesibles para un mayor número de personas, sino que también impulsó la economía al abrir nuevos mercados y reducir costos de producción. Sin embargo, en muchas ocasiones, las comunidades locales, especialmente las más vulnerables, pueden verse afectadas por el desplazamiento de sus medios de vida tradicionales debido a la expansión industrial (Devee, 2019).

La clave del desarrollo industrial radica en las tecnologías aplicadas. Desde las primeras máquinas de vapor que revolucionaron las fábricas textiles en el siglo XVIII, hasta las líneas de ensamblaje introducidas por Henry Ford a principios del siglo XX, cada etapa del desarrollo industrial ha estado marcada por avances tecnológicos que han redefinido la manera en que trabajamos y vivimos. Por ejemplo, la introducción de la electricidad en las fábricas permitió que las máquinas funcionaran de manera más eficiente y segura, mientras que la automatización moderna y la robótica han llevado la producción a niveles de precisión y velocidad impensables hace unas décadas.

Sin embargo, el desarrollo industrial no es un fenómeno estático. A lo largo del tiempo, ha evolucionado en función de las necesidades y avances de cada época. El desarrollo industrial tradicional, el que surgió con la Revolución Industrial en el siglo XVIII y se extendió durante el siglo XIX, se caracterizaba por su enfoque en la manufactura pesada, como la producción de textiles, acero y carbón. Estas industrias dependían en gran medida de la fuerza laboral humana y estaban centralizadas en fábricas que, a menudo, funcionaban en condiciones difíciles. Además, el impacto ambiental de estas actividades era significativo, ya que el uso intensivo de combustibles fósiles, como el carbón, generaba grandes cantidades de contaminación. En contraste, las industrias modernas han cambiado radicalmente en su forma de operar.

Hoy en día, el desarrollo industrial está estrechamente ligado a tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, la impresión 3D y la informática. Estas tecnologías no solo han transformado los procesos de producción, haciéndolos más eficientes y sostenibles, sino que también han permitido la aparición de nuevas industrias, como la biotecnología y la

nanotecnología, que ni siquiera existían en la era industrial clásica. Además, las industrias modernas tienden a ser más diversificadas y descentralizadas, con cadenas de suministro globales que conectan fábricas, mercados y consumidores en todo el mundo.

Otra diferencia importante es el papel de la sostenibilidad. Mientras que el desarrollo industrial tradicional a menudo priorizaba la producción y las ganancias por encima de cualquier otra consideración, las industrias modernas están comenzando a integrar principios de sostenibilidad y responsabilidad social en sus operaciones. Esto significa que se busca reducir el impacto ambiental, optimizar el uso de recursos y garantizar condiciones laborales dignas. Por ejemplo, muchas fábricas actuales utilizan energías renovables, reciclan materiales y adoptan prácticas que minimizan su huella de carbono. En términos sociales, el desarrollo industrial también ha cambiado las dinámicas laborales. Si bien las fábricas tradicionales dependían de grandes cantidades de trabajadores realizando tareas repetitivas, las industrias modernas han reducido esta necesidad gracias a la automatización. Esto ha llevado a una disminución de empleos manuales, pero también ha creado nuevas oportunidades en sectores especializados, como la programación, la ingeniería y el diseño. Sin embargo, este cambio también plantea desafíos, como la necesidad de capacitación constante y el riesgo de desigualdad en un mundo donde no todos tienen acceso a estas oportunidades.

El desarrollo industrial, ya sea en su forma tradicional o moderna, es mucho más que un cambio en la manera de producir bienes. Representa una transformación en la forma en que la humanidad interactúa con su entorno, con sus recursos y consigo misma. Es un reflejo del ingenio humano, pero también un recordatorio de la necesidad de equilibrio entre el progreso y las consecuencias de nuestras acciones. A medida que continuamos innovando y avanzando hacia nuevas formas de desarrollo, el reto sigue siendo el mismo: construir una industria que no solo sea eficiente y rentable, sino también responsable y equitativa en un mundo en constante cambio.

1.6.3. Etapas del Desarrollo Industrial

El desarrollo industrial ha avanzado a lo largo de la historia en distintas etapas, cada una marcada por innovaciones tecnológicas y transformaciones sociales que redefinieron la forma en que los seres humanos producían bienes y vivían en sociedad. Estas etapas,

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

comúnmente conocidas como revoluciones industriales, no ocurrieron de manera aislada, sino como una continuidad de procesos que respondieron a las necesidades y posibilidades de su tiempo. Si bien ya se ha discutido cómo la Primera Revolución Industrial marcó el inicio de este cambio con la introducción del vapor y el carbón como fuentes de energía, es importante profundizar en cómo estas y las etapas posteriores transformaron el panorama global.

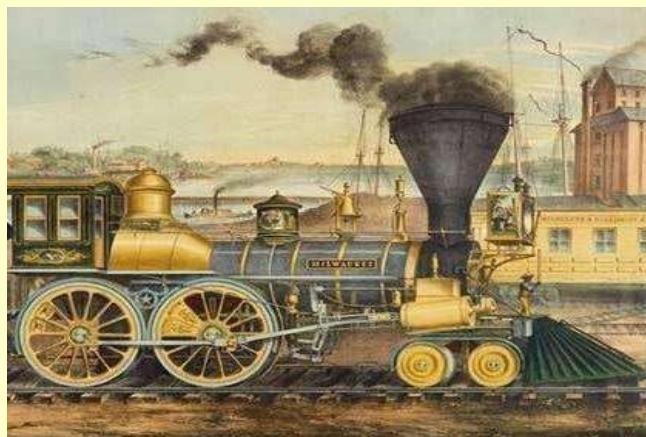
Cabe recalcar que esta transformación fue desigual en distintas regiones. Por ejemplo, en América Latina, factores como la falta de derechos de propiedad claros y la intervención estatal limitaron la consolidación de mercados de capitales, generando una concentración industrial significativa en ciertos sectores, como el textil algodonero, en comparación con países más desarrollados como Estados Unidos (Haber, 1992).

La Primera Revolución Industrial, que se desarrolló entre finales del siglo XVIII y principios del XIX, fue el punto de partida de esta transformación. Aunque ya se ha abordado la relevancia de las máquinas textiles y el desarrollo del ferrocarril, es muy importante señalar cómo estas tecnologías no solo aceleraron la producción y el transporte, sino que también establecieron las bases para una economía conectada a escala nacional. Las rutas ferroviarias no solo llevaban materias primas a las fábricas, sino que también distribuían los productos terminados a mercados más amplios, conectando regiones previamente aisladas y promoviendo una integración económica sin precedentes.

Este periodo marcó el inicio de un cambio en la percepción del tiempo y el espacio, ya que las distancias se acortaron gracias a los avances en el transporte.

Figura 7

Locomotora histórica del siglo XIX



Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Nota. Representación de una locomotora clásica del siglo XIX, destacando el diseño detallado y la tecnología de la época. La imagen refleja el impacto del ferrocarril en el desarrollo industrial y la expansión económica durante ese período. Utilizada con fines educativos para analizar los avances tecnológicos del transporte ferroviario.

Con el paso del tiempo, estos logros iniciales evolucionaron hacia lo que conocemos como la Segunda Revolución Industrial, un periodo que se extendió desde mediados del siglo XIX hasta principios del XX. Este capítulo de la historia industrial estuvo caracterizado por el surgimiento de nuevas fuentes de energía, como la electricidad y el petróleo, que reemplazaron al carbón como protagonistas.

Si bien la electricidad permitió avances significativos en las fábricas al alimentar máquinas más potentes y eficientes, el petróleo, junto con la invención del motor de combustión interna, transformó sectores como el transporte, dando lugar a la expansión de la industria automotriz. En este contexto, la producción en masa se convirtió en el estándar de la época, con modelos como el de Henry Ford que revolucionaron no solo la forma de fabricar productos, sino también la accesibilidad de los bienes al público. Por primera vez, productos que antes eran exclusivos de unos pocos comenzaron a estar al alcance de la clase media, modificando patrones de consumo y promoviendo una economía más dinámica.

A medida que la Segunda Revolución Industrial avanzaba, la ciencia y la tecnología comenzaron a jugar un papel más destacado. Los avances en química permitieron la creación de nuevos materiales y productos, desde fertilizantes que revolucionaron la agricultura hasta medicamentos que mejoraron la calidad de vida de millones de personas. Al mismo tiempo, el acero, producido en grandes cantidades gracias al proceso Bessemer, se convirtió en el material fundamental para la construcción de infraestructuras masivas, como puentes y rascacielos, que simbolizaban el progreso y el poder de las naciones industrializadas. Sin embargo, este periodo no estuvo exento de desigualdades, ya que los beneficios del crecimiento económico no se distribuyeron equitativamente, y las tensiones laborales se intensificaron en respuesta a las duras condiciones de trabajo.

Figura 8

Línea de ensamblaje durante la Revolución Industrial



Nota. Fotografía que muestra trabajadores en una línea de ensamblaje, representativa del modelo de producción en masa desarrollado a principios del siglo XX. Este enfoque revolucionó la industria, reduciendo costos y aumentando la eficiencia en la fabricación. Utilizada con fines educativos para analizar los cambios en los métodos de trabajo y la organización laboral de la época.

Con el siglo XX llegó la Tercera Revolución Industrial, un periodo que marcó el inicio de la era digital. Esta etapa, caracterizada por la integración de la informática, las telecomunicaciones y la automatización en los procesos industriales, transformó radicalmente la forma en que las industrias operaban. La invención de los micro procesadores y el desarrollo de computadoras más pequeñas y accesibles permitió a las empresas gestionar datos y optimizar procesos de una manera antes inimaginable.

Aunque el concepto de automatización ya había empezado a tomar forma en la Segunda Revolución Industrial, fue durante esta tercera etapa cuando las máquinas comenzaron a realizar tareas complejas que antes requerían habilidades humanas avanzadas. Esto no solo redujo costos, sino que también aceleró la producción y aumentó la calidad de los productos, aunque a costa de una reducción en la demanda de trabajo manual.

A medida que avanzaba el siglo XX, las políticas de desarrollo industrial se diversificaron para enfrentar nuevas demandas económicas. En ciudades como Logroño, España, los procesos industriales iniciales durante la dictadura de Franco llevaron a una intensa urbanización de terrenos industriales. Sin embargo, la crisis económica de los años setenta marcó una segunda fase de transformación, en la que antiguos polígonos industriales fueron

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

renovados y destinados a otros usos del suelo, reflejando un ajuste estructural a los cambios económicos globales (López, 2001).

Otro aspecto importante del desarrollo industrial fue su relación con la innovación tecnológica y la sostenibilidad. En América Latina, particularmente en Argentina, la industria nuclear emergió como un ejemplo de desarrollo endógeno, en el que las políticas gubernamentales impulsaron la transferencia de tecnología extranjera y la maximización de la participación local en proyectos como las centrales de Atucha I, Embalse y Atucha II. Estas iniciativas no solo fortalecieron la industria nacional, sino que también destacaron la importancia de la planificación estratégica en sectores de alta tecnología (Quilici, 2008).

El desarrollo industrial también tuvo un impacto social significativo, especialmente en sectores como la industria azucarera en Cuba a principios del siglo XX. Este sector no solo impulsó el crecimiento económico, sino que también transformó las relaciones sociales en la región del Guacanayabo. El análisis de documentos históricos muestra cómo la industrialización afectó profundamente la estructura social, evidenciando la necesidad de estudiar estos cambios desde una perspectiva integral que considere tanto los aspectos económicos como los sociales (López et al., 2019).

Figura 9

Conectividad digital en ciudades inteligentes



Nota. Representación gráfica de una ciudad inteligente, mostrando la integración de tecnologías digitales como la conectividad inalámbrica, el internet de las cosas (IoT) y servicios en la nube. La imagen ilustra cómo estas tecnologías contribuyen a la

modernización de las infraestructuras urbanas y a la mejora de la calidad de vida. Utilizada con fines educativos para analizar los avances tecnológicos en entornos urbanos.

El desarrollo de las telecomunicaciones y la llegada de Internet también desempeñaron un papel crucial en esta etapa. Por primera vez, las empresas pudieron operar a escala global, gestionando cadenas de suministro y accediendo a mercados en tiempo real. Esto marcó el inicio de una economía verdaderamente globalizada, en la que las distancias físicas dejaron de ser una barrera para el comercio y la interacción. Sin embargo, esta revolución también planteó nuevos desafíos, como la dependencia de tecnologías digitales y la creciente preocupación por la seguridad y privacidad de la información.

En la actualidad, nos encontramos inmersos en lo que muchos llaman la Cuarta Revolución Industrial, una etapa que no solo redefine los procesos industriales, sino también la manera en que las personas interactúan con la tecnología y el mundo que las rodea. Esta revolución está impulsada por avances como la inteligencia artificial, la robótica, la biotecnología y la Internet de las Cosas (IoT). A diferencia de las etapas anteriores, esta revolución no se centra únicamente en mejorar la producción, sino en integrar lo físico, lo digital y lo biológico en una red interconectada que transforma todos los aspectos de la vida.

La inteligencia artificial y la robótica, por ejemplo, están permitiendo que las máquinas no solo realicen tareas físicas, sino también analicen datos y tomen decisiones complejas. En las fábricas, los robots colaborativos trabajan junto a los humanos, adaptándose a tareas en tiempo real y mejorando la eficiencia. Por otro lado, la Internet de las Cosas conecta dispositivos y sistemas en una red que recopila y comparte información constantemente, optimizando desde cadenas de suministro hasta la gestión de energía en hogares y ciudades. En las décadas recientes, las estrategias de desarrollo industrial han adoptado un enfoque más amplio que incluye sostenibilidad, capacitación y fortalecimiento del mercado interno. Estas políticas, inspiradas en modelos exitosos de países emergentes en Asia, buscan no solo aumentar el crecimiento económico, sino también promover la innovación tecnológica y la equidad regional. En México, por ejemplo, se ha argumentado que un crecimiento sostenido del 4% al 6% anual requiere una transformación profunda de las políticas industriales, priorizando la inversión pública, privada y extranjera, así como la mejora de la educación y la investigación (Campos, 2019).

Figura 10

Realidad virtual y robótica en la industria 4.0



Nota. La imagen muestra la interacción entre un operario utilizando realidad virtual y un brazo robótico, representando los avances tecnológicos de la industria 4.0. Esta tecnología facilita la automatización, el control remoto y la optimización de procesos en entornos industriales. Utilizada con fines educativos para analizar el impacto de la innovación tecnológica en la manufactura moderna.

Mientras tanto, la biotecnología está abriendo nuevas fronteras en campos como la medicina, la agricultura y la energía. Desde la edición genética que permite tratar enfermedades hasta el desarrollo de biocombustibles que buscan reducir la dependencia de los combustibles fósiles, esta rama de la ciencia está transformando industrias enteras. Sin embargo, la Cuarta Revolución Industrial también plantea interrogantes éticas y sociales importantes, como el impacto de la automatización en el empleo, la privacidad de los datos y la necesidad de garantizar que los beneficios de estas tecnologías sean accesibles para todos.

En cada una de estas etapas, el desarrollo industrial ha sido un reflejo del ingenio humano y de su capacidad para superar desafíos, pero también un recordatorio de que el progreso trae consigo nuevas responsabilidades. Desde las primeras máquinas textiles impulsadas por vapor hasta las fábricas inteligentes del presente, cada revolución industrial ha transformado el mundo, dejando un legado de innovación, cambio y adaptación. En este mundo cambiante, entender estas etapas nos ayuda a reflexionar sobre nuestro papel en el futuro de la industria y en el impacto que tendrá en las generaciones venideras.

1.6.4. Influencia del desarrollo industrial en el efecto invernadero

El desarrollo industrial, con todos sus avances e innovaciones, ha sido una de las principales fuerzas impulsoras detrás del progreso humano en los últimos tres siglos. Sin embargo, también ha dejado una huella profunda y duradera en el medio ambiente, en particular a través de su influencia en el efecto invernadero. Esta conexión entre la industrialización y el clima no fue evidente en sus inicios, cuando las máquinas de vapor revolucionaban las fábricas y los ferrocarriles acortaban distancias. Pero con el paso del tiempo y la acumulación de datos científicos, se ha hecho claro que las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al desarrollo industrial han alterado significativamente el equilibrio climático del planeta.

El efecto invernadero, como se ha señalado anteriormente, es un fenómeno natural que permite que la Tierra mantenga una temperatura adecuada para la vida. Sin él, nuestro planeta sería un lugar frío e inhóspito. Sin embargo, este fenómeno depende de un delicado equilibrio entre los gases que componen la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Durante millones de años, este equilibrio se mantuvo gracias a procesos naturales como el ciclo del carbono. Fue con la llegada del desarrollo industrial cuando este balance comenzó a romperse, ya que las actividades humanas empezaron a emitir estos gases en cantidades mucho mayores a las que los sistemas naturales podían absorber.

La influencia del desarrollo industrial en el efecto invernadero comenzó con la Primera Revolución Industrial. El uso masivo de carbón como fuente de energía para alimentar máquinas de vapor y calderas industriales marcó el inicio de un aumento significativo en las emisiones de dióxido de carbono. Aunque las fábricas y los ferrocarriles impulsados por vapor transformaron las economías y sociedades de la época, su impacto ambiental pasó inadvertido. Las chimeneas de las fábricas, símbolo de progreso y modernidad, liberaban grandes cantidades de gases a la atmósfera sin que existiera una conciencia de sus efectos a largo plazo.

El crecimiento industrial también incentivó la deforestación, ya que se necesitaba madera para construir infraestructuras y abrir tierras agrícolas para alimentar a una población en rápido crecimiento. Los bosques, que actúan como sumideros naturales de carbono al absorber CO_2 de la atmósfera, fueron talados a un ritmo acelerado. Esto no solo redujo la

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

capacidad del planeta para equilibrar las emisiones, sino que también liberó el carbono almacenado en los árboles, contribuyendo aún más al aumento de gases de efecto invernadero.

Con la llegada de la Segunda Revolución Industrial, el impacto del desarrollo industrial en el efecto invernadero se intensificó. La introducción del petróleo como fuente de energía y el desarrollo del motor de combustión interna impulsaron sectores como el transporte y la generación de electricidad. Los automóviles, barcos y aviones, que revolucionaron la movilidad humana, también se convirtieron en grandes emisores de dióxido de carbono. Al mismo tiempo, la industria química, que produjo fertilizantes, plásticos y otros materiales sintéticos, liberó cantidades significativas de óxido nitroso y otros compuestos con efectos invernadero.

Además, este periodo vio un aumento exponencial en la producción industrial. Las fábricas alimentadas por electricidad producida con carbón y petróleo comenzaron a operar a escala global, emitiendo gases a la atmósfera en cantidades nunca antes vistas. Las emisiones no solo provenían de la quema de combustibles fósiles, sino también de procesos industriales específicos, como la producción de cemento, que liberaba grandes cantidades de CO₂ al romperse el carbonato de calcio en los hornos. Este crecimiento económico y tecnológico tuvo un alto costo ambiental que, nuevamente, fue ignorado durante décadas en favor del progreso económico.

La Tercera Revolución Industrial trajo consigo nuevas tecnologías y una mayor dependencia de la electricidad, lo que aumentó aún más las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque esta etapa marcó el inicio de una mayor conciencia ambiental, especialmente a partir de los años setenta, el uso de combustibles fósiles siguió siendo predominante. La expansión de la informática y las telecomunicaciones, si bien menos intensiva en carbono que las actividades industriales anteriores, impulsó la construcción de redes eléctricas más amplias y el consumo energético masivo, especialmente en países en desarrollo que buscaban industrializarse rápidamente.

En esta etapa, el mundo comenzó a tomar nota del impacto del desarrollo industrial en el clima. En 1988 se creó el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), que advirtió sobre los riesgos del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Se reconoció que el calentamiento global no era solo una consecuencia de la actividad natural

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

del planeta, sino que estaba siendo acelerado por las actividades humanas, especialmente por la quema de combustibles fósiles y la deforestación. Los datos científicos mostraron que las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera habían aumentado dramáticamente desde el inicio de la Revolución Industrial, pasando de aproximadamente 280 partes por millón (ppm) en 1750 a más de 350 ppm a finales del siglo XX.

En la actualidad, durante la Cuarta Revolución Industrial, el impacto del desarrollo industrial en el efecto invernadero sigue siendo una preocupación central. Las tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y la robótica, han transformado la industria hacia una mayor eficiencia y automatización, pero la demanda de energía sigue siendo enorme. Aunque el uso de fuentes renovables como la energía solar y eólica está creciendo, los combustibles fósiles aún representan una parte significativa del suministro energético global. Además, la construcción de infraestructuras para estas tecnologías, como baterías y dispositivos electrónicos, también tiene una huella de carbono considerable.

El desarrollo industrial moderno también está impulsando el consumo masivo, lo que contribuye indirectamente al aumento de emisiones. La producción y transporte de bienes a escala global, desde alimentos hasta dispositivos tecnológicos, requiere energía y genera desechos, incluidos gases de efecto invernadero. La logística, alimentada principalmente por combustibles fósiles, conecta economías y mercados, pero también incrementa las emisiones. Por otro lado, la creciente urbanización, un fenómeno estrechamente ligado al desarrollo industrial, está ejerciendo presión sobre los recursos naturales y aumentando las emisiones asociadas al consumo de energía en las ciudades.

A pesar de estos desafíos, la Cuarta Revolución Industrial también ofrece oportunidades para mitigar el impacto del desarrollo industrial en el efecto invernadero. Las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la Internet de las Cosas, están ayudando a optimizar el uso de energía en fábricas, edificios y sistemas de transporte. La biotecnología está desarrollando soluciones innovadoras, como materiales sostenibles y biocombustibles que podrían reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, estos avances aún no son suficientes para revertir las tendencias actuales, ya que las emisiones globales de gases de efecto invernadero siguen aumentando.

En este mundo cambiante, el desafío no es solo continuar innovando, sino hacerlo de una manera que restaure el equilibrio climático y garantice un futuro sostenible para las

generaciones venideras. El desarrollo industrial y el efecto invernadero están irrevocablemente conectados, y entender esta relación debe ser indispensable para enfrentar el mayor desafío ambiental de nuestro tiempo.

1.6.5. Organismos Internacionales: FAO, ONU, FMI, BM

Un organismo internacional es una institución establecida formalmente mediante un tratado entre dos o más países para resolver problemas globales o regionales que afectan a toda la humanidad. Estas organizaciones actúan como plataformas para el diálogo y la cooperación entre países, promoviendo la coordinación política, el intercambio de recursos y la implementación de soluciones comunes a problemas comunes como la paz, el desarrollo económico, los derechos humanos y la sostenibilidad ambiental.

Entre 2000 y 2020, los préstamos de organismos internacionales desempeñaron un papel crucial en el desarrollo económico y social del Perú, financiando proyectos de infraestructura, programas sociales y reformas económicas que fomentaron la descentralización y el bienestar de la población. Instituciones como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo impulsaron inversiones destinadas a reducir la pobreza, fortalecer la sostenibilidad ambiental y apoyar políticas públicas inclusivas.

Este estudio analiza la magnitud de los recursos recibidos, los sectores priorizados y la eficacia de los préstamos en la mejora de indicadores clave, destacando la importancia de una gestión eficiente y alineada con objetivos de desarrollo sostenible. En un marco teórico que vincula los flujos financieros con modelos de crecimiento económico, también se consideran las estructuras de poder subyacentes en las relaciones internacionales y la concesionalidad de la ayuda recibida. Aunque el análisis se centra en tendencias macroeconómicas, neutralizando factores coyunturales, proporciona una visión integral de la interacción entre el Perú y los organismos multilaterales, subrayando la necesidad de maximizar los beneficios de estos recursos para combatir la desigualdad y promover un crecimiento más inclusivo y sostenible. (Palomino, 2023).

El objetivo principal de los organismos internacionales es promover la cooperación entre países para resolver desafíos globales que ningún país puede resolver por sí solo. Estas instituciones sirven como plataformas de diálogo y coordinación para promover la paz, el desarrollo económico, los derechos humanos, la sostenibilidad ambiental y la seguridad

internacional. Los organismos internacionales promueven acuerdos a través de mecanismos multilaterales, desarrollan políticas globales y dirigen recursos financieros y técnicos para apoyar a los países más vulnerables.

Además, estas organizaciones trabajan para garantizar el equilibrio en las relaciones internacionales y promover valores universales como la igualdad, la justicia y la solidaridad. En un mundo globalizado, su papel es crucial para mitigar las crisis humanitarias, la desigualdad económica y las amenazas ambientales, al tiempo que fortalece los sistemas nacionales e impulsa el progreso colectivo hacia el desarrollo sostenible.

Historia y Evolución

El desarrollo de los principales organismos internacionales está estrechamente vinculado a los eventos históricos más importantes del siglo XX. La Organización de las Naciones Unidas (ONU), establecida en 1945 tras la Segunda Guerra Mundial, surgió como una respuesta a la incapacidad de la Sociedad de Naciones (SDN) para prevenir conflictos globales. Su objetivo central es mantener la paz y la seguridad internacional, promover el desarrollo sostenible y proteger los derechos humanos. Con sede en Nueva York, la ONU se convirtió en un foro central para la diplomacia multilateral y ha impulsado iniciativas clave como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Entre las agencias especializadas de la ONU, destaca la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), fundada en 1945 con el propósito de combatir el hambre y mejorar la nutrición en el mundo. Desde su creación, la FAO ha liderado campañas globales contra la inseguridad alimentaria, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y apoyando a los países en desarrollo en la mejora de sus sistemas de producción alimentaria. A través de programas como el “Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo”, la FAO ha sido fundamental en la lucha contra el hambre, aunque enfrenta desafíos persistentes debido a los conflictos y el cambio climático. El Banco Mundial (BM) también nació en 1944, durante la conferencia de Bretton Woods, como una institución destinada a financiar la reconstrucción de Europa tras la Segunda Guerra Mundial. Con el tiempo, su enfoque se expandió para incluir el apoyo al desarrollo económico en países de ingresos bajos y medianos. A través de préstamos y asesoramiento técnico, el BM ha desempeñado un papel crucial en proyectos de infraestructura, educación

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

y reducción de la pobreza. Sin embargo, ha sido objeto de críticas por las condiciones impuestas a sus préstamos y su impacto en comunidades vulnerables.

Organización de las Naciones Unidas (ONU):

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) se estableció en 1945 con el objetivo primordial de mantener la paz y la seguridad internacional tras la Segunda Guerra Mundial. Además de su misión central de evitar conflictos bélicos, la ONU también promueve el desarrollo económico, el respeto a los derechos humanos y la cooperación en asuntos sociales, culturales y ambientales. Esta organización se basa en principios fundamentales, como el respeto a la soberanía de los Estados miembros, la resolución pacífica de disputas y la cooperación internacional (ONU, 2024).

Figura 11.

Emblema de las Naciones Unidas



Nota. El emblema de las Naciones Unidas representa un mapa del mundo rodeado de ramas de olivo, símbolo de paz y cooperación internacional. Este logotipo identifica a la organización y sus actividades globales. Utilizado con fines educativos para destacar los valores y objetivos de las Naciones Unidas en la promoción de la paz, los derechos humanos y el desarrollo sostenible.

La estructura de la ONU es compleja, con seis órganos principales que facilitan su funcionamiento. Entre ellos, destaca la Asamblea General, donde todos los países miembros se reúnen para discutir temas de importancia global, y el Consejo de Seguridad, que tiene la responsabilidad de mantener la paz y la seguridad internacional mediante la adopción de sanciones o intervenciones militares en situaciones de conflicto. Además, existen agencias especializadas como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), que abordan áreas específicas como la salud

y el bienestar de los niños a nivel mundial (Naciones Unidas, s.f).

La Declaración de la ONU sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, adoptada en 2007, representa el instrumento internacional más avanzado en la protección de los derechos de estos pueblos. Su creación marcó un hito al incluir activamente a representantes indígenas en las negociaciones, rompiendo con el enfoque inicial que relegaba la atención a sus problemas únicamente a los estados. Este proceso, que comenzó en la década de 1970, derivó en la formación del Grupo de Trabajo sobre Poblaciones Indígenas, responsable del primer borrador de la Declaración. Posteriormente, las negociaciones se intensificaron dentro de la Comisión de Derechos Humanos, involucrando estados, líderes indígenas y la sociedad civil en debates prolongados y complejos. Finalmente, en 2006, el Consejo de Derechos Humanos adoptó el texto tras superar importantes desafíos diplomáticos.

Esta Declaración reconoce los derechos colectivos e individuales de los pueblos indígenas y establece un precedente en el derecho internacional al abordar la diversidad cultural, social y política de estos grupos. El proceso de su creación y adopción, relatado en este libro por participantes clave, ofrece lecciones valiosas sobre la introducción de temas de derechos humanos en la agenda global, subrayando la relevancia de su implementación para la justicia social y la equidad (Charters & Stavenhagen, 2010).

Funciones de la Asamblea General y Consejo de Seguridad:

Cada uno de los órganos de la ONU tiene funciones clave. La Asamblea General es el foro donde los 193 países miembros pueden discutir cuestiones globales. Tiene la capacidad de tomar decisiones sobre temas como el presupuesto de la organización y la elección de miembros de otros órganos, pero sus resoluciones no son vinculantes (Manzanares, 2020). El Consejo de Seguridad, por otra parte, es una institución responsable de prevenir amenazas a la paz y la seguridad internacionales. Hay cinco miembros permanentes (EE.UU. Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia, China y Rusia) y diez miembros no permanentes, el Consejo de Seguridad tiene la capacidad de autorizar el uso de la fuerza en situaciones de conflicto, imponer sanciones y tomar otras medidas para restablecer la paz. A pesar de sus amplios poderes, el Consejo de Seguridad ha sido criticado por su estructura, en particular el poder de veto de los miembros permanentes, que puede paralizar decisiones importantes. Además de estas agencias, la ONU tiene muchas agencias y programas especializados que afectan directamente temas específicos como la salud (OMS), la

educación (UNESCO) y los refugiados (ACNUR). Cada agencia tiene su propio mandato y trabaja en estrecha colaboración con los estados miembros para abordar problemas globales. (Naciones Unidas, s.f).

Impacto global y desafíos actuales:

La ONU ha tenido un impacto profundo en la política internacional, ayudando a mitigar conflictos, promover derechos humanos y fomentar la cooperación entre naciones. Uno de sus mayores logros fue la creación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en 2015, que establecieron 17 metas globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar una vida digna para todos (Manzanares, 2020). Sin embargo, la ONU enfrenta diversos desafíos, entre ellos la ineficiencia de algunos de sus mecanismos de resolución de conflictos y la crítica por su incapacidad de abordar con eficacia problemas como las crisis migratorias y el cambio climático. A pesar de los avances en políticas ambientales, la ONU enfrenta el desafío de lograr un compromiso global real y efectivo para mitigar el cambio climático, con países desarrollados y en desarrollo que tienen enfoques divergentes sobre las responsabilidades y soluciones.

El mantenimiento de la paz mundial sigue siendo un reto, ya que las intervenciones de la ONU en zonas de conflicto no siempre consiguen resultados duraderos. La tensión entre los miembros permanentes del Consejo de Seguridad dificulta la toma de decisiones decisivas. La creciente desigualdad en muchos países ha limitado el progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La ONU lucha por implementar políticas inclusivas que reduzcan la pobreza extrema y mejoren la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables. A medida que cambian los equilibrios geopolíticos, hay un creciente llamado a reformar las instituciones de la ONU, como el Consejo de Seguridad, para reflejar mejor la realidad política y económica global actual, lo que incluye un mayor protagonismo para países emergentes.

La pandemia de COVID-19 puso en evidencia las debilidades en la coordinación internacional de la salud pública. La ONU y sus agencias, como la OMS, siguen enfrentando desafíos para garantizar una respuesta global eficiente ante futuras pandemias y crisis de salud.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO):

La FAO es la agencia de las Naciones Unidas que lidera el esfuerzo internacional para poner

fin al hambre. Su objetivo es lograr la seguridad alimentaria para todos, y al mismo tiempo garantizar el acceso regular a alimentos suficientes y de buena calidad para llevar una vida activa y sana. Con 195 miembros - 194 países y la Unión Europea, la FAO trabaja en más de 130 países en todo el mundo para la erradicación del hambre (FAO, 2023).

Figura 12

Logotipo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)



Nota. El logotipo de la FAO incluye un símbolo de trigo y la frase en latín "Fiat Panis" (Hágase el pan), reflejando su misión de erradicar el hambre y promover la seguridad alimentaria a nivel mundial. Utilizado con fines educativos para resaltar el trabajo de esta organización en la agricultura, la nutrición y el desarrollo sostenible.

Banco Mundial, 1944 Historia:

La idea de una organización agrícola y alimentaria internacional surgió a finales del siglo XIX y principios del XX, y de mayo a junio de 1905 se celebró una conferencia internacional en Roma, Italia, que dio lugar a la creación del Instituto Agrícola Internacional. En 1943, el presidente estadounidense Franklin Roosevelt convocó una Conferencia de las Naciones Unidas sobre Alimentación y Agricultura. Representantes de 44 gobiernos se reunieron en el Hotel Homestead en Hot Springs, Virginia, Estados Unidos, del 18 de mayo al 3 de junio. El 16 de octubre de 1945, 42 países se reunieron en la ciudad de Quebec (Canadá) y se comprometieron a fundar una organización permanente para la alimentación y la agricultura. El primer período de sesiones de la Conferencia se celebró en Chateau Frontenac en Quebec (Canadá) del 16 de octubre al 1 de noviembre de 1945, estableciendo a la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como un

organismo especializado de la ONU, y a Washington D.C. como sede temporal de la FAO.

Actividades Históricas:

1946: Primera Encuesta Alimentaria Mundial

Una de las primeras tareas de la FAO desde su fundación fue realizar una encuesta para comprender mejor el estado mundial de la nutrición. La primera Encuesta Alimentaria Mundial de la Organización proporcionó un cuadro completo de la situación alimentaria en el mundo, la cual permitió confirmar con la ayuda de documentación científica concreta—la gravedad de la situación del hambre y la malnutrición. A pesar de tratarse de una encuesta poco precisa según los estándares actuales, incluyó a 70 países y significó un intento innovador de analizar el estado mundial de la alimentación.

1952: La segunda Encuesta alimentaria mundial

La segunda encuesta reveló que la media del suministro de calorías por persona había caído por debajo de los niveles anteriores a la guerra, y que se han acentuado en proporciones alarmantes las brechas entre los países con mejor y peor alimentación.

1961: Nacimiento del Programa Mundial de Alimentos

En diciembre de 1961, la FAO y la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptaron resoluciones paralelas que dieron origen al Programa Mundial de Alimentos para hacer frente a la entrega de socorro alimentario de urgencia en tiempo real a las zonas afectadas.

1963: Congreso Mundial de la Alimentación y la Tercera Encuesta Alimentaria Mundial

El Segundo Congreso Mundial de la Alimentación tuvo por objeto analizar la situación mundial y define ámbitos de acción inmediata conforme a la estrategia de la FAO. Asimismo, basándose en el consumo de alimentos y en datos de encuestas alimentarias llevadas a cabo en distintas partes del mundo, la tercera Encuesta Alimentaria mundial reveló que el suministro de alimentos por persona había aumentado ligeramente respecto al nivel anterior a la guerra. Esta mejora se registró principalmente en los países desarrollados, no así en aquellos menos desarrollados. De hecho, se detectó que del 10 % al 15 % de la población mundial estaba subalimentada y casi la mitad padecía hambre, malnutrición o ambas.

1963: Codex Alimentarius

Codex Alimentarius proviene del latín y significa "legislación alimentaria", y su papel

como mecanismo de coordinación para el desarrollo de normas alimentarias es indiscutible. El Codex publicado se establece para proteger la salud de los consumidores y garantizar comportamientos correctos en el comercio de alimentos.

1977: Cuarta Encuesta alimentaria mundial

La cuarta Encuesta Alimentaria Mundial detectó de manera alarmante que el número de países que estaban experimentando una disminución de la producción de alimentos por persona había aumentado notablemente. La evidencia obtenida de una serie de países reveló que del 25 % al 50 % de los niños pequeños está padeciendo algún tipo de malnutrición.

1979: Día Mundial de la Alimentación

Durante la vigésima reunión de la Conferencia de la FAO se decidió en forma unánime celebrar anualmente el Día Mundial de la Alimentación el 16 de octubre en honor a la fecha de fundación de la FAO. La finalidad era involucrar a los gobiernos y a la población en la lucha contra el hambre, la malnutrición y la pobreza.

1985: Quinta Encuesta Alimentaria Mundial

La quinta encuesta Mundial señaló que, aunque la proporción de personas malnutridas ha disminuido, el número de personas que padecen hambre sigue continuamente en aumento. Para contrarrestar la tendencia al aumento del hambre, la Encuesta propone medidas como las subvenciones alimentarias y la educación nutricional.

Atributos Básicos Intrínsecos y Exclusivos

- Es el único organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa de la alimentación y la agricultura, con un mandato amplio establecido por sus Miembros para trabajar a nivel mundial en todos los aspectos que abarcan estas esferas (incluida la ordenación de los recursos naturales, forestales y pesqueros), la seguridad alimentaria y la nutrición con un enfoque de continuidad entre la ayuda humanitaria y el desarrollo.
- Es un organismo intergubernamental y neutral que tiene autoridad para proporcionar una plataforma imparcial en la que los Estados pueden dirigirse a otros Estados para dialogar e intercambiar conocimientos.
- Tiene la facultad de solicitar a sus Miembros que presenten información relativa a los fines de la Organización.
- Su presupuesto ordinario se financia con cuotas asignadas que proporcionan una

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

cantidad mínima de recursos garantizada, la cual se puede destinar a las actividades prioritarias concertadas por los Miembros en el seno de los órganos rectores, complementado con contribuciones voluntarias con vistas a aprovechar los conocimientos y aumentar los contactos de la FAO.

Objetivos Principales:

- a. Facilitar información y apoyar la transición hacia una agricultura sostenible.
- b. Fortalecer la voluntad política y compartir conocimientos especializados en materia de políticas.
- c. Reforzar la colaboración público-privada para mejorar la agricultura en pequeña escala.
- d. Llevar los conocimientos al campo.
- e. Apoyar a los países a prevenir y mitigar los riesgos.
- f. Luchar contra el hambre en el mundo.
- g. Lograr seguridad alimentaria, apoyando a los pequeños agricultores para que puedan producir alimentos.

Marco Estratégico de la FAO 2022-2031

Desde 2010, todo el trabajo de la FAO se guía por un Marco estratégico preparado para un período de 10 a 15 años, que se revisa cada cuatro años. El Marco estratégico de la FAO para 2022-2031 se ha elaborado en el contexto de los principales desafíos mundiales y regionales en las áreas comprendidas en el mandato de la FAO, incluida la pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19). Se formuló mediante un proceso inclusivo y transparente que comprendió amplias consultas internas y externas, reuniones de los órganos rectores y consultas informales. Fue aprobado por la Conferencia de la FAO, en su 42.º período de sesiones, el 18 de junio de 2021.

Las cuatro mejoras y el enfoque de “asegurar que nadie se quede atrás”.

El Marco estratégico de la FAO para 2022-2031 busca respaldar la Agenda 2030 mediante la transformación hacia sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles, para conseguir una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor sin dejar a nadie atrás. Véase:

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

LAS 4 MEJORAS	ENFOQUE	ESFERAS PROGRAMÁTICAS PRIORITARIAS
Mejor producción	Garantizando modalidades de consumo y producción sostenibles, a través de cadenas de suministro alimentario y agrícola eficientes e inclusivas en los planos local, regional y mundial, asegurando la resiliencia y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios en condiciones climáticas y ambientales cambiantes.	Innovación para la producción agrícola sostenible, transformación azul, Una salud y acceso equitativo de los pequeños productores a los recursos, agricultura digital.
Mejor nutrición	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición en todas sus formas, en particular promoviendo alimentos nutritivos y aumentando el acceso a dietas saludables.	Dietas saludables para todos, nutrición para las personas más vulnerables, alimentos inocuos para todos, reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos, y mercados y comercio transparentes.
Mejor medio ambiente	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y marinos y luchar contra el cambio climático (reducción, reutilización, reciclado, gestión de los residuos) mediante sistemas agroalimentarios más eficientes,	Sistemas agroalimentarios que mitigan los efectos del cambio climático y adaptados a él, bioeconomía para la alimentación y la agricultura sostenibles, y servicios ecosistémicos y biodiversidad en favor de la alimentación y la agricultura,

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

	inclusivos, resilientes y sostenibles.	lograr sistemas alimentarios urbanos sostenibles.
Una vida mejor	Promover el crecimiento económico inclusivo mediante la reducción de las desigualdades (zonas urbanas y rurales, países ricos y pobres, hombres y mujeres).	Igualdad de género y empoderamiento de las mujeres del medio rural, transformación rural inclusiva, emergencias agrícolas y alimentarias, sistemas agroalimentarios resilientes, iniciativa Mano De la mano (IMM), Ampliación de las inversiones.

Fuente: Marco estratégico de la FAO para 2022-2031. Elaboración: Propia

Las cuatro mejoras constituyen un principio organizador sobre cómo la FAO pretende contribuir en forma directa al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 1 (fin de la pobreza), el ODS 2 (hambre cero) y el ODS 10 (reducción de las desigualdades) y para respaldar el cumplimiento de la Agenda 2030 en general, que es fundamental para lograr la visión general de la FAO.

Las cuatro mejoras reflejan las interconexiones entre las dimensiones económica, social y ambiental de los sistemas agroalimentarios. También fomentan un enfoque estratégico y orientado a los sistemas en todas las intervenciones de la FAO.

La FAO aplicará cuatro “aceleradores” transversales o intersectoriales:

- Tecnología,
- Innovación,
- Datos y
- Complementos (gobernanza, capital humano e instituciones) en todas sus intervenciones programáticas a fin de acelerar las repercusiones y, al mismo tiempo, reducir al mínimo las compensaciones necesarias.

La FAO tendrá en cuenta asimismo tres temas transversales: género, juventud e inclusión, con vistas a velar por el cumplimiento del principio de programación de las Naciones

Unidas de no dejar a nadie atrás.

Un modelo operativo revitalizado e idóneo para sus fines

En el Marco Estratégico de la FAO para 2022-2031 también se destaca la importancia de modificar el paradigma de trabajo de la FAO. El objetivo del modelo operativo revitalizado y adecuado a los fines previstos de la FAO consiste en devenir una Organización inclusiva y ágil que sea transparente, abierta, innovadora, responsable y eficaz, que produzca repercusiones significativas con objeto de garantizar el cambio para la transformación necesario.

Programas Destacados:

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) tienen varios programas destacados para la erradicación del hambre, el desarrollo rural y la sostenibilidad, entre ellos:

- **Reto del Hambre Cero**

Esta iniciativa busca que todos tengan acceso a una alimentación adecuada, que los sistemas alimentarios sean sostenibles, y que se reduzca el desperdicio de alimentos. En ese contexto, la tarea fundamental de la FAO es asegurarse de que nadie padezca hambre. Sin embargo, mientras que muchas personas pueden no estar “hambrientas” –en el sentido de sufrir molestias físicas causadas por una falta severa de energía alimentaria–, pueden estar en situación de inseguridad alimentaria. Puede que cuenten con acceso a alimentos para satisfacer sus necesidades energéticas, pero no están seguros de que vayan a durar, o pueden verse obligados a reducir la calidad y/o cantidad de los alimentos que consumen para poder sobrevivir. Este nivel moderado de inseguridad alimentaria puede contribuir a diversas formas de malnutrición y tener graves consecuencias en la salud y el bienestar de las personas.

- **Programa de Cooperación Internacional Brasil-FAO**

Este programa busca contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional de la población más vulnerable de los países socios.

- **Proyectos de agricultura familiar**

Estos proyectos abren la agricultura familiar a nuevas tecnologías y enfoques de bajo costo.

- **Proyectos en Ejecución:**

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- a. Modernización del suministro de alimentos en entornos saludables en un contexto de COVID-19. El proyecto tiene como objetivo apoyar a los actores del sistema alimentario de al menos 4 departamentos del Perú en adoptar e implementar los instrumentos técnicos y normativos que contribuyen a la modernización del suministro de alimentos en entornos alimentarios saludables promoviendo la disminución de los precios de los alimentos a la población más vulnerable.
- b. Lucha contra la resistencia a los antimicrobianos en Perú bajo el enfoque de Una salud (Fighting AMR in Peru under the One Health approach. El país contrae compromisos explícitos (políticas, planes de inversión, programas, marcos legales, asignación de recursos) sobre la RAM con base en evidencia y datos de calidad que promueven comportamientos y prácticas de uso de antimicrobianos (UAM) mejorados de manera sostenible en todos los sectores.
- c. Promoción de cadenas de suministros en entornos alimentarios urbano-rurales saludables, sostenibles y resilientes. El proyecto tiene como objetivo el desarrollo de instrumentos técnicos y normativos adoptados por los actores del sistema agroalimentario de cinco departamentos del Perú, que contribuyen a la modernización de la cadena de suministro de alimentos.

Diferencias del Banco Mundial (BM): Comparación:

El Banco Mundial (BM) es una organización internacional centrada en el desarrollo económico y social con el objetivo principal de reducir la pobreza y promover el desarrollo sostenible en países de ingresos bajos y medios. Se especializa en financiar proyectos de infraestructura como carreteras, sistemas de agua potable, redes eléctricas y escuelas, así como en apoyar sectores como educación, atención médica, agricultura y tecnología. El Banco Mundial también ofrece préstamos, subvenciones y asesoramiento técnico a bajas tasas de interés para garantizar la implementación efectiva de estos proyectos. Durante los últimos 70 años, el Grupo del Banco Mundial (GBM) ha trabajado con más de 100 países en desarrollo, adaptándose al cambio global y colaborando con gobiernos, el sector privado y otras organizaciones internacionales en áreas como el cambio climático y la seguridad alimentaria y educación.

Figura 13

Logotipo del Banco Mundial



Nota. El logotipo del Banco Mundial representa su compromiso con el desarrollo global, simbolizado por un globo terráqueo estilizado. Esta institución trabaja en la reducción de la pobreza y la promoción del desarrollo sostenible en países de bajos y medianos ingresos. Utilizado con fines educativos para destacar las iniciativas económicas y sociales lideradas por el Banco Mundial.

Su misión es poner fin a la pobreza extrema para 2030 y aumentar la prosperidad compartida para el 40% más pobre de la población mundial (Banco Mundial, 2019). Desde su fundación en 1944, el Banco Mundial ha pasado de los esfuerzos de reconstrucción posteriores a la Segunda Guerra Mundial al desarrollo sostenible con el objetivo principal de reducir la pobreza.

Diferencias del Fondo Monetario Internacional (FMI):

Por otro lado, la principal misión del Fondo Monetario Internacional (FMI) es garantizar la estabilidad financiera global y prevenir crisis económicas mediante supervisión, asistencia técnica y préstamos de emergencia. Su enfoque se centra en el corto y mediano plazo, especialmente para los países que luchan con desequilibrios macroeconómicos como déficits de balanza de pagos, alta inflación o crisis de deuda soberana. El FMI proporciona financiación para que los países puedan estabilizar sus economías, pero a menudo exige condiciones estrictas como reformas fiscales, recortes del gasto público o ajustes de la política económica, que han suscitado críticas por su impacto social. De manera similar, el FMI monitorea el sistema monetario internacional y asesora a los países sobre la implementación de políticas que promuevan la estabilidad monetaria, la liberalización del mercado y la integración económica global. Su papel es reactivo y preventivo, y su objetivo es evitar que las crisis locales se conviertan en problemas financieros globales (FMI, 2024).

Figura 14

Logotipo del Fondo Monetario Internacional (FMI)



Nota. El logotipo del Fondo Monetario Internacional muestra un mapa del mundo acompañado de ramas de olivo, simbolizando la cooperación económica global y la estabilidad financiera. El FMI es una institución internacional dedicada a promover el comercio internacional, la estabilidad monetaria y el crecimiento económico. Utilizado con fines educativos para resaltar su papel en la economía mundial.

Fondo Monetario Internacional, 1945

Según Woods (2006), el FMI promovió la liberalización financiera y reformas pro mercado en países en desarrollo mediante informes y condicionalidades en acuerdos de financiamiento. Sin embargo, esta relación no es de imposición directa, ya que gobiernos liberales suelen solicitar reformas como condicionalidad para superar resistencias internas, y el cumplimiento de estas medidas es bajo (Dreher, 2009).

La relación entre el FMI y los países en desarrollo refleja negociaciones y conflictos de intereses, donde ambos poseen autonomía relativa y están influenciados por intereses diversos (Nemiña, 2011). Este trabajo analiza estas dinámicas bajo un enfoque de Economía Política Internacional, considerando intereses divergentes y críticas a la acción racional, y está estructurado en tres apartados sobre teorías económicas y su vínculo con el FMI. (Pablo Nemiña, 2017).

Funciones y cómo apoyan a los países en desarrollo:

El Banco Mundial (BM) es una de las instituciones financieras internacionales más

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

importantes que influye en el desarrollo económico global, especialmente en los países en desarrollo. Su función principal es proporcionar financiación para proyectos de infraestructura, atención sanitaria, educación, energía y otros sectores centrales que contribuyan al desarrollo económico y social a largo plazo. A través de varias organizaciones como el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) y la Asociación Internacional de Fomento (AIF), el Banco Mundial proporciona préstamos, donaciones y asistencia técnica a los países más necesitados, especialmente aquellos con altos niveles de pobreza. Un rasgo característico de los préstamos del BM es que, en muchos casos, las condiciones son muy preferenciales, con tipos de interés bajos o incluso sin tipos de interés (Banco Mundial, S.f).

Además de la financiación, el Banco Mundial también desempeña un papel importante en la consulta técnica y la implementación de políticas públicas, ayudando a los países en desarrollo a implementar reformas estructurales para promover el crecimiento económico. Durante muchos años, el Banco Mundial ha prestado especial atención a promover el desarrollo sostenible, que incluye no sólo el crecimiento económico sino también la inclusión social y la protección ambiental, apoyando el despliegue de tecnologías limpias y aumentando la resiliencia a los impactos del cambio climático.

Por su parte, el Fondo Monetario Internacional se centra en la estabilidad financiera global y el fortalecimiento de la cooperación económica internacional. Su principal misión es brindar apoyo financiero a países que atraviesan crisis económicas o enfrentan desequilibrios financieros, como déficits de balanza de pagos o crisis de deuda externa.

El Fondo Monetario Internacional proporciona préstamos de emergencia para ayudar a los países a superar estas dificultades y restaurar la estabilidad económica, condicionados a la implementación de programas de ajuste económico, que generalmente incluyen reformas financieras, monetarias y estructurales. A través de su Oficina de Monitoreo Global, el FMI monitorea continuamente las economías de sus países miembros, brindando recomendaciones y orientación para evitar crisis y mejorar la gestión económica (FMI, 2024).

Críticas y controversias relacionadas con ambos organismos:

Críticas al Banco Mundial (BM): El Banco Mundial ha sido criticado repetidamente, especialmente por sus condiciones de préstamo y su impacto en los países en desarrollo.

Una de las principales críticas es que, aunque proporciona financiamiento a tasas de interés bajas o nulas, los países deben comprometerse con reformas económicas y políticas que a veces perjudican más a las personas vulnerables. Se culpa a los programas de ajuste estructural implementados en las últimas décadas, incluida la privatización de empresas estatales y los recortes en el gasto social, por la pobreza generalizada y el aumento de la desigualdad en muchos países.

Además, algunos proyectos financiados por el Banco Mundial han tenido impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades locales, como desplazamientos forzados y destrucción de ecosistemas. Las críticas también apuntan a una falta de participación local en la toma de decisiones porque las políticas del Banco a menudo no toman en cuenta las necesidades y realidades de las comunidades afectadas (Toussaint, 2024).

Críticas al Fondo Monetario Internacional (FMI): El Fondo Monetario Internacional ha recibido una serie de críticas porque ha impuesto condiciones estrictas a los países que solicitan asistencia financiera. A menudo se recomiendan políticas de austeridad, como recortes del gasto público y aumentos de impuestos, como parte de los rescates, pero a menudo conducen a recesiones, aumento del desempleo y empeoramiento de la pobreza, lo que afecta principalmente a los grupos más pobres.

El FMI también ha sido acusado de priorizar los intereses de los países ricos, ya que las economías desarrolladas dominan la adopción de decisiones clave dentro de la institución, reduciendo así la influencia de los países en desarrollo. Aunque el FMI pretende garantizar la estabilidad financiera, también ha sido criticado por no haber podido prevenir algunas de las peores crisis financieras de las últimas décadas, como la crisis asiática de 1997 y la crisis financiera mundial de 2008. Las reformas económicas a menudo se implementaron sin considerar suficientemente las condiciones sociales y económicas locales, lo que generó descontento y protestas en algunos países que habían implementado sus recomendaciones (Woods, 2019).

1.7. TRATADOS O PACTOS INTERNACIONALES

Los tratados o pactos internacionales son acuerdos formalizados entre dos o más países u organizaciones internacionales que regulan aspectos específicos de su relación, incluyendo cuestiones políticas, económicas, sociales, ambientales o de seguridad. Estos acuerdos se

rigen por el derecho internacional y son vinculantes para las partes que los ratifican, estableciendo derechos y obligaciones comunes. Su finalidad es promover la cooperación, resolver conflictos, proteger intereses comunes o resolver problemas globales como el cambio climático, los derechos humanos o el comercio internacional (Olásolo, 2022).

Los tratados internacionales son esenciales para mantener la estabilidad y la cooperación en un mundo interconectado. Al celebrar acuerdos entre dos o más países u organizaciones internacionales, estos instrumentos legales crean un marco común que regula aspectos importantes como el comercio, los derechos humanos, el medio ambiente, la seguridad y la justicia. Su importancia radica en su capacidad para resolver problemas que van más allá de las fronteras nacionales, como el cambio climático, las pandemias, los conflictos armados y la protección de los recursos naturales.

Además, fomentan el diálogo y la negociación entre naciones, previenen conflictos y promueven soluciones pacíficas. También garantizan que los países acepten la responsabilidad compartida y cooperen para lograr objetivos globales como el desarrollo sostenible, la igualdad de género y la reducción de la pobreza. En el contexto de la globalización, se necesitan tratados para garantizar un orden internacional basado en reglas claras, la cooperación mutua y el respeto de los principios de soberanía y derechos universales, en beneficio de todas las generaciones actuales y futuras.

En el campo del derecho internacional, los estados y otras entidades utilizan una variedad de instrumentos legales para formalizar sus relaciones y obligaciones. Incluyen muchos tratados, tratados y acuerdos internacionales, cada uno con sus propias características y objetivos. Estos instrumentos son fundamentales para regular la cooperación internacional en áreas como los derechos humanos, el comercio, el medio ambiente y la seguridad global. Aunque, a menudo se utilizan indistintamente en el lenguaje cotidiano, cada palabra tiene un significado preciso y una base jurídica específica para distinguirlas. A continuación, se analizarán las diferencias más importantes entre estos conceptos, destacando su alcance, forma y aplicación.

1.7.1. Tratados Internacionales

- Acuerdos formales y vinculantes entre Estados o entidades internacionales, regidos por el derecho internacional.

- Abordan temas complejos y extensos.

Ejemplo: Tratado de París sobre el cambio climático (2015).

1.7.2. Pactos Internacionales

Los pactos internacionales son tratados enfocados en compromisos específicos, especialmente en derechos humanos y asuntos sociales, implicando compromiso moral y legal.

Ejemplo: Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (1966).

1.7.3. Acuerdos Internacionales

- Variedad de acuerdos entre Estados
- Vinculación legal variable según ratificación
- Flexibilidad y enfoque puntual
- Ejemplo: acuerdos comerciales multilaterales
- Menos formales y orientados a cooperación

Los tratados, pactos y acuerdos internacionales son pilares fundamentales en tres áreas clave del mundo actual: la economía global, la cooperación política y la sostenibilidad ambiental. Su capacidad para unir a los países bajo objetivos comunes los convierte en herramientas indispensables para enfrentar desafíos que trascienden las fronteras nacionales. Estos acuerdos facilitan el comercio, las inversiones y la estabilidad financiera al mitigar barreras económicas y promover un entorno predecible para los negocios. Los tratados de libre comercio (TLC) y los acuerdos multilaterales de la Organización Mundial del Comercio (OMC) son ejemplos clave que han impulsado la globalización e incentivando la competitividad internacional. Además, pactos como los relacionados con la propiedad intelectual y las normativas laborales buscan equilibrar los intereses económicos con el respeto a los derechos fundamentales. A través de estas herramientas, las naciones logran mejorar sus recursos, diversificar sus mercados y mejorar las condiciones económicas a nivel global (Salazar, 2014).

Los acuerdos internacionales son esenciales para promover la paz, la estabilidad y el diálogo entre naciones. Al abordar desafíos políticos como los conflictos armados, la migración masiva o la lucha contra el terrorismo, consentir a los Estados coordinar

esfuerzos bajo marcos legales que garantizan el respeto por la soberanía y los derechos humanos. Organismos internacionales como las Naciones Unidas, respaldados por tratados como la Carta de las Naciones Unidas, ejercer un papel central al mediar en conflictos y promover la cooperación multilateral. Sin estos acuerdos, la acción colectiva sería limitada, dificultando la resolución de crisis internacionales (Matus, 2007).

El impacto de los tratados y pactos en la protección del medio ambiente es notable. Acuerdos como el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París han establecido metas claras para mitigar el cambio climático, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover el uso sostenible de los recursos naturales. Además, convenios internacionales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica buscan preservar la biodiversidad y garantizar la gestión responsable de los ecosistemas. En un mundo donde los problemas ambientales son globales, estos instrumentos son esenciales para coordinar esfuerzos y garantizar un futuro sostenible (Galdamez, 2017).

1.7.4. Clasificación de los Tratados Internacionales

Comerciales:

En el ámbito del comercio internacional, el inicio de la administración de Trump marcó un cambio significativo en la relación entre Estados Unidos y México, especialmente en el contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Las tensiones derivadas de la percepción de un desequilibrio en los beneficios del acuerdo llevaron a renegociaciones que culminaron en el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC).

Diversos análisis, como el de Robert A. Blecker, destacan el impacto limitado del T-MEC en las economías de ambos países, mientras que estudios como el de Hubert Escaith ofrecen perspectivas innovadoras sobre las ventajas comparativas en el comercio internacional. Por su parte, Rosa Gómez Tovar y Pablo Ruiz Nápoles profundizan en la evolución de las cadenas de valor y los efectos del T-MEC en la economía mexicana, revelando una disminución del valor agregado nacional en exportaciones clave durante el periodo del TLCAN (Ruiz, 2021).

El crecimiento económico y el desarrollo están determinados por el comercio internacional, siendo que los países han entendido que la autarquía es imposible y anacrónica. El sistema

multilateral de negociaciones comerciales en el marco de la OMC ha sido complementado con la suscripción de acuerdos bilaterales o regionales y la ampliación de las regulaciones en materia de competencia, como una medida no arancelaria que restringe el libre comercio. La competencia debe ser regulada porque es la garantía de que los mercados ofrezcan más y mejores bienes y servicios a los consumidores y porque la dinámica económica genera empresas que para maximizar sus beneficios asumen prácticas anticompetitivas como el abuso de la posición de mercado.

Los acuerdos de libre comercio bilaterales se han ido complejizando y el “Acuerdo Integral y Progresivo para la Asociación Transpacífico” (CPTPP) es el reconocimiento de aspectos que, no siendo arancelarios, son fundamentales para garantizar que los mercados se amplíen con un beneficio ulterior para el consumidor (Polanco, 2019).

Ambientales:

En el ámbito ambiental, el Protocolo de Kioto (PK) marcó un cambio de paradigma en los costos ambientales al establecer instrumentos como los mercados de permisos de emisión, mecanismos de desarrollo limpio y proyectos de inversión conjunta, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Este acuerdo, vinculado a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, busca mitigar los riesgos del cambio climático permitiendo la adaptación de los ecosistemas, garantizando la seguridad alimentaria y promoviendo un desarrollo económico sostenible. El PK impone obligaciones más estrictas a los países industrializados, responsables históricos de las emisiones, exigiendo a las empresas inversiones en producción más limpia y absorción eficiente de GEI. Además, fomenta la cooperación internacional mediante transferencias tecnológicas y fondos de carbono, reconociendo la vulnerabilidad de los países en desarrollo y su derecho al progreso económico.

El Acuerdo de París, adoptado en 2015 como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, establece un compromiso global para limitar el aumento de la temperatura media del planeta por debajo de 2°C, con esfuerzos para mantenerla en 1,5°C. Este acuerdo reconoce las diferentes responsabilidades de los países y promueve la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través de Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC).

De manera similar, promueve la transición a una economía baja en carbono a través de la financiación climática, el desarrollo de tecnologías limpias y la creación de resiliencia a los impactos del cambio climático, con especial atención en los países en desarrollo que son más vulnerables a estos impactos (CMNUCC, 2015).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), ratificado por 196 países, busca promover un futuro sostenible mediante la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la distribución equitativa de los beneficios derivados de los recursos genéticos. Este convenio abarca todos los niveles de diversidad biológica, desde ecosistemas y especies hasta recursos genéticos, e incluye aspectos como la biotecnología, regulada a través del Protocolo de Cartagena. La Conferencia de las Partes (COP), su órgano rector, se reúne cada dos años para evaluar avances y establecer prioridades, mientras que la Secretaría del CDB, con sede en Montreal, coordina su implementación global y fomenta la cooperación internacional (Naciones Unidas, 2024).

Derechos Humanos:

La Convención de Ginebra de 1951 y su Protocolo de 1967 constituyen los principales instrumentos internacionales para la protección de los refugiados, definiendo su estatuto legal y los derechos y obligaciones que conlleva. Estos documentos reconocen como refugiado a toda persona que huya de persecución debido a su raza, religión, nacionalidad, pertenencia a un grupo social específico o por sus opiniones políticas. Además, prohíben el non-refoulement, es decir, la devolución de refugiados a territorios donde su vida o libertad estén en peligro. Aunque inicialmente se diseñaron para abordar las crisis de desplazamiento tras la Segunda Guerra Mundial, su alcance ha sido relevante frente a los desafíos migratorios actuales, marcados por conflictos, violaciones de derechos humanos y otras amenazas globales (Pérez, 2003).

La Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH), adoptada tras la Segunda Guerra Mundial, marcó un momento clave en el nuevo orden mundial, aunque su creación enfrentó escepticismo y falta de consenso entre las naciones. A pesar del optimismo por la derrota del fascismo y el militarismo, el acuerdo no fue sencillo, y su elaboración podría haberse retrasado indefinidamente. Aunque existían proyectos previos, se optó por enfoques prácticos para alcanzar el consenso necesario y establecer un documento que trascendiera los límites nacionales, definiendo derechos y deberes fundamentales (Nivón,

2024).

Políticos:

El Tratado de Lisboa se enmarca en el proceso de integración y constitucionalización de Europa, enfrentando críticas de los euroescépticos que intentaron desestructurar y minimizar el alcance del Derecho constitucional europeo. Este tratado refleja un modelo de integración basado en la asimetría entre la continuidad del poder estatal en el ámbito nacional y europeo, y la fragmentación de la ciudadanía limitada al ámbito nacional. Aunque se cuestiona que la Unión Europea no sea un “Estado” en sentido tradicional, se argumenta que posee cualidad estatal derivada del ejercicio de competencias estatales previas.

Más que estatalidad, el Derecho constitucional aporta democracia, promoviendo un Estado “más democrático” y señalando el agotamiento del modelo de integración inicial. El Tratado de Lisboa, pese a suponer un retroceso respecto al Tratado Constitucional, incorpora elementos constitucionales clave, como la entrada en vigor de la Carta de los Derechos Fundamentales, avanzando hacia una comunidad política europea con una ciudadanía más integrada. (Balaguer, 2008)

La propuesta se centra en validar la relación entre el modelo de catalogación de la OTAN y la optimización de los Sistemas de Abastecimiento en las Fuerzas Armadas (FFAA). Se plantea que esta relación es de tipo correlacional y causal, buscando confirmar que la estandarización y homologación de los procesos de catalogación de materiales en las FFAA, siguiendo el modelo de la OTAN, facilitará la interoperabilidad y cooperación internacional.

A través de este enfoque, se pretende asegurar no solo la eficiencia en los procesos logísticos y operativos dentro del territorio nacional, sino también el acceso a una colaboración más amplia con otras comunidades militares de primer nivel. La propuesta se alinea con las reformas en gestión pública que el ejecutivo ha impulsado, destacando la necesidad de integrar los sistemas de abastecimiento para mejorar las capacidades operativas y logísticas de las FFAA. (Gutiérrez, 2018)

1.7.5. Importancia de los Tratados Internacionales

Los tratados internacionales son acuerdos vinculantes entre Estados que regulan diversas

áreas, desde derechos humanos hasta comercio. Su importancia radica en que establecen normas jurídicas que facilitan la convivencia pacífica y la cooperación internacional, permitiendo abordar conflictos y promover derechos fundamentales (Cortés, 2020). Además, son esenciales para la diplomacia, ya que proporcionan un marco legal que guía las relaciones entre naciones en un mundo globalizado (Villalobos, 2004). Al ratificarlos, los Estados asumen obligaciones de respetar y proteger los derechos humanos, fortaleciendo así el estado de derecho a nivel internacional.

Los Tratados Internacionales desempeñan un papel crucial en las relaciones globales, ya que establecen las bases legales para la cooperación entre países y fomentan la estabilidad en diversos aspectos. En el ámbito económico, estos tratados facilitan el comercio y la inversión al eliminar barreras arancelarias, crear normas claras y predecibles, y promover la competitividad internacional. Esto beneficia tanto a las economías desarrolladas como a las emergentes, al abrir mercados y generar oportunidades de crecimiento.

En términos de seguridad, los tratados internacionales son herramientas esenciales para resolver conflictos de manera pacífica, prevenir guerras y fomentar la estabilidad política. A través de acuerdos multilaterales, los países pueden coordinar esfuerzos para combatir amenazas comunes, como el terrorismo, el crimen organizado o la proliferación de armas. En el ámbito social, los tratados protegen los derechos humanos mediante el establecimiento de estándares internacionales que buscan erradicar la discriminación, la tortura y otras formas de abuso. Esto refuerza los valores universales de justicia y dignidad, promoviendo sociedades más inclusivas y equitativas.

Promoción del comercio global y reducción de barreras arancelarias:

La promoción del comercio global implica estrategias para expandir mercados y aumentar la competitividad de las empresas. Un plan de promoción internacional es esencial, adaptando productos y mensajes a diferentes culturas y economías (Comex cámara. 2024). Organismos como la Cámara de Comercio de Madrid facilitan misiones empresariales y acceso a información clave, ayudando a las pymes a superar barreras en mercados exteriores (Olmos, Ximena, 2019). Además, el Centro de Comercio Internacional (ITC) apoya a las microempresas en su inserción en el comercio global, promoviendo el desarrollo sostenible (Organización Mundial del Comercio, 2024).

El comercio global combate directamente el hambre y la malnutrición al mejorar la

disponibilidad de alimentos y generar oportunidades laborales e ingresos. A través de sistemas regulados, asegura que los productos comercializados cumplan con estrictos estándares sanitarios y de inocuidad. Adicionalmente, facilita la transferencia de conocimientos y tecnologías en materia de nutrición y seguridad alimentaria, potenciando la eficiencia de agricultores y actores en las cadenas de valor (Joaquín Arias, Víctor Umaña, 2024).

El informe titulado *The Role of Trade in Ending Poverty* (El rol del comercio en la erradicación de la pobreza) resalta que el comercio es un elemento crucial para impulsar el crecimiento en los países en desarrollo. Sin embargo, también subraya la necesidad de combinar la reducción de barreras comerciales con otras estrategias que aseguren que los beneficios lleguen de manera efectiva a las personas más pobres y vulnerables del mundo (Ginebra, 2015).

Fomento de la paz y cooperación entre las naciones:

La promoción de la paz y la cooperación entre naciones es fundamental para el desarrollo global. Las Naciones Unidas desempeñan un papel crucial mediante operaciones de mantenimiento de la paz, que buscan crear condiciones favorables para la estabilidad y la justicia (Observatorio del poder judicial. 2024). Estas iniciativas se basan en principios como el consentimiento de las partes y la imparcialidad, y abarcan desde la mediación en conflictos hasta la protección de los derechos humanos (Gral. (R.) Robert Gordon. Harvey J. Langholtz, Ph.D. 2022). Además, se enfatiza la importancia de una cultura de paz que fomente el diálogo y la cooperación internacional para abordar desafíos globales.

Los tratados internacionales desempeñan un papel esencial en este aspecto al proporcionar un marco legal para la resolución pacífica de disputas. En lugar de recurrir a la violencia o la guerra, los países acuerdan métodos diplomáticos y legales para solucionar desacuerdos, como la mediación, el arbitraje y la negociación directa. Estos mecanismos ayudan a reducir las tensiones internacionales y a evitar que los conflictos escalen, a través de sus misiones de paz, ayuda humanitaria y resoluciones, las naciones pueden trabajar juntas para restaurar la paz en regiones afectadas por la guerra o la inestabilidad. Además, los países colaboran en la lucha contra amenazas comunes, como el terrorismo, la proliferación de armas nucleares o el crimen organizado.

La cooperación entre naciones también se extiende a áreas no directamente relacionadas

con la seguridad, como el comercio, la salud, la educación y el medio ambiente. A través de acuerdos bilaterales y multilaterales, los países se comprometen a trabajar juntos para abordar problemas globales como el cambio climático, las pandemias y la pobreza.

Protección de recursos naturales y lucha contra el cambio climático:

La preservación de los recursos naturales y la mitigación del cambio climático son pilares fundamentales para alcanzar un desarrollo sostenible y garantizar el bienestar de las generaciones actuales y futuras. Estas metas requieren esfuerzos coordinados y acciones concretas en diversas áreas críticas.

En primer lugar, la protección de los ecosistemas es esencial, ya que espacios como los bosques, humedales y océanos desempeñan un papel vital en la absorción de dióxido de carbono y en la regulación del clima global. Estos ecosistemas también funcionan como barreras naturales frente a fenómenos climáticos extremos, como huracanes, inundaciones y sequías, ayudando a proteger tanto a las comunidades humanas como a la biodiversidad que depende de ellos (Estrada, 2017).

La gestión sostenible de los recursos naturales es otro componente clave. Esto incluye el uso responsable del agua, la protección de la flora y fauna, y la implementación de políticas que refuercen la conservación de áreas protegidas. Por ejemplo, el desarrollo de tecnologías que optimicen el uso del agua en la agricultura y la promoción de prácticas de pesca sostenible son estrategias que contribuyen a preservar estos recursos limitados mientras se atienden las necesidades humanas (Ministerio del Ambiente, 2023).

La participación de las comunidades locales es igualmente indispensable. Involucrar a las poblaciones en proyectos de conservación, como programas de reforestación, manejo adecuado de residuos y educación ambiental, fortalece las iniciativas y asegura su sostenibilidad a largo plazo. Además, el enfoque comunitario permite integrar el conocimiento tradicional con soluciones modernas, creando estrategias más efectivas y adaptadas a cada contexto (Mesquida, 2017).

Establecimiento de estándares en derechos laborales y humanos:

El establecimiento de estándares en derechos laborales y humanos es fundamental para garantizar condiciones de trabajo justas y equitativas. La Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) ha sistematizado estándares interamericanos que promueven derechos laborales, incluyendo el derecho al trabajo y la protección de derechos sindicales

(Joel Hernández, 2020). La Organización Internacional del Trabajo (OIT) también establece normas internacionales que abarcan la libertad de asociación, la eliminación del trabajo forzoso e infantil, y la no discriminación (Organización Internacional del Trabajo, 2024). Estos marcos buscan mejorar la legislación y prácticas laborales, promoviendo un entorno de trabajo seguro y digno.

En el ámbito de los derechos laborales, organismos como la Organización Internacional del Trabajo (OIT) han sido fundamentales para establecer convenciones y estándares que protejan a los trabajadores de abusos como la explotación, el trabajo infantil, la discriminación y las condiciones laborales inhumanas.

Por ejemplo, la Convención sobre la eliminación de las peores formas de trabajo infantil y la Convención sobre la libertad sindical y la protección del derecho de sindicación son acuerdos internacionales que buscan garantizar un entorno laboral justo y seguro, en el que los trabajadores tengan acceso a condiciones laborales dignas y a derechos fundamentales como la libertad de asociación y la negociación colectiva.

En cuanto a los derechos humanos, los tratados internacionales, como la Declaración Universal de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas, sirven como un estándar global que establece los derechos fundamentales que deben ser respetados por todos los países. Estos derechos incluyen la libertad de expresión, la igualdad ante la ley, el derecho a un juicio justo, la protección contra la discriminación, entre otros. Además, instrumentos como el Pacto Internacional sobre Derechos Civiles y Políticos y el Pacto Internacional sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales brindan un marco legal para la protección de los derechos humanos en distintos contextos.

1.7.6. Impactos Positivos y Negativos

Apertura de mercados y generalización de empleo:

La apertura de mercados y la globalización han transformado significativamente el empleo en América Latina. Mientras que algunos países, como Chile y Costa Rica, han logrado aumentar el empleo formal mediante políticas adecuadas, otros, como México y Perú, enfrentan desafíos como la precarización laboral y la segmentación del mercado (González, 2021). La liberalización del comercio ha generado empleos relacionados con exportaciones, pero también ha aumentado la desigualdad en la distribución de beneficios.

Además, la globalización ha impulsado la participación femenina en el mercado laboral, aunque persisten desigualdades significativas.

Acceso a bienes y servicios de calidad:

El acceso a bienes y servicios de calidad es fundamental para el bienestar de la población. Esto incluye servicios básicos como agua potable, saneamiento, salud y educación. Las entidades públicas deben garantizar que estos servicios sean accesibles, eficientes y adaptados a las necesidades de los ciudadanos, incluyendo a personas con discapacidad. La calidad del servicio se mide por la satisfacción del usuario, la accesibilidad y la atención respetuosa (Ventura, 2020). Además, se requiere que las instituciones adopten estándares y procesos que mejoren continuamente la calidad de los bienes y servicios ofrecidos.

Cooperación frente a problemas globales como pandemias o conflictos:

La cooperación internacional es esencial para enfrentar problemas globales como pandemias y conflictos. Se basa en estrategias como la diplomacia, la firma de tratados internacionales, y el intercambio de tecnología. Estas acciones buscan resolver desafíos como el cambio climático, mejorar la salud y promover la paz (OECD et al. (2022). Durante la pandemia de COVID-19, se evidenció la necesidad de colaboración para abordar crisis complejas y fomentar un desarrollo sostenible. La cooperación también implica un compromiso activo de múltiples actores, incluyendo gobiernos y organizaciones internacionales, para generar soluciones efectivas (Casas, 2024).

Pérdida de soberanía económica en algunos países:

La pérdida de soberanía económica en países como Argentina y Grecia se ha vinculado a la cesión de soberanía monetaria, que ha derivado en crisis políticas y económicas. La integración en sistemas monetarios como el euro y las políticas de convertibilidad han limitado la capacidad de estos estados para implementar políticas económicas autónomas, exacerbando desigualdades y crisis financiera. Además, la globalización ha erosionado la autonomía de las autoridades fiscales, llevando a una dependencia de decisiones externas que afectan el desarrollo nacional (Lerda, Juan Carlos. 1996).

Desigualdad en la distribución de beneficios entre países desarrollados y en desarrollo:

La desigualdad en la distribución de beneficios entre países desarrollados y en desarrollo se ha intensificado, especialmente tras la pandemia de COVID-19. En 2021, el 10% más

rico de la población mundial captó el 52% de los ingresos, mientras que el 40% más pobre vio una disminución en sus ingresos (Winkler, 2022). Las políticas económicas implementadas en muchos países no han logrado reducir esta brecha, y las regiones como América Latina siguen siendo las más desiguales (Khider, 2019). La desigualdad no solo afecta el crecimiento económico inclusivo, sino que también perpetúa la pobreza y limita el acceso a oportunidades (Oxfam, 2019).

Controversias por condiciones injustas:

Las controversias por condiciones injustas, como la explotación laboral, son un problema global. Estas incluyen malas condiciones de trabajo, salarios bajos y falta de seguridad, que a menudo se agravan por la coacción o amenazas que impiden a los trabajadores cambiar de empleo. La explotación laboral se distingue del trabajo forzoso, que implica coerción directa y violaciones graves de derechos humanos. Además, la desigualdad económica y social perpetúa estas injusticias, afectando desproporcionadamente a grupos vulnerables (Arcos, 2020). La lucha contra estas prácticas requiere una gobernanza inclusiva y el respeto por los derechos laborales (Rebaza, 2017).

1.7.7. Principales Tratados en el Mundo

Los tratados internacionales son acuerdos legales vinculantes entre países que establecen obligaciones compartidas para abordar problemas globales y regular aspectos clave de la convivencia internacional en las áreas de derechos humanos, comercio, medio ambiente, paz y seguridad. Por ejemplo, la Declaración Universal de Derechos Humanos sienta las bases para la protección universal de la dignidad y las libertades fundamentales, mientras que el Acuerdo de París busca limitar el cambio climático reduciendo las emisiones contaminantes y promoviendo la energía limpia.

En términos de comercio, el Acuerdo Estados Unidos- México-Canadá promueve el intercambio económico entre México, Estados Unidos y Canadá bajo términos modernos y equilibrados, y el Tratado Antártico garantiza que la región sea exclusivamente un espacio para la investigación científica y la cooperación pacífica, sin intervención militar. Necesidades. Actividades. Además, el Tratado de No Proliferación Nuclear contiene fuertes medidas de control para prevenir la proliferación de armas nucleares y promover la seguridad global. Estos acuerdos son esenciales para coordinar los esfuerzos

internacionales, proteger el medio ambiente, garantizar los derechos, fortalecer la economía y mantener la paz, demostrando que la cooperación multilateral es esencial para resolver problemas que ningún país puede resolver por sí solo.

Tratado de los derechos humanos:

Los tratados de derechos humanos son acuerdos internacionales diseñados para proteger los derechos humanos básicos y se adoptan principalmente en el marco de las Naciones Unidas. Entre ellos destacan la Declaración Universal de Derechos Humanos (1948) y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1966) como fundamento de los derechos humanos modernos, el cual guarda estrecha relación con; Juntas, la Declaración Universal de Derechos Humanos forma la Declaración Internacional de Derechos Humanos.

Además de instrumentos regionales como la Convención Interamericana de Derechos Humanos (1969), también existen instrumentos que protegen a la infancia (1989), promueven la igualdad de género (1979) o garantizan los derechos de las personas con discapacidad (2006) y otras convenciones específicas. Aunque su implementación enfrenta desafíos como la falta de voluntad política y el conflicto, estos acuerdos son esenciales para promover el respeto, la igualdad y la libertad a nivel global.

Figura 15

Declaración Universal de los Derechos Humanos



Nota. El emblema de las Naciones Unidas acompañado del título "Declaración Universal de Derechos Humanos" simboliza el compromiso global con la protección y promoción de los derechos fundamentales de todas las personas. Esta declaración, adoptada en 1948,

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

representa un hito en la historia de los derechos humanos. Utilizada con fines educativos para destacar su importancia histórica y su vigencia en la actualidad.

Tratado del Comercio:

Durante más de un lustro la Unión Europea y Japón han venido llevando a cabo una compleja negociación para alcanzar la firma de un Tratado de Libre Comercio que reduzca en general las barreras arancelarias e igualmente las no arancelarias a razón de liberalizar el tráfico de mercancías. Por lo tanto, tras la ratificación del presente acuerdo comercial este artículo tiene como objetivo analizar algunas características generales de esta nueva zona de libre comercio, y sus partes implicadas. Así tras llevarse a cabo un análisis descriptivo los resultados indican que el presente Tratado de Libre Comercio supone un interesante paradigma para el comercio exterior entre la Unión Europea y Japón, como también para el comercio internacional en cuanto a acuerdos comerciales se refiere. Se concluye que este Tratado hoy por hoy, es el más grande del mundo puesto que representa aproximadamente un 27,45% del Producto Interno Bruto total mundial, un 37,13% de las exportaciones mundiales y un 27,45% de las importaciones mundiales (Baena, 2019).

Figura 16

Acuerdo y cooperación entre partes



Nota. La ilustración muestra un apretón de manos entre dos personas de diferentes contextos, simbolizando la cooperación, el consenso y la resolución de conflictos. Este gesto representa un esfuerzo por unir perspectivas opuestas para alcanzar acuerdos beneficiosos. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de la comunicación y el entendimiento en las relaciones humanas.

Tratado de Libre Comercio, 1981 Tratado del Medio Ambiente:

El Acuerdo de París de 2015 marca un hito en la diplomacia ambiental para combatir el cambio climático a través del compromiso global. El acuerdo fue adoptado por 196 países en la 21ª Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo principal objetivo era limitar el aumento de las temperaturas globales a menos de 2°C respecto al año anterior. A diferencia de su predecesor, el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París se basa en Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), que cada país desarrolla y actualiza cada cinco años en función de su capacidad y circunstancias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, promueve mecanismos de financiación climática, la adaptación a las inevitables consecuencias del cambio climático y la transferencia de tecnologías limpias. Una fortaleza del acuerdo es su reconocimiento de la necesidad de una acción colectiva, aunque enfrenta desafíos de implementación debido a diferencias en las responsabilidades nacionales y la falta de herramientas de aplicación para garantizar el cumplimiento.

Figura 17

Acuerdo de París, COP21 (2015)



Nota. La imagen representa el Acuerdo de París adoptado durante la Conferencia de las Partes (COP21) en 2015, con un enfoque en la Torre Eiffel y el planeta Tierra como símbolos de la cooperación global frente al cambio climático. Este acuerdo busca limitar el calentamiento global mediante compromisos internacionales en la reducción de emisiones. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia de la acción climática.

Tratado de la Paz y Seguridad:

Los tratados de paz y seguridad son instrumentos esenciales de las relaciones internacionales diseñados para prevenir conflictos, resolver disputas y crear una estabilidad duradera entre los signatarios. Estos acuerdos suelen establecer compromisos legales y

políticos basados en los principios de cese de hostilidades, desarme, cooperación económica y solución pacífica de controversias mediante arbitraje o mecanismos judiciales. Históricamente, han jugado un papel decisivo en momentos críticos, como el Tratado de Versalles después de la Primera Guerra Mundial o el acuerdo de 1979 entre Egipto e Israel, que sentó un precedente para la mediación internacional.

Sin embargo, su efectividad depende de factores como la voluntad política de las partes, la inclusión de medidas controlables, la confianza mutua y el apoyo de actores internacionales como la ONU. Además, los desafíos contemporáneos como el terrorismo, el cambio climático y los conflictos geopolíticos están obligando a estos acuerdos a evolucionar hacia un enfoque más inclusivo y sostenible, donde la seguridad se refiere no sólo a la ausencia de guerra, sino también a la protección de los derechos humanos, económicos y sociales, y cuidado del medio ambiente. Por lo tanto, los acuerdos de paz no son sólo acuerdos legales, sino que reflejan una interacción compleja entre intereses, valores y la necesidad de un orden global equilibrado.

Tratado Antártico:

El Tratado Antártico fue suscrito en Washington el 1 de diciembre de 1959 por los representantes de las siguientes naciones: Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Francia, Japón, Nueva Zelandia, Noruega, Unión de África del Sur, Unión Soviética, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y Estados Unidos de Norteamérica, lo que hace un total de doce. La importancia que muchos de estos países le concedieron a la tentativa de convertir un tratado sobre la Antártica, quedó de manifiesto por la preocupación e interés que demostraron el gobierno y la opinión pública norteamericanos durante su discusión y por el cuidado que muchos de los gobiernos concurrentes pusieron en elegir como jefes e integrantes de sus delegaciones a personalidades del más alto nivel de sus respectivos países.

Así, por ejemplo, Australia, Nueva Zelandia y la Unión de África del Sur estuvieron representadas por sus correspondientes Ministros de Relaciones Exteriores, los señores Richard Gardiner Casey, Walter Nash y Eric H. Low; la Unión Soviética, por el viceministro señor Vasili V. Kuznetsov, jefe de la delegación ante la Asamblea Anual de las Naciones Unidas, al mismo tiempo, y por el jurisconsulto y profesor de Derecho Internacional de la Universidad de Moscú, señor Grigory Tunkin; el Reino Unido de Gran

Bretaña e Irlanda del Norte, por sir Esler Denning, personalidad de gran relieve diplomático y miembro destacado de la Cámara de los Comunes; Francia, por el embajador Pierre Charpentier, que estuvo asesorado al discutirse los puntos jurídicos de más delicada importancia por el profesor de Derecho Internacional de la Sorbonne y asesor Jurídico del Quai d'Orsay, señor André Gros; Estados Unidos de Norteamérica por el señor Hernán Phleger, internacionalista y jurisconsulto de admirable agilidad y sapiencia, asesor jurídico del Departamento de Estado y por el embajador Paul C. Daniels, autor del proyecto que sirvió de base a las discusiones preliminares sostenidas con un año de anterioridad a la conferencia (Mora, 2019).

Tratado de No Proliferación Nuclear:

Una de las mayores amenazas a las que se enfrenta la humanidad hoy en día es la posibilidad del uso de armas nucleares, tanto por parte de los Estados que las poseen legalmente como por los que tienen programas nucleares no autorizados internacionalmente. Para mitigar este desafío, el régimen de no proliferación nuclear regula el uso de este tipo de armamento. En contexto, este documento valora el conjunto de normas internacionales del régimen de no proliferación nuclear; por medio de una metodología cualitativa y a partir de una revisión de literatura, describe el proceso evolutivo del régimen, haciendo énfasis en el papel que han jugado los Estados latinoamericanos en la creación y fortalecimiento de esta legislación. Se identifica que el régimen cuenta con múltiples instrumentos para controlar el uso de este tipo de armamento; que América Latina ha hecho aportes positivos y que su territorio es considerado y respetado como un espacio no nuclear, convirtiéndose en un referente mundial en la lucha contra las armas de destrucción masiva (Ortega, 2022).

1.7.8. Desafíos y Críticas a los Tratados Internacionales

Los tratados internacionales, como acuerdos legales vinculantes entre países, son esenciales para resolver problemas globales, pero han enfrentado muchos desafíos y críticas en todas las etapas de su existencia. Las dificultades surgen en el proceso de negociación debido a los diferentes intereses nacionales, ya que cada país tiene sus propias prioridades y muchas veces es el país con mayor influencia, lo que puede crear un desequilibrio en los intereses acordados. Durante la fase de ratificación, muchos tratados deben ser aprobados por los parlamentos nacionales, lo que no sólo es lento, sino que también se ve afectado por

tensiones políticas internas que pueden retrasar o impedir su entrada en vigor. Una vez implementado, su efectividad se ve limitada por el cumplimiento desigual entre los signatarios, ya que algunos carecen de los recursos, la infraestructura o la voluntad política para implementar plenamente sus compromisos, lo que crea una brecha entre los objetivos declarados y los resultados reales. Estas dinámicas ilustran las complejidades y limitaciones inherentes a los tratados internacionales como instrumentos de gobernanza global.

Tensión entre globalización y proteccionismo:

La tensión entre globalización y proteccionismo representa un dilema central en las relaciones económicas y políticas internacionales, donde los países se esfuerzan por lograr un equilibrio entre la integración global y la protección de sus intereses nacionales. La globalización, impulsada por el libre comercio, la conectividad tecnológica y el movimiento de bienes, servicios y personas, ha traído beneficios como crecimiento económico, reducción de la pobreza extrema y acceso a la innovación, pero también ha creado desigualdad económica y pérdida de empleos locales. Y homogeneización cultural.

El proteccionismo, caracterizado por aranceles, cuotas y subsidios, por otro lado, tiene como objetivo proteger las industrias nacionales, promover la autosuficiencia y preservar las industrias estratégicas, aunque a menudo resulta en precios más altos, una capacidad de innovación reducida y posibles represalias comerciales. Ejemplos recientes como la guerra comercial entre Estados Unidos y China, el Brexit y el auge del nacionalismo económico muestran cómo esas tensiones están afectando la política global, obligando a los países a combinar medidas proteccionistas con estrategias de apertura para combatir el cambio climático, las crisis económicas y los desafíos a la seguridad alimentaria. Este equilibrio es fundamental para maximizar los beneficios de la integración global y mitigar sus efectos negativos, garantizando al mismo tiempo la prosperidad local y la sostenibilidad a largo plazo (Barrantes, 2020).

Efectividad limitada de algunos tratados debido a la falta de cumplimiento o sanciones:

La limitada eficacia de algunos acuerdos internacionales se debe principalmente al incumplimiento por parte de los firmantes y a la falta de mecanismos de sanciones eficaces, que debilitan su impacto en cuestiones globales como el cambio climático, los derechos humanos y el comercio internacional. Hay muchas razones para este fenómeno, como

intereses nacionales que a menudo entran en conflicto con los compromisos, disposiciones poco claras de los tratados que dificultan su interpretación y aplicación, y la capacidad limitada de algunos países para implementar las medidas necesarias. Además, la falta de sanciones disuasorias permite que muchos países incumplan sus pagos sin consecuencias significativas, ya que la mayoría de los acuerdos dependen de la buena fe y la voluntad política de las partes.

Ejemplos destacados son el Protocolo de Kioto, cuya eficacia se ve socavada por la falta de compromisos de los mayores emisores de gases de efecto invernadero y la falta de medidas punitivas específicas, así como la Convención de Derechos Humanos, donde continúan las violaciones de derechos humanos debido a la incapacidad de las autoridades internacionales. Organizaciones para establecer medidas efectivas. Sanciones contra estos países. Violadores. Esto refleja la necesidad de fortalecer el marco de gobernanza internacional a través de reglas más claras, mecanismos de seguimiento sólidos y sanciones para garantizar el cumplimiento de las obligaciones acordadas.

1.7.9. Controversias en torno a tratados como el TTIP o el CPTPP por impactos en economías locales:

Los acuerdos de libre comercio como el TTIP (Asociación Transatlántica de Comercio e Inversión) y el CPTPP (Acuerdo Integral y Progresista de Asociación Transpacífico) se han vuelto controvertidos debido a su impacto potencial en las economías nacionales, particularmente en sectores vulnerables como la agricultura y las pequeñas industrias. (PYMES). Los críticos argumentan que estos acuerdos benefician principalmente a las grandes multinacionales, lo que puede conducir a una competencia desleal para los productores locales y la pérdida de empleos en el sector manufacturero a medida que la industria se traslada a países con costos laborales más bajos. Además, los mecanismos de resolución de disputas permiten a las empresas demandar a los gobiernos por políticas que afectan negativamente a sus inversiones, lo que genera preocupaciones sobre la pérdida de soberanía legislativa y la posibilidad de que las regulaciones locales puedan modificarse en detrimento de los derechos laborales, la protección ambiental y las normas de seguridad. Por ejemplo, las zonas rurales pueden ver amenazados sus modos de vida tradicionales al enfrentar la competencia de importaciones más baratas, mientras que la privatización de los

servicios públicos impulsada por contratos puede en algunos casos limitar el acceso a cosas como la salud y la educación.

A pesar de estas críticas, los defensores de los acuerdos argumentan que el libre comercio puede estimular el crecimiento económico, alentar la inversión y beneficiar a los consumidores a través de precios más bajos y una mayor variedad de bienes. Además, promueven la cooperación internacional, lo que conduce a una mayor estabilidad económica y prosperidad global. Sin embargo, para que estos acuerdos sean verdaderamente eficaces y justos, es necesario lograr un equilibrio entre la integración económica global y la protección de las economías y sociedades locales, lo que puede lograrse mediante reformas que incluyan mecanismos más inclusivos y transparentes (Polanco, 2019).

1.7.10. Futuro de los Tratado Internacionales

El Comercio Digital y la Inteligencia Artificial:

El futuro de los tratados internacionales depende en gran medida del crecimiento del comercio digital y de los avances en inteligencia artificial (IA). A medida que las economías avanzan hacia la tecnología digital, se necesita un marco legal internacional para regular el comercio electrónico, la protección de datos y los derechos de propiedad intelectual. Los tratados internacionales deberán adaptarse a estos cambios, promoviendo la cooperación global para garantizar un acceso seguro y equitativo al comercio digital, al tiempo que gestionan los riesgos asociados relacionados con la difusión de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial.

El Cambio Climático y la Cooperación Global:

El cambio climático es uno de los problemas más apremiantes de la humanidad y requiere una respuesta internacional urgente. Los tratados futuros deben ser más flexibles e integrales para promover la cooperación entre países para mitigar y adaptarse al calentamiento global. Estos acuerdos promoverán políticas más agresivas para reducir las emisiones, promover las energías renovables y apoyar a los países más vulnerables. La cooperación internacional será esencial para garantizar que los esfuerzos para combatir el cambio climático sean efectivos y equitativos para todos los países involucrados.

Regulación Global de la Inteligencia Artificial:

La rápida difusión de la inteligencia artificial plantea una serie de cuestiones éticas y sociales que deben abordarse mediante tratados internacionales. Es de vital importancia establecer estándares globales que regulen el uso de la inteligencia artificial para evitar abusos como la monopolización de la tecnología y el uso irresponsable de estas herramientas. Los tratados futuros deberán garantizar el uso ético de la IA, proteger los derechos humanos y promover el acceso equitativo a estas tecnologías avanzadas. La cooperación internacional será esencial para abordar estos desafíos y garantizar que los beneficios de la IA se compartan de manera justa y segura.

El futuro de los tratados internacionales dependerá de su capacidad para adaptarse a los constantes cambios tecnológicos, económicos y ambientales. La cooperación internacional será clave para abordar desafíos como el comercio digital, la inteligencia artificial y el cambio climático. Contratos más innovadores y flexibles pueden crear un sistema global más equitativo y sostenible. Los próximos acuerdos guiarán la cooperación internacional en las próximas décadas.

CAPÍTULO II
CONDICIONES GLOBALES Y ATMOSFÉRICAS

2.1. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS: CONCEPTO E IMPORTANCIA

Las condiciones atmosféricas son el conjunto de características del estado de la atmósfera en un momento y lugar específicos, como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, el viento y las precipitaciones. Estos elementos interactúan entre sí para determinar el tiempo meteorológico y, a largo plazo, el clima de una región. Por ejemplo, la temperatura mide el calor o frío en el aire, mientras que la humedad se refiere a la cantidad de vapor de agua presente. La presión atmosférica es el peso que ejerce el aire sobre la superficie terrestre, y su variación influye en fenómenos como los vientos. El viento es el movimiento del aire debido a diferencias en la presión, mientras que las precipitaciones regulan la disponibilidad de agua en ecosistemas y actividades humanas.

Comprender las condiciones atmosféricas es crucial para planificar actividades humanas, gestionar recursos agrícolas, prevenir desastres naturales y mitigar el impacto del cambio climático. La atmósfera funciona como un sistema dinámico que redistribuye la energía solar, influye en los ciclos del agua y regula la temperatura terrestre, sosteniendo la vida en el planeta. Sin embargo, la actividad humana, como las emisiones de gases de efecto invernadero, ha alterado este equilibrio, intensificando fenómenos climáticos extremos y poniendo en riesgo la biodiversidad y las sociedades humanas.

2.1.1. Historia y Evolución del Estudio de las Condiciones Atmosféricas

El interés por entender las condiciones atmosféricas tiene raíces antiguas, remontándose a civilizaciones que observaban patrones climáticos para la agricultura y la navegación. Aristóteles, en su obra *Meteorológica*, abordó fenómenos como lluvias y tormentas basándose en la observación empírica. Sin embargo, no fue hasta el Renacimiento, con la invención de instrumentos como el termómetro (Galileo Galilei) y el barómetro (Evangelista Torricelli), que el estudio del clima se fundamentó en mediciones precisas.

En el siglo XIX, científicos como Joseph Fourier y John Tyndall avanzaron en el entendimiento del efecto invernadero y la absorción de radiación por gases, estableciendo las bases de la climatología moderna. Durante el siglo XX, la tecnología satelital y los modelos computacionales permitieron monitorear eventos meteorológicos y patrones climáticos a escala global, facilitando la predicción de fenómenos extremos y el análisis del

cambio climático.

2.1.2. Factores Determinantes de las Condiciones Atmosféricas

Las condiciones atmosféricas están influenciadas por una compleja interacción de factores naturales y humanos. Entre los factores naturales destacan:

- a. **Radiación solar:** Es el motor principal que proporciona energía para la circulación atmosférica y los ciclos hidrológicos.
- b. **Presión atmosférica:** Determina la formación de sistemas de alta y baja presión, responsables de tormentas y vientos.
- c. **Humedad:** Representada por el vapor de agua en la atmósfera, es clave para la formación de nubes y precipitaciones, un estudio realizado en el cerro Oyarbide analizó cómo la humedad y factores locales influyen en la captación de agua de niebla, utilizando un enfoque que combina medición y colecta hídrica (Abarca, 2021).
- d. **Altitud y relieve:** Afectan la distribución de temperatura y lluvias.
- e. **Corrientes oceánicas:** Influyen en el transporte de calor y humedad.

Por otro lado, la actividad humana, como la emisión de gases de efecto invernadero, intensifica la frecuencia de fenómenos extremos como huracanes y sequías. Además, la deforestación y la urbanización generan efectos como las islas de calor urbanas.

2.2. IMPACTOS GLOBALES Y LOCALES DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Las condiciones atmosféricas tienen impactos multifacéticos que afectan diversos aspectos de la vida en el planeta. En el ámbito local, un estudio en el tillandsial del cerro Oyarbide exploró las condiciones atmosféricas específicas que favorecen la captación de agua de niebla. Este trabajo identificó patrones temporales relacionados con la presencia de niebla, utilizando sistemas como GOFOS, que mide su frecuencia y distribución, y los SFC, diseñados para coleccionar agua de manera efectiva. Los datos fueron estandarizados en un sistema binario para garantizar comparabilidad, destacando cómo factores geográficos y meteorológicos locales condicionan este fenómeno. Sin embargo, los autores advierten que estos resultados son específicos del lugar y no generalizables a otros territorios (Espinoza & Jiménez).

2.2.1. Agricultura

Los cambios en la temperatura y las precipitaciones impactan de manera significativa los ciclos de cultivo y los rendimientos agrícolas. Por ejemplo, en 2011, la sequía en el Cuerno de África afectó gravemente a millones de personas, ocasionando pérdidas en cosechas, incremento de precios de alimentos y crisis humanitarias. Estas alteraciones atmosféricas comprometen la seguridad alimentaria, especialmente en regiones dependientes de la agricultura de subsistencia.

2.2.2. Salud

Las condiciones atmosféricas extremas, como las olas de calor y los frentes fríos, incrementan los riesgos para la salud humana. Estas situaciones son especialmente peligrosas para las poblaciones vulnerables, como ancianos, niños y personas con enfermedades preexistentes. Problemas cardiovasculares, respiratorios y golpes de calor se vuelven más frecuentes durante estos eventos, lo que subraya la necesidad de monitoreo y prevención.

2.2.3. Ecosistemas

Los cambios en el clima provocan alteraciones significativas en los ecosistemas. Por ejemplo, el aumento de la temperatura del océano contribuye al blanqueamiento de corales, un fenómeno que amenaza la biodiversidad marina. Además, muchas especies animales y vegetales enfrentan desplazamientos o extinción debido a la alteración de sus hábitats naturales, lo que genera desequilibrios ecológicos.

2.2.4. Economía

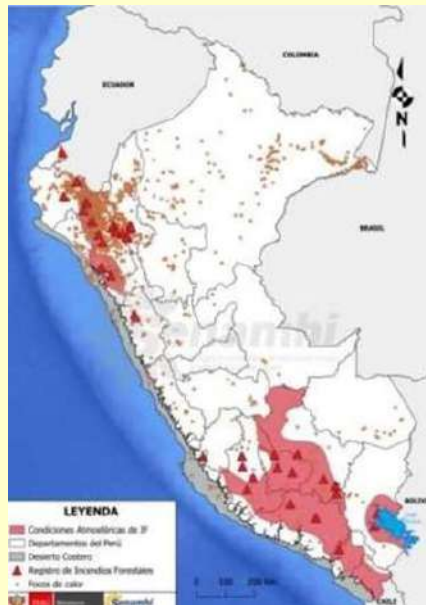
Los fenómenos atmosféricos extremos tienen un impacto directo en la economía, generando pérdidas multimillonarias. Un ejemplo de ello es el huracán Katrina en 2005, que devastó gran parte del sur de Estados Unidos, ocasionando daños materiales, interrupciones en el comercio y desplazamiento masivo de personas. Estos eventos destacan la necesidad de invertir en infraestructuras resilientes y sistemas de prevención para mitigar el impacto económico.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

En el Perú, desafíos como los incendios forestales impactan la agricultura y reducen áreas verdes. Según el SENAMHI, “Se observa el área de las condiciones atmosféricas de incendios forestales esperadas para la semana en cuestión, sombreado de rojo. Además, incluye la distribución de los incendios registrados y focos de calor a nivel nacional” (2024).

Figura 18

Mapa de registros de incendios forestales en Perú



Nota. El mapa muestra las condiciones ambientales y la distribución de incendios forestales en diversas regiones del Perú, destacando focos de calor y áreas vulnerables. Este análisis geográfico permite identificar zonas críticas para implementar medidas de prevención y control. Utilizado con fines educativos para ilustrar los desafíos ambientales y la gestión de riesgos en el país.

2.3. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático ha alterado significativamente las condiciones atmosféricas. El aumento de temperaturas globales intensifica fenómenos como tormentas, sequías y olas de calor, mientras modifica patrones de lluvias y estaciones. Esto afecta la estabilidad de ecosistemas y economías. Por ejemplo, temperaturas más cálidas intensifican huracanes al calentar los océanos. Además, las lluvias torrenciales provocan inundaciones, y las sequías prolongadas agravan la escasez de agua. Estos cambios no solo afectan a los humanos, sino

también a flora y fauna, que enfrentan el riesgo de extinción. Reducir las emisiones globales y adoptar medidas de adaptación son esenciales para mitigar estos efectos. En el contexto de fenómenos atmosféricos extremos, investigaciones recientes enfatizan la importancia de diseñar sistemas de protección eficaces. Por ejemplo, Aguilera y Muñoz abordaron cómo el uso de software especializado agiliza el desarrollo de sistemas contra descargas atmosféricas, asegurando informes detallados y cálculos de riesgo precisos. Estos diseños no solo mitigan riesgos significativos, como los asociados a tanques de GLP, sino que también garantizan la protección de infraestructuras críticas y personas (Aguilera & Muñoz).

Importancia de Monitorear las Condiciones Atmosféricas

El monitoreo constante y preciso es esencial para la seguridad y bienestar de las sociedades. tecnologías como satélites y estaciones meteorológicas permiten predecir fenómenos extremos con antelación. Estas predicciones salvan vidas, optimizan actividades agrícolas y energéticas, y previenen desastres.

En un contexto global, el monitoreo continuo también ayuda a comprender y combatir el cambio climático, enfrentando los desafíos presentes y protegiendo a futuras generaciones. En conclusión, las condiciones atmosféricas, esenciales para la vida en la Tierra, son el resultado de complejas interacciones entre factores naturales y humanos que afectan la agricultura, la economía, la salud y los ecosistemas. A lo largo de la historia, su estudio ha evolucionado gracias a pioneros como Aristóteles, Galileo Galilei y Evangelista Torricelli, y a científicos como Joseph Fourier y John Tyndall, cuyos aportes han permitido entender procesos clave como el efecto invernadero. En el contexto actual del cambio climático, el monitoreo continuo es crucial para prever fenómenos extremos y mitigar sus impactos, como lo destaca SENAMHI respecto a los incendios forestales: “Se observa el área de las condiciones atmosféricas de incendios forestales esperadas para la semana en cuestión, sombreado de rojo. Además, incluye la distribución de los incendios registrados y focos de calor a nivel nacional” (2024). La tecnología y el conocimiento científico deben integrarse con estrategias sostenibles para enfrentar los desafíos climáticos y proteger tanto a las generaciones presentes como futuras.

2.4. ECONOMÍA GLOBALIZADA

La economía globalizada está caracterizada por una dispersión espacial de las actividades económicas a nivel metropolitano, nacional y global, impulsada por la globalización. Si bien, esta dispersión ha generado una demanda por formas de centralización territorial, ya que las actividades económicas requieren lugares estratégicos donde se gestione y controle la globalización. A pesar de la movilidad de los productos, las industrias de información, por ejemplo, aún dependen de una infraestructura física especializada en ubicaciones clave, que concentra servicios y recursos necesarios para su funcionamiento. Así, las ciudades emergen como centros de producción fundamentales para las industrias más avanzadas, como las de información, al ser puntos clave donde se combinan los recursos necesarios para el desarrollo de estas actividades globales (EURE, 1998).

Revolución Industrial

La economía globalizada fue definida por la tercera revolución industrial, un cambio fundamental impulsado por la tecnología y el conocimiento. Esta revolución comenzó a finales del siglo XX y estuvo caracterizada por la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) con el conocimiento, creando una simbiosis que amplificó y transformó los procesos productivos. A diferencia de las anteriores revoluciones industriales, que se centraron en la máquina de vapor y la electrificación, esta nueva era puso al conocimiento en el centro del desarrollo económico. En la economía del conocimiento, el conocimiento y la innovación fueron los motores del crecimiento, sustituyendo a la tecnología tradicional como factor clave de la producción. Esta revolución reconfiguró la economía global, donde la interrelación entre tecnología y conocimiento redefinió los patrones de producción, distribución y consumo (Torrent- Sellens, 2016).

Globalización Moderna

La globalización moderna es un proceso complejo y multifacético, que abarca tanto la dimensión económica como social y política. Aunque existen discrepancias sobre su definición, se puede entender como un fenómeno originado en la interacción económica entre países, resultando en una mayor interconexión a nivel mundial. La globalización no solo implica una mayor integración económica, sino también un intercambio social que afecta diversos aspectos, desde los tratados internacionales hasta las políticas de libre comercio. Sin embargo, este proceso también genera tensiones, como conflictos entre

gobiernos, la soberanía nacional y el libre comercio, que a menudo conducen al proteccionismo o a las guerras comerciales.

En este contexto, el Estado-nación enfrenta nuevos desafíos. La globalización moderna ha reducido las fronteras tradicionales de la soberanía estatal, especialmente en áreas como la regulación económica y la protección social. Si bien el Estado de bienestar social, un modelo político adoptado en muchas democracias liberales, se caracteriza por la intervención estatal en la economía y la provisión de servicios básicos como la salud y la educación, el avance del capitalismo global y la innovación tecnológica pueden superar los límites de la soberanía nacional. La rápida expansión de la comunicación, los datos cifrados y la apertura de los mercados globales han modificado las dinámicas tradicionales de poder y control, debilitando la capacidad del Estado para intervenir en la economía y garantizar el bienestar social.

La creación de la ONU y la Convención Internacional de Derechos Humanos reflejan la necesidad de una gobernanza global que responda a los desafíos que plantea la globalización moderna, buscando establecer un marco que proteja los derechos humanos y promueva la cooperación internacional. Sin embargo, la tensión entre la soberanía estatal y los procesos globalizadores sigue siendo uno de los principales desafíos políticos y económicos en el mundo contemporáneo (Carlos, 2021).

Factores

Los 2 factores con más responsabilidad en la Economía Globalizada son:

a. Tecnológico

El cambio hacia la economía del conocimiento, impulsado por avances tecnológicos, ha transformado la forma en que entendemos y practicamos la economía en un mundo globalizado. La tecnología, especialmente las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), ha pasado de ser un simple instrumento a convertirse en el motor central del crecimiento económico, conectando innovación, productividad y desarrollo.

La economía del conocimiento pone al conocimiento y las capacidades innovadoras de las personas y empresas en el centro del escenario económico, en contraste con la economía industrial. En este contexto, la tecnología no solo mejora la eficiencia, sino que también es el vehículo que permite la creación y difusión de nuevos

conocimientos, promoviendo la productividad y el progreso económico.

Históricamente, el análisis económico de la tecnología fue complicado, ya que la economía clásica veía el cambio técnico como un fenómeno secundario, aunque figuras como Marx y Schumpeter reconocieron su importancia en el desarrollo capitalista. Con el tiempo, la economía ha evolucionado, integrando el conocimiento y la innovación como factores esenciales para el crecimiento. A medida que la globalización ha avanzado, la interrelación entre tecnología y economía ha generado un entorno de innovación constante que define las economías modernas. (Ibarra, 2020)

b. Comercio

Durante los últimos tiempos, el desarrollo económico de los pueblos viene dado por el intercambio de productos que se produce entre ellos, es decir, los bienes o servicios que producen un pueblo pueden ser adquirido por aquellos que no lo producen, produciéndose el intercambio por otro producto u otras formas de pagos, ahora bien, cuando ese intercambio se realiza entre otros países del mundo, estamos ante la presencia del comercio internacional. Es por la importancia que reviste a este intercambio para el crecimiento de los pueblos, que esta investigación se torna útil a fin de para asumir una cosmovisión del comercio internacional, con pinceladas de su epistemología teórica, importancia, ventajas y desventajas, caracterización y realizar de un corto viaje por América Latina.

Para ello se utilizó una metodología basada en el diseño bibliográfico de tipo documental, a través de la cual se realiza una revisión sistemática de artículos científicos para una vez logrado un basamento general del comercio internacional concluir que a pesar de las crisis económicas actuales causadas por eventos mundiales como el Covid-19, el mercado internacional sigue contribuyendo al crecimiento económico, social, político y hasta cultural de los pueblos (Suriaga, 2021).

Principales Actores:

a. Países Desarrollados y Emergentes

En el contexto de la globalización, las economías en desarrollo y emergentes han enfrentado retos y oportunidades únicas relacionadas con la tecnología como motor de progreso. Estas economías, caracterizadas históricamente por niveles bajos de

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

productividad, infraestructura deficiente y acceso limitado al mercado global, han comenzado a posicionarse como actores importantes gracias a la incorporación de tecnología y a estrategias de apertura económica.

b. Transformación impulsada por la tecnología

En países emergentes como India, Brasil y Sudáfrica, la tecnología ha permitido avances significativos en sectores clave.

India: La adopción de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha consolidado su posición como un centro global para la industria del software y los servicios tecnológicos. Esto ha generado empleo, incrementado la productividad y promovido un mercado interno robusto.

Figura 19

Bandera de la India



Nota. La bandera nacional de la India consta de tres franjas horizontales: naranja, blanco y verde, con un Ashoka Chakra (rueda de 24 radios) en el centro. Simboliza la unidad, la paz y el progreso del país. Utilizada con fines educativos para representar la identidad nacional y cultural de la India.

Brasil: La innovación en la agroindustria mediante el uso de tecnologías como la biotecnología ha transformado su capacidad agrícola, convirtiéndolo en uno de los mayores exportadores de alimentos del mundo.

Figura 20

Bandera de Brasil



Nota. La bandera nacional de Brasil presenta un fondo verde con un rombo amarillo y un círculo azul que contiene 27 estrellas y la inscripción "Ordem e Progresso" (Orden y Progreso). Representa la riqueza natural, la unidad y los ideales del país. Utilizada con fines educativos para destacar la identidad nacional y cultural de Brasil.

Sudáfrica: El sector de las energías renovables ha crecido exponencialmente, gracias a la tecnología solar y eólica, contribuyendo a diversificar su economía y reducir su dependencia del carbón.

Figura 21

Bandera de Sudáfrica



Nota. La bandera nacional de Sudáfrica combina seis colores (negro, verde, amarillo, blanco, rojo y azul) que simbolizan la diversidad cultural y la unidad del país. Adoptada en 1994, es un emblema de reconciliación tras el fin del apartheid. Utilizada con fines educativos para destacar la identidad nacional y el contexto histórico de Sudáfrica.

2.5. EL IMPACTO DE LA GLOBALIZACIÓN

La apertura al comercio global y la inversión extranjera han facilitado la transferencia tecnológica hacia estas economías, permitiendo que países como Vietnam y México integren tecnologías avanzadas en manufactura. Por ejemplo:

Vietnam se ha convertido en un hub de producción electrónica, atrayendo empresas como Samsung y Apple, que han implementado tecnología de punta en sus procesos de manufactura local.

México ha aprovechado su proximidad a Estados Unidos para fortalecer su industria automotriz, incorporando robots y software avanzado para mejorar la producción.

Características de la Economía Globalizada

La economía globalizada se refiere a la interconexión de economías nacionales, facilitada por el libre flujo de bienes, servicios, capitales y tecnología. Este fenómeno ha sido impulsado por tratados de libre comercio y el crecimiento de empresas multinacionales, que buscan optimizar costos mediante la deslocalización. La globalización económica ha permitido la expansión del comercio internacional, generando nuevas oportunidades de empleo y reduciendo la pobreza en algunas regiones, aunque también ha creado desafíos como la desigualdad y la pérdida de empleos en otros lugares (DKV, 2024).

La "globalización" económica es un proceso que ha pasado con el tiempo gracias a la innovación humana y los avances tecnológicos. Significa que las economías de todo el mundo están cada vez más conectadas, especialmente a través del comercio y el dinero. A veces, también se habla de la migración de personas (trabajadores) y el intercambio de conocimientos (tecnología) entre países. Además, la globalización tiene efectos en la cultura, la política y el medio ambiente, aunque no se va a hablar de eso aquí.

De forma simple, la globalización no es algo complicado. El término empezó a usarse más desde los años 80, cuando los avances tecnológicos hicieron más fáciles y rápidas las transacciones comerciales y financieras entre países. Se trata de cómo las mismas fuerzas del mercado, que siempre han existido, se extienden más allá de las fronteras, ya sea en mercados rurales, industrias en las ciudades o en los centros financieros (FMI, 2000).

2.6. INTERDEPENDENCIA ECONÓMICA ENTRE PAÍSES

La interdependencia económica entre países se refiere a las relaciones de dependencia

mutua que surgen del intercambio de bienes, servicios y capital. Este fenómeno ha crecido en las últimas décadas, impulsado por la globalización y la inversión extranjera directa. Sin embargo, también conlleva riesgos, como se evidenció durante la pandemia de COVID-19, que interrumpió cadenas de suministro y afectó sectores clave, como el tecnológico (Juan Carlos Botello, 2022). La interdependencia puede fomentar cooperación, pero también puede generar tensiones, especialmente en contextos de conflicto internacional (María del Rosío Barajas, 2014).

Flujo de bienes, servicios, capital y personas

Los flujos de bienes, servicios, capital y personas son interconexiones fundamentales en la economía global. Bienes y servicios se intercambian en mercados donde las empresas venden a los consumidores. Capital se refiere a inversiones que pueden ser nacionales o extranjeras, afectadas por la confianza en la economía local (IPE, 2013).

Personas se mueven por razones laborales o educativas, contribuyendo al intercambio cultural y económico. Estos flujos están interrelacionados y se refuerzan mutuamente, creando un ciclo económico donde los bienes y servicios son producidos y consumidos a nivel mundial, el capital se invierte estratégicamente en mercados en crecimiento y las personas desempeñan roles clave en la economía globalizada. Esto no solo promueve el crecimiento económico, sino que también fomenta la integración de los mercados y las sociedades, lo que resulta en una mayor interdependencia entre las naciones y un impulso al proceso de globalización. Sin embargo, esta interconexión también presenta desafíos, como la desigualdad económica, la vulnerabilidad a crisis globales y el impacto ambiental de la actividad económica. (Jose Ramón Fernández de la Cigüña, 2023).

Papel de las tecnologías en la integración económica

Las tecnologías juegan un papel crucial en la integración económica, facilitando la apertura de mercados y la competitividad. Primero, son esenciales para mejorar la capacidad productiva y la absorción tecnológica de las empresas, lo que permite satisfacer demandas en mercados ampliados. Segundo, las tecnologías digitales reducen costos en logística y trámites, optimizando el comercio internacional. Por último, la integración tecnológica fomenta la creación de un mercado único digital que puede potenciar el comercio electrónico y la cooperación regional (CEPAL, 2016). Esto es vital para el desarrollo sostenible y la competitividad en América Latina y el Caribe (TRES, 2019). En este

contexto, las tecnologías no solo transforman la manera en que las empresas operan, sino que también facilitan la conectividad global, mejorando las oportunidades comerciales y promoviendo la integración económica a nivel regional y mundial.

2.7. IMPACTOS DE LA ECONOMÍA GLOBALIZADA

La economía globalizada tiene impactos significativos tanto positivos como negativos. Entre los beneficios se destacan el crecimiento económico y la creación de nuevos mercados, que han reducido la pobreza en países como China e India. Sin embargo, también genera desigualdades, ya que las ganancias no se distribuyen equitativamente, aumentando la brecha entre ricos y pobres (Blog Ruralvía,2023). Además, la globalización puede provocar precariedad laboral, ya que las multinacionales a menudo eligen mano de obra más barata en países en desarrollo, lo que puede llevar al desempleo en naciones más avanzadas (RedacciónAPD, 2019). Además de los impactos mencionados, la economía globalizada también genera efectos negativos en el medio ambiente, ya que el aumento de la producción y el transporte de bienes contribuye a la contaminación y al agotamiento de recursos naturales. La dependencia económica de los países en desarrollo hacia las potencias económicas puede hacer que estas naciones sean vulnerables a crisis globales, ya que sus economías dependen de las decisiones y fluctuaciones de los mercados internacionales.

Positivos

a. Crecimiento económico global:

El crecimiento económico global muestra señales positivas, con proyecciones de un aumento del 3,1% en 2024 y del 3,2% en 2025, impulsado por la resiliencia en EE. UU. Y economías emergentes. A pesar de la mejora, persisten desafíos como la inflación y la alta deuda. La estabilización económica es alentadora, aunque se mantiene en niveles bajos comparados con promedios históricos. Expertos destacan la importancia de políticas que fomenten un crecimiento sostenible y equitativo (World Economic forum, 2024).

b. Acceso a mercados internacionales:

Acceder a mercados internacionales implica varias estrategias de entrada, como la exportación directa, donde la empresa vende directamente en el extranjero,

manteniendo el control total sobre el proceso (ESIC, 2023). También se puede optar por la exportación indirecta, que se realiza a través de intermediarios, reduciendo riesgos y costos iniciales, siendo ideal para empresas sin experiencia internacional. Otra opción son las operaciones mixtas, como licencias y franquicias, que permiten compartir tecnología o marca con socios locales para facilitar la entrada en mercados más complejos. La elección del método depende de factores como el tipo de producto y los recursos disponibles.

c. **Reducción de costos de producción:**

Para reducir los costos de producción, las empresas pueden aplicar diversas estrategias como negociar mejores precios con los proveedores, realizar un inventario preciso para evitar desperdicios y optimizar el uso de la materia prima. También es útil estandarizar procesos para aumentar la productividad y reducir pérdidas, así como implementar tecnología avanzada para automatizar tareas y mejorar la gestión. La capacitación del personal y ofrecer incentivos puede ayudar a disminuir la rotación y mejorar la eficiencia (Bind ERP, 2024). Además, revisar los costos indirectos, como seguros y transporte, permite identificar alternativas más económicas. También es importante analizar la eficiencia energética y el uso de fuentes renovables, lo que no solo reduce costos a largo plazo, sino que contribuye a la sostenibilidad. La subcontratación de ciertas funciones no esenciales y la mejora de las condiciones de trabajo también pueden optimizar los costos de producción.

Negativos

a. **Desigualdad económica entre países y dentro de ellos:**

La desigualdad económica se refiere a la disparidad en la distribución de ingresos y riqueza, tanto entre países como dentro de ellos. A nivel global, el 1% más rico posee más riqueza que el 99% restante, con países como Zambia, Honduras y Haití mostrando altos niveles de desigualdad (Begoña Rodríguez Pecino, 2019).

Dentro de los países, factores como el acceso desigual a la educación y la política fiscal contribuyen a aumentar esta brecha (Kristalina Georgieva, 2024). La pandemia de COVID- 19 exacerbó la desigualdad, afectando especialmente a las poblaciones más vulnerables. Para abordar este problema, se requieren políticas inclusivas que promuevan la equidad en recursos y oportunidades.

b. Deslocalización de empleos:

La deslocalización de empleos se refiere al traslado de procesos productivos o funciones laborales a otros países, principalmente para reducir costos y aumentar la eficiencia. Este fenómeno, impulsado por la globalización, permite a las empresas acceder a mano de obra más barata y mercados extranjeros (Gianmarco Ottaviano,2022). Sin embargo, también provoca desempleo en el país de origen y puede generar condiciones laborales precarias en el destino. Aunque puede crear nuevos empleos, estos suelen requerir mayores habilidades, lo que puede polarizar el mercado laboral.

b. Impacto ambiental derivado de la industrialización y comercio global: La industrialización y el comercio global tienen un impacto ambiental significativo, ya que generan contaminación a través de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes que afectan el aire, el agua y el suelo, debido tanto a los procesos industriales como al transporte de mercancías a largas distancias (OFTEX,2024). Además, la explotación insostenible de recursos naturales, como madera y minerales, impulsada por la alta demanda global, provoca deforestación y pérdida de biodiversidad. Todo esto contribuye al cambio climático, ya que el aumento de las emisiones de CO₂ y otros gases acelera el calentamiento global, afectando negativamente los ecosistemas y las comunidades.

2.8. DESAFÍOS DE LA ECONOMÍA GLOBALIZADA

Una economía globalizada trae consigo un conjunto complejo de desafíos que afectan a países e individuos. Uno de los principales problemas es la desigualdad económica, que ha aumentado tanto dentro como entre los países, ya que, si bien algunas regiones y sectores se han beneficiado de la integración global, otros han quedado atrás, creando una brecha más amplia. Esto está directamente relacionado con el desempleo y la inseguridad laboral, ya que la reubicación industrial y la subcontratación del trabajo a países con costos más bajos conducen a la pérdida de empleos bien remunerados en los países desarrollados, mientras que la calidad del empleo en los países en desarrollo suele ser inferior.

A su vez, el impacto sobre el medio ambiente ha aumentado debido al uso excesivo de los recursos naturales y la contaminación causada por el creciente comercio global,

exacerbando el cambio climático y la degradación ambiental. Además, la interconexión de los mercados ha llevado a la rápida propagación de crisis financieras como la de 2008 en todo el mundo, lo que demuestra la vulnerabilidad global a las fluctuaciones económicas, y la falta de una supervisión adecuada ha exacerbado este riesgo.

En términos de geopolítica, el surgimiento de nuevas economías ha alterado las relaciones de poder tradicionales, particularmente entre las principales economías occidentales y países como China e India, creando tensiones comerciales y desafíos para la construcción de alianzas. Finalmente, la homogeneización cultural es otro desafío, ya que la globalización, al promover el intercambio y la difusión culturales, puede socavar la cultura local y la identidad nacional y amenazar la unidad de la diversidad cultural. Todos estos factores están interrelacionados y requieren una reflexión profunda sobre cómo gestionar de manera sostenible y justa los beneficios y riesgos de una economía globalizada.

2.9. PROBLEMAS ECONÓMICOS COMO CRISIS FINANCIERAS GLOBALES

La crisis financiera mundial fue un evento económico que afectó a varios países y mercados y provocó una severa recesión debido a una serie de factores interrelacionados. Las principales razones son la especulación excesiva con activos financieros como bienes raíces o acciones, que crea burbujas que eventualmente estallan y afectan a toda la economía. Otro factor importante es el endeudamiento excesivo de gobiernos, empresas o individuos, que al no poder cumplir con sus obligaciones, puede conducir a quiebras superpuestas que afectan a otros sectores. Además, la falta de una regulación financiera adecuada y de un marco legal sólido ha llevado a la creación de productos de alto riesgo que pueden desestabilizar los mercados.

La fuga de capitales y el pánico generalizado de los inversores también exacerbaron la crisis, provocando ventas masivas de activos y un colapso de la confianza en el sistema financiero. Ejemplos históricos de crisis globales incluyen la Gran Depresión de 1929 que afectó a Estados Unidos. En Estados Unidos y Europa, la crisis financiera asiática ocurrió en Tailandia en 1997 y la crisis financiera global causada por el colapso del mercado inmobiliario estadounidense en 2007-2008. año. Las consecuencias de estas crisis son el aumento del desempleo, la pérdida de riqueza entre los ciudadanos y las instituciones financieras y la implementación de medidas gubernamentales como la nacionalización de

los bancos, la flexibilización monetaria y los programas de estímulo económico. Asimismo, las crisis tienden a empeorar la desigualdad económica, que afecta principalmente a los grupos más vulnerables de la sociedad.

Se han adoptado diversas estrategias para prevenir o mitigar los efectos de la crisis, como reformas regulatorias en los mercados financieros, diversificación del riesgo de inversión y mayor cooperación internacional, como lo reflejan instituciones como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Monetario Internacional. Financiar. El Banco Mundial trabaja para estabilizar la economía global en medio de la incertidumbre económica. (CLASIFICACIÓN DE INSTITUCIONES DE SCIMAGO, 2020).

Desigualdad y pobreza en los países menos desarrollados

La desigualdad y la pobreza en los países menos adelantados son fenómenos interrelacionados y multifacéticos que reflejan profundas diferencias económicas, sociales y políticas. En estos países, la desigualdad se manifiesta principalmente como un acceso desigual a recursos básicos como la educación, la salud y las oportunidades de empleo. A pesar de cierto progreso económico, los beneficios del crecimiento se han distribuido de manera desigual: las elites concentran la mayor parte de la riqueza, mientras que grandes sectores de la población, particularmente en áreas rurales o grupos marginados, siguen excluidos de los beneficios del desarrollo.

Esta situación se ve exacerbada aún más por la desigualdad de género, donde las mujeres enfrentan barreras sociales, educativas y laborales que limitan su acceso a recursos y oportunidades. La falta de infraestructura como agua potable, electricidad y transporte también contribuye a esta desigualdad, ampliando la brecha entre las zonas urbanas y rurales. Por otro lado, la pobreza no es sólo la falta de ingresos, sino también la falta de servicios básicos y una mayor vulnerabilidad a los desastres naturales, las crisis económicas y los conflictos. La dependencia de sectores primarios como la agricultura es muy vulnerable a externalidades como el cambio climático, y la falta de empleo decente y de acceso a servicios básicos refuerza los ciclos de pobreza y limita las oportunidades de movilidad social. En este contexto, la pobreza y la desigualdad se transmiten de generación en generación, afectando el desarrollo sostenible de estos países y provocando una ampliación de la brecha global entre los países desarrollados y menos desarrollados.

Soberanía económica vs. Globalización

Soberanía económica y globalización son dos conceptos que, aunque relacionados, pueden entrar en conflicto ya que afectan el control y la autonomía del Estado. La soberanía económica se refiere al derecho de un país a gestionar sus propios recursos y políticas económicas, priorizar la prosperidad interna y perseguir el desarrollo nacional sin coerción externa. Este principio incluye la capacidad de tomar decisiones sobre comercio, regulación financiera y protección de los recursos naturales para asegurar la estabilidad y el progreso del país.

Sin embargo, la globalización se entiende como la creciente interconexión entre los mercados, la tecnología y la cultura globales, que promueve la interdependencia económica de las naciones. Las dinámicas de la globalización, como el aumento del comercio internacional, la inversión extranjera y la expansión de las corporaciones multinacionales, han contribuido a la apertura de los mercados, pero también han reducido la autonomía de los estados para aplicar políticas económicas que no responden al interés global. Por ejemplo, las políticas comerciales internacionales, los acuerdos de libre comercio y la regulación de instituciones globales como el Fondo Monetario Internacional y la Organización Mundial del Comercio a menudo limitan la toma de decisiones nacionales, lo que obliga a los países a adaptar sus estrategias económicas a las necesidades de los mercados globales, lo que puede conducir a compensaciones.

Los intereses económicos, al tiempo que se protegen y preservan, surgen tensiones entre ellos. Por lo tanto, los países deben equilibrar la capacidad de tomar decisiones independientes con la necesidad de integrarse y competir en un entorno económico cada vez más globalizado (Lascurain, 2022).

Sostenibilidad y Futuro de la Economía Globalizada

La sostenibilidad y el futuro de la economía globalizada están estrechamente vinculados a la necesidad de equilibrar el crecimiento económico con la protección de los recursos naturales y la equidad social en un mundo cada vez más interconectado. A medida que la globalización impulsa un rápido crecimiento económico, siguen surgiendo desafíos importantes como el cambio climático, la deforestación, la contaminación y la pérdida de biodiversidad, que requieren una cooperación internacional eficaz.

En este sentido, la transición hacia una economía verde basada en la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la economía circular se considera una solución clave para

reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y promover el reciclaje de materiales. Al centrarse en maximizar el uso de los recursos y reducir los residuos, la economía circular ofrece una manera de transformar los sistemas de producción globales en un modelo más sostenible.

Además, las prácticas empresariales responsables, la promoción de tecnologías limpias y una mayor conciencia sobre el consumo responsable son esenciales para garantizar que el desarrollo económico no agote los recursos del planeta y aumente la desigualdad social. Por lo tanto, el desarrollo sostenible no es sólo un problema ambiental, sino también un requisito económico y social que requiere cambios fundamentales en los sistemas de producción, las políticas nacionales y la dinámica del consumo global.

Propuestas para una globalización más justa y sostenible

Si bien la globalización ha traído beneficios económicos, también ha creado desigualdades sociales, económicas y ambientales, y se necesitan recomendaciones para hacerla más equitativa y sostenible. En este sentido, es necesario reformar la política comercial internacional para garantizar un acceso justo a los mercados para los países en desarrollo y eliminar barreras comerciales injustas, como los subsidios agrícolas en los países desarrollados. Además, se deben implementar políticas de redistribución de la riqueza, como impuestos progresivos y programas de bienestar social, para apoyar a los más vulnerables y fortalecer las pequeñas y medianas empresas. La integración de la globalización y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es esencial para promover la transición hacia una economía baja en carbono, el uso sostenible de los recursos naturales y la mejora de las infraestructuras sociales.

Al mismo tiempo, las comunidades locales deben poder participar en la toma de decisiones globales y sus culturas y economías deben protegerse mediante medidas locales. La revisión de los acuerdos ambientales internacionales es esencial para detener la degradación ecológica, lo que requiere una regulación más estricta de las emisiones contaminantes y la promoción de tecnologías limpias. La educación global es otra piedra angular que puede crear conciencia sobre la importancia del espacio y la sostenibilidad para las generaciones futuras, mientras que se debe alentar a las grandes empresas a adoptar modelos de negocio responsables y transparentes que prioricen el bienestar social y ambiental.

Finalmente, se deben fortalecer instituciones internacionales como las Naciones Unidas, la

Organización Mundial del Comercio y el Fondo Monetario Internacional para promover políticas que promuevan el desarrollo equitativo y la protección ambiental. Para hacer frente a los desafíos globales del siglo XXI y equilibrar el crecimiento económico con la justicia social y el respeto por el planeta, una globalización más justa y sostenible no sólo es posible, sino también necesaria.

Integración de prácticas responsables con el medio ambiente y la sociedad

La base de prácticas responsables integradas en el medio ambiente y la sociedad es un enfoque sostenible que intenta equilibrar el desarrollo económico con la protección de los recursos naturales y el bienestar de la sociedad. Este enfoque incluye la responsabilidad ambiental, que incluye la reducción del impacto negativo de la actividad humana en la naturaleza mediante la reducción de la huella de carbono, la gestión adecuada de residuos y la eficiencia energética, y la responsabilidad social, que se centra en garantizar que las actividades empresariales y sociales respeten los derechos humanos y promuevan la igualdad social, apoyar el desarrollo local. Las prácticas comerciales sostenibles son clave para este proceso, ya que requieren que las empresas adopten tecnologías limpias, hagan más eficientes los procesos de producción y promuevan la inclusión y la diversidad.

Por otro lado, la educación y la sensibilización juegan un papel decisivo, ya que es necesario enseñar a las generaciones futuras a vivir de forma responsable en términos de consumo y actitud hacia el medio ambiente y la sociedad. Las políticas públicas y la regulación son esenciales para fomentar esta práctica a través de incentivos fiscales y regulaciones ambientales que promuevan la sostenibilidad, mientras que el desarrollo de tecnologías verdes puede introducir soluciones innovadoras que reduzcan el impacto ambiental y optimicen el uso de los recursos.

Finalmente, la cooperación global es esencial para enfrentar los desafíos que plantean estos temas, ya que los países deben trabajar juntos para compartir conocimientos, establecer objetivos comunes y garantizar que las prácticas responsables se implementen de manera equitativa. Juntos, estos esfuerzos nos permiten avanzar hacia un futuro más sostenible y equitativo en el que el progreso económico, la protección ambiental y el bienestar social sean interdependientes y se refuercen mutuamente.

2.10. EL PAPEL DE LA DIGITALIZACIÓN Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL FUTURO DE LA GLOBALIZACIÓN

La digitalización y las nuevas tecnologías están cambiando fundamentalmente el futuro de la globalización, cambiando las operaciones del mercado, las operaciones de la cadena de suministro y la forma en que las personas interactúan en todo el mundo. Tecnologías como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y la cadena de bloques están redefiniendo los modelos de negocio, permitiendo a las empresas ingresar más rápido a los mercados internacionales y operar de manera más eficiente sin las barreras geográficas tradicionales. La automatización y la inteligencia artificial mejoran la producción y la logística, promueven cadenas de suministro globales más flexibles y conectadas, optimizan los costos y los tiempos de entrega.

La digitalización, por otro lado, promueve una cooperación global más amplia utilizando plataformas de comunicación y herramientas de colaboración, asegurando el intercambio de conocimientos y el trabajo en tiempo real independientemente de la ubicación geográfica, promoviendo así la innovación a escala global. Sin embargo, este progreso tecnológico también crea desafíos importantes, como la necesidad de adaptarse a nuevas habilidades laborales y a la reestructuración de la fuerza laboral, ya que la automatización puede reemplazar los empleos tradicionales y requerir más empleos digitales.

Además, a medida que los sistemas globales están cada vez más interconectados, aumentan las preocupaciones sobre la ciberseguridad y la privacidad, lo que obliga a los gobiernos a crear un marco legal y ético para regular estas nuevas tecnologías. La digitalización también plantea desafíos culturales, ya que facilita el intercambio cultural global instantáneo a través de plataformas digitales, pero también puede crear tensiones y desequilibrios en las identidades locales. En resumen, la digitalización acelera la globalización y brinda oportunidades sin precedentes para la expansión económica, la innovación y la cooperación, pero también crea desafíos en términos de equidad, seguridad y adaptación al cambio tecnológico que deben abordarse para garantizar una globalización inclusiva y sostenible.

Tratados Internacionales NAFTA:

El tratado de NAFTA

La integración comercial entre Canadá y Estados Unidos tiene sus raíces en 1965, con la firma del Pacto Automotor, un acuerdo que favoreció el comercio de automóviles y

autopartes entre ambos países. Este pacto sentó las bases para una mayor cooperación económica en la región.

Participación de México

Inspirado por estos avances, el gobierno mexicano diseñó un programa para fomentar la industrialización del norte del país, introduciendo las industrias maquiladoras, que aprovecharon su proximidad a Estados Unidos para producir bienes destinados a la exportación.

En junio de 1990, el presidente de México, Carlos Salinas de Gortari, y su homólogo estadounidense, George H. W. Bush, acordaron iniciar negociaciones para un acuerdo de libre comercio bilateral. Este acuerdo inicial atrajo la atención de Canadá, que posteriormente se unió a las negociaciones.

En 1991, los mandatarios de los tres países anunciaron su decisión de trabajar en un tratado trilateral. Las negociaciones avanzaron rápidamente, y en junio de ese mismo año tuvo lugar la primera reunión ministerial. Finalmente, las negociaciones concluyeron el 11 de agosto de 1992, momento en el cual los textos fueron revisados por los responsables de comercio: Jaime Serra Puche (México), Michael Wilson (Canadá) y la embajadora Carla Hills (Estados Unidos) (NAFTA, s.f).

T-MEC:

Bajo el principio de "America First", el expresidente Donald Trump impulsó un nuevo tratado comercial, conocido como el U.S.-Mexico-Canada Agreement (USMCA en inglés, T-MEC en México), para frenar la fuga de empleos e inversiones hacia México debido a sus bajos salarios. Esta preocupación también fue compartida por Justin Trudeau en Canadá. Como respuesta, el T-MEC incluyó medidas significativas, como el incremento de contenido regional en la industria, una regla de contenido laboral y un extenso apartado sobre derechos laborales, con enfoque especial en México.

Figura 22

Bandera de México



Nota. La bandera nacional de México está compuesta por tres franjas verticales de colores verde, blanco y rojo, con el escudo nacional en el centro. El escudo representa un águila posada sobre un nopal, devorando una serpiente, basado en una antigua leyenda azteca. Utilizada con fines educativos para destacar la identidad cultural e histórica de México.

Para cumplir con estas nuevas disposiciones, el gobierno mexicano, bajo la administración de Andrés Manuel López Obrador, realizó reformas a la Ley Federal del Trabajo, alineándose con los Principios y Derechos Fundamentales en el Trabajo de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Además, otorgó incrementos salariales consecutivos durante tres años, marcando el inicio de un nuevo modelo de relaciones laborales.

Impacto en la Industria Automotriz

El T-MEC establece una normativa más estricta en la industria automotriz, considerado uno de los sectores con mayor potencial de impacto económico según el estudio TPA 105- 003 de la Comisión Internacional de Comercio de Estados Unidos (U.S. ITC). Este sector debe cumplir con mayores requisitos de contenido regional y laboral, asegurando beneficios netos para las economías participantes, especialmente para Estados Unidos.

Hacia un Nuevo Modelo Laboral en México

La eficacia del T-MEC dependerá de cómo México implemente un modelo laboral que elimine prácticas como los contratos de protección y el sindicalismo de simulación, creando una cultura de respeto a los derechos laborales y de mejora salarial. Esto resulta esencial para la integración efectiva en la nueva etapa económica regional.

Evolución de las Disposiciones Laborales en los Tratados de Libre Comercio

El T-MEC representa la tercera generación de reglas laborales en tratados comerciales liderados por Estados Unidos. Estas generaciones se distinguen de la siguiente manera:

- a. **Primera generación (TLCAN):** Las disposiciones laborales se limitaron a un acuerdo paralelo con lenguaje no vinculante.
- b. **Segunda generación:** Incluye acuerdos como el Tratado de Libre Comercio con Colombia (2006), donde se establecieron reglas más detalladas y mecanismos de cumplimiento.
- c. **Tercera generación (T-MEC):** Introduce disposiciones laborales obligatorias, con mecanismos vinculantes más robustos, garantizando el respeto a los derechos laborales y la prohibición de políticas que los socaven para atraer inversiones.

Fuerzas de Cambio y Retos

El éxito del T-MEC estará determinado por la capacidad de México para implementar y cumplir con estas disposiciones laborales. Por un lado, las reglas laborales avanzadas del tratado impulsan un cambio hacia mejores condiciones para los trabajadores; por otro, existen fuerzas que podrían resistir este cambio.

El Derecho de La Unión Europea

El Derecho de la Unión Europea constituye uno de los pilares esenciales para la integración europea, funcionando como un marco jurídico que regula el funcionamiento de la Unión y las relaciones entre sus Estados miembros. Este sistema jurídico es una de las principales fortalezas de la Unión Europea, especialmente en tiempos de incertidumbre y desafíos globales.

Bases Constitucionales de la Unión Europea

El Derecho de la Unión Europea establece las bases constitucionales que definen la naturaleza de la Unión y su sistema institucional. Este marco regula:

- a. El reparto de competencias entre la Unión y los Estados miembros, estableciendo áreas exclusivas, compartidas y de apoyo.
- b. La distribución del poder entre las distintas Instituciones europeas, como la Comisión Europea, el Parlamento Europeo, el Consejo de la Unión Europea y el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE).
- c. Los derechos fundamentales, que constituyen un eje central en el funcionamiento de la Unión y están recogidos en la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea.

Desarrollos Recientes

En los últimos años, el Derecho de la Unión Europea ha enfrentado importantes retos y ha evolucionado para adaptarse a nuevas realidades, entre las cuales destacan:

- **Impacto de la pandemia de la COVID-19:** La crisis sanitaria impulsó la adopción de medidas normativas y económicas sin precedentes, como el fondo de recuperación Next Generation EU, que refuerza la solidaridad entre los Estados miembros.
- **Retirada del Reino Unido (Brexit):** La salida del Reino Unido de la Unión Europea marcó un hito histórico, alterando las dinámicas institucionales y jurídicas. Se han desarrollado acuerdos como el Tratado de Comercio y Cooperación para regular las relaciones posteriores.
- **Procedimientos de salvaguarda del Estado de Derecho:** La Comisión Europea ha instado procesos contra países como Polonia y Hungría debido a preocupaciones relacionadas con la independencia judicial y el respeto a los valores fundamentales de la Unión.

2.11. JURISPRUDENCIA DEL TRIBUNAL DE JUSTICIA DE LA UNIÓN EUROPEA (TJUE)

El TJUE ha desempeñado un papel crucial en la interpretación y aplicación del Derecho de la Unión. Entre los desarrollos más recientes, destacan:

- a. El fortalecimiento de los derechos fundamentales, garantizando su respeto tanto por las instituciones de la Unión como por los Estados miembros.
- b. El sistema de fuentes del Derecho de la Unión, reafirmando la primacía del Derecho de la Unión sobre las legislaciones nacionales.
- c. El control de los Estados miembros, especialmente en temas como el Estado de Derecho y la protección de datos personales. (Pons, 2020)

RCEP:

La Asociación Económica Integral Regional (RCEP, por sus siglas en inglés) es un acuerdo de libre comercio firmado el 15 de noviembre de 2020 por 15 países de la región Asia-Pacífico, el cual entró en vigor en enero de 2022. Este acuerdo está compuesto por los 10 países de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) y cinco socios estratégicos de la región (Australia, China, Corea del Sur, Japón y Nueva Zelanda). Desde

su inicio, la RCEP ha generado debates en los medios de comunicación y en la comunidad científica debido a su potencial impacto en las relaciones comerciales y económicas de Asia-Pacífico y en el estado de la integración global.

El Contexto Global de la RCEP

La RCEP es una de las alianzas comerciales más influyentes en el ámbito mundial, dada la enorme fuerza económica de sus miembros. Según los últimos datos oficiales, al finalizar 2022, la asociación representaba aproximadamente:

- 29% de la población mundial (alrededor de 2.300 millones de personas). 29,1% del PIB global, lo que equivale a unos 29,4 billones de dólares.
- 26% del comercio mundial de bienes y servicios, alrededor de 15,7 billones de dólares.

Estas cifras colocan a la RCEP en una posición destacada frente a otros acuerdos clave, como el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), la Unión Europea (UE), el Acuerdo del Área Continental Africana de Libre Comercio (AFCFTA) y el Mercado Común del Sur (Mercosur).

- El 29% del PIB mundial de la RCEP es un 0,38% superior al del T-MEC.
- Un 12,93% más que el de la Unión Europea.
- Un 26,36% más que el del AFCFTA.
- Un 26,43% más que el del Mercosur.

La RCEP también lidera globalmente en términos de otros indicadores económicos, consolidándose como una de las principales fuerzas comerciales internacionales.

Las Negociaciones y el Marco Jurídico de la RCEP

La RCEP no solo tiene implicaciones económicas, sino que también plantea un interesante desafío desde el punto de vista jurídico. El acuerdo aborda diversas áreas fundamentales para las relaciones comerciales, incluyendo:

- Marco Institucional:** La RCEP establece un sistema de gobernanza que coordina las políticas comerciales y regula las interacciones entre los países miembros.
- Regla de Decisión:** La toma de decisiones dentro de la RCEP se organiza a través de un sistema común, con normas claras para la resolución de disputas.
- Fuentes Jurídicas:** El acuerdo se basa en un conjunto de principios y reglas acordadas entre los países miembros, alineándose con las normativas del sistema

multilateral de comercio.

- d. **Sistema de Solución de Controversias:** La RCEP incluye un mecanismo de solución de controversias para garantizar que se resuelvan los desacuerdos de manera eficiente y justa entre los países firmantes.

Impacto Futuro y Perspectivas de la RCEP

La RCEP se presenta como una de las alianzas comerciales más grandes y dinámicas, con el potencial de alterar las dinámicas de comercio global en las próximas décadas. Su éxito dependerá de la implementación efectiva de sus disposiciones y de la cooperación continua entre los países miembros para adaptar el acuerdo a los cambios económicos globales y regionales (Cienfuegos, 2024).

La economía globalizada ha reconfigurado profundamente la interacción entre naciones, impulsando una expansión del comercio y una integración de mercados a través de acuerdos multilaterales y bilaterales, como el T-MEC y la RCEP. Estos tratados han reducido barreras arancelarias, promoviendo un flujo de bienes, servicios y capitales más libre y eficaz, a la vez que han facilitado el crecimiento de economías emergentes, ofreciendo a los países en desarrollo oportunidades para aumentar su competitividad y mejorar su infraestructura. Sin más, este proceso no ha estado exento de críticas, pues ha generado desigualdades económicas, explotación laboral y un impacto negativo en el medio ambiente, aspectos que han llevado a cuestionar los efectos de la globalización en los derechos humanos y en la soberanía de los países.

A pesar de estos desafíos, la globalización ha permitido que los mercados internacionales se diversifiquen y crezcan, pero también ha intensificado las tensiones geopolíticas, como se ha evidenciado en el caso de la guerra comercial entre EE. UU. Y China. En este contexto, se hace necesario replantear cómo gestionar la globalización de manera más equitativa y sostenible, garantizando que los beneficios del comercio global no se concentren solo en las economías más fuertes, sino que beneficien a todas las naciones, especialmente a aquellas en vías de desarrollo.

2.12. PRODUCCIÓN Y COMERCIO NACIONAL E INTERNACIONAL

Producción Nacional

La producción nacional se refiere a la estructura y dinámica de los sectores económicos

dentro de un país, influenciada por factores internos y externos. En un mundo globalizado, las redes de producción transnacionales juegan un papel crucial en la configuración de estas estructuras:

Transformaciones y Estructuras de Producción

Las estructuras de producción nacional pueden ser analizadas mediante un enfoque de redes, que permite identificar las similitudes y transformaciones en las economías nacionales dentro de redes de producción globales. Este enfoque ayuda a clasificar las economías en diferentes tipos estructurales y a entender las transformaciones significativas, como las observadas durante la ampliación hacia el este de la UE (Nordlund, 2023).

Estabilidad de la Producción Alimentaria

La estabilidad de la producción alimentaria nacional es esencial para evitar caídas bruscas en la disponibilidad de alimentos. La diversidad de cultivos a nivel nacional se ha identificado como un factor clave para aumentar la estabilidad temporal de la cosecha total, contrarrestando los efectos desestabilizadores de la variabilidad climática (Mahaut et al., 2021; Renard & Tilman, 2019a). La diversidad de cultivos puede reducir la frecuencia de pérdidas significativas en las cosechas anuales, incluso cuando se controlan variables como la irrigación y la fertilización (Renard & Tilman, 2019b).

Producción Nacional y Redes de Producción Globales

Las redes de producción globales han transformado las posibilidades de desarrollo económico nacional, especialmente en economías en desarrollo. Estas redes pueden influir en la estructura social y política de un país, como se ha observado en el caso de Dongguan, China, donde la integración en redes de producción globales ha coexistido con intervenciones estatales para mantener un marco institucional nacional (Rolf, 2019).

Producción Nacional vs. Producción Local

La eficiencia de la producción a nivel nacional en comparación con la local puede variar. En algunos casos, la producción nacional puede ser más eficiente debido a economías de escala, aunque ni las operaciones locales ni las nacionales siempre operan a una escala eficiente, lo que sugiere la necesidad de considerar la privatización o la externalización (McAndrew, 2018).

Evolución histórica de la producción agrícola en Perú

La evolución histórica de la producción agrícola en Perú es un tema complejo que abarca

desde los primeros desarrollos agrícolas pre cerámicos hasta las políticas agrícolas modernas. Este análisis se centra en cómo la agricultura ha evolucionado a lo largo de los siglos en respuesta a factores ecológicos, sociales y económicos.

Introducción de Cultivos y Sistemas Agrícolas

La introducción del trigo en Lima durante el período colonial es un ejemplo significativo de la influencia europea en la agricultura peruana. Este cultivo fue introducido exitosamente en el siglo XVI como parte del intercambio colombiano, pero experimentó un colapso a finales del siglo XVII debido a factores ecológicos y económicos, como el desarrollo de mercados de granos y la influencia de una clase mercantil en ascenso (Bell, 2018).

Desarrollo Pre cerámico y Sistemas de Riego

La agricultura en Perú tiene raíces profundas, con evidencia de canales de riego pre cerámicos que datan de hace 5,400 a 6,700 años. Estos sistemas de riego en los Andes del norte de Perú indican una manipulación temprana del medio ambiente para la producción de alimentos, lo que permitió el desarrollo de sociedades más sedentarias y organizadas (Dillehay et al., 2005). Además, el uso temprano de cultivos como el maní, la calabaza y el algodón en el norte de Perú sugiere que las economías hortícolas se establecieron hace aproximadamente 10,000 años (Dillehay et al., 2007).

Impacto de Fenómenos Naturales

La costa norte de Perú, a pesar de su aridez, ha sido un centro de sociedades agrícolas durante milenios. La interacción con fenómenos como El Niño ha sido crucial, ya que las inundaciones periódicas han contribuido a la biodiversidad local y a la resiliencia de los sistemas agrícolas prehispánicos, como se observa en el caso de la Pampa de Mocan (Caramanica, 2022).

Políticas Agrícolas y Modelos de Desarrollo

Desde mediados del siglo XX, Perú ha experimentado diversos modelos de desarrollo agrícola, desde la diversificación de exportaciones primarias hasta la promoción de exportaciones no tradicionales. Estas estrategias han influido en la producción y productividad agrícola, reflejando la dependencia de Perú en los mercados internacionales (Velazco & Pinilla, 2018). En el período 2010-2014, las exportaciones agrícolas peruanas crecieron significativamente, impulsadas por políticas gubernamentales, acuerdos comerciales y proyectos de irrigación (Vásquez & Alexandra, 2016).

Diversificación de la producción agrícola en el Perú

La diversificación de la producción agrícola en Perú es un tema crucial para mejorar la resiliencia y sostenibilidad del sector agrícola frente a desafíos como el cambio climático y la dependencia de mercados específicos.

Estrategias de Diversificación

- a. **Diversificación de Cultivos:** En las regiones andinas, los agricultores han respondido a la variabilidad climática aumentando la diversidad de cultivos, lo que mejora la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a condiciones ambientales heterogéneas (Ponce, 2020). La diversificación genética y la adaptación de cultivos como la quinua son estrategias clave para enfrentar cambios globales (Ruiz & Bazile, 2017).
- b. **Diversificación de Exportaciones:** La diversificación de mercados es esencial para reducir la dependencia de mercados específicos, como el estadounidense, en productos como los espárragos y los arándanos (Nina Quispe et al., 2024a). En Moquegua, la diversificación de exportaciones agrícolas no tradicionales ha ayudado a reducir la dependencia de la industria minera (Delgado & Olausson, 2014).

Impacto Económico y Competitividad

- a. **Competitividad en Exportaciones:** Perú ha mostrado un crecimiento notable en la exportación de productos como uvas y arándanos, aunque enfrenta desafíos en la diversificación de mercados y exportadores (Nina Quispe et al., 2024b). La diversificación de mercados es crucial para mantener la competitividad y estabilidad en el comercio internacional (Nina Quispe et al., 2024c).

Tabla 1

Exportación de uva desde el 2013 hasta el 2022

Table 1. Peruvian grape exports.										
Year	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
FOB value USD Millions	446	647	695	661	667	828	1019	1221	1263	1381
Net Weight Thousand Tons	180	272	312	295	276	354	432	514	518	560
Avg. Price USD/kg	2.06	1.53	1.64	1.90	1.04	1.38	2.53	2.13	2.99	1.10
Number of Companies	119	155	179	169	145	153	160	138	147	127
Number of Markets	58	66	64	60	60	56	59	57	58	53

Nota. Nina Quispe et al., 2024.

- b. Transformación Estructural:** La diversificación de productos agrícolas no tradicionales puede contribuir a una transformación estructural de la economía peruana, disminuyendo la dependencia de productos primarios y aumentando la sofisticación de los bienes producidos (Delgado & Olausson, 2014; Velazco & Pinilla, 2018).

La minería en el Perú: contexto histórico y situación actual. Contexto Histórico de la Minería en Perú

La minería en Perú tiene una larga historia que se remonta a la época colonial, cuando se extraían principalmente oro, plata y mercurio. Durante el periodo colonial, la producción de oro se centraba en placeres, mientras que la plata y el mercurio se extraían de distritos específicos como Hualgayoc y Huancavelica (Benavides, 1990).

Tras un periodo de estancamiento post-independencia, la industria minera peruana comenzó a prosperar a principios del siglo XX, impulsada por inversiones extranjeras y el desarrollo de la industria minera local (Benavides, 1990). Sin embargo, desde 1968, la minería en Perú ha enfrentado desafíos debido a la nacionalización de empresas extranjeras y regulaciones más restrictivas (Benavides, 1990).

Figura 23

Minería en Perú



Nota. La imagen representa la actividad minera en el Perú, destacando su importancia económica y su impacto en el desarrollo regional. Incluye elementos como trabajadores, maquinaria pesada y un mapa del país, simbolizando la relevancia de la minería en diversas regiones peruanas. Utilizada con fines educativos para analizar la industria minera y sus

implicancias sociales y ambientales.

Perú es el mayor productor de oro en América Latina desde 1996, con importantes minas a cielo abierto en las regiones de Ancash, Cajamarca y La Libertad (Triscritti, 2013). La minería ha sido un motor económico significativo, especialmente durante el auge de los precios de los commodities en los años 2000, lo que llevó a un aumento en las exportaciones mineras y a la implementación de un sistema de reparto de ingresos entre el gobierno nacional y los gobiernos sub nacionales (Bahlburg, 2023).

Conflictos Sociales y Ambientales

La expansión de la minería ha generado conflictos sociales, especialmente relacionados con el uso y la calidad del agua, que son percibidos como factores clave en las oposiciones comunitarias (Salem et al., 2018). Estos conflictos se ven exacerbados por la falta de comunicación efectiva entre los sistemas de conocimiento del sector minero y las poblaciones locales (Bebbington & Bury, 2009). Además, la minería ha contribuido a la desigualdad de consumo dentro de los distritos mineros, lo que alimenta el descontento social (Loayza & Rigolini, 2016).

Gobernanza y Sostenibilidad

La gobernanza de la minería en Perú ha sido influenciada por factores económicos y políticos desde el siglo XIX, con intentos de introducir cambios institucionales positivos para mejorar la sostenibilidad y la participación indígena (Sanborn et al., 2017). Sin embargo, la inestabilidad política ha dificultado la efectividad de estas instituciones (Sanborn et al., 2017). La minería sostenible requiere un marco democrático mejorado y una gestión pública más atenta de los recursos naturales (Triscritti, 2013).

Desafíos y Direcciones Futuras

El principal desafío para la minería en Perú es equilibrar el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental y social. La industria enfrenta una fuerte oposición comunitaria debido a su historial de no promover un desarrollo sostenible (Cedron & Catholic, 2012). Para mejorar su imagen, se están considerando alternativas como convertir antiguas minas históricas en atracciones turísticas (Cedron & Catholic, 2012). Además, es crucial mejorar la comunicación y la colaboración entre las empresas mineras y las comunidades locales para mitigar los conflictos y promover un desarrollo más inclusivo (Bebbington & Bury, 2009; Salem et al., 2018).

Industria textil y confecciones

La industria textil y de confecciones es un sector crucial a nivel global, no solo por su impacto económico y social, sino también por sus significativos desafíos ambientales. Este sector enfrenta la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles y eficientes para mitigar su impacto negativo en el medio ambiente y mejorar su sostenibilidad a largo plazo.

Economía Circular en la Industria Textil

La implementación de la economía circular (EC) en la industria textil y de confecciones es vista como una solución para mejorar la sostenibilidad. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos, como la falta de recursos financieros, tecnológicos y humanos, así como la indiferencia de los consumidores hacia la sostenibilidad. Para superar estos obstáculos, se requiere un enfoque holístico que involucre esfuerzos colectivos de la industria, incentivos gubernamentales y la concienciación de los consumidores (Saha et al., 2021; Okafor et al., 2021; Alves et al., 2021a). La adopción de tecnologías como blockchain e IoT puede facilitar la trazabilidad y promover la circularidad en la cadena de valor (Alves et al., 2023; Alves et al., 2021b).

Figura 24

Industria textil y procesamiento de telas



Nota. La imagen muestra una máquina de procesamiento textil, con telas teñidas en colores vibrantes y apiladas para su distribución. Representa un ejemplo de la cadena de producción en la industria textil, destacando la importancia de la tecnología y la manufactura en este sector. Utilizada con fines educativos para analizar procesos industriales y su impacto económico.

Industria 4.0 y Digitalización

La industria textil está en una etapa incipiente de implementación de la Industria 4.0, que

incluye tecnologías como IoT, Big Data y robótica autónoma. Estas tecnologías buscan aumentar la productividad y reducir costos, aunque su adopción aún es limitada. La digitalización puede acelerar la transición hacia prácticas más sostenibles y circulares, pero requiere un mayor desarrollo y aplicación en el sector (Forno et al., 2021; Wiegand & Wynn, 2023).

Impacto Ambiental y Sostenibilidad

El proceso de producción textil es intensivo en recursos, utilizando grandes cantidades de agua, energía y productos químicos, lo que genera una carga ambiental significativa. Proyectos como el BISCOL en la UE han demostrado la viabilidad de procesos de producción más sostenibles, como la síntesis enzimática de tintes y el uso de tecnología de plasma, que reducen el consumo de energía y agua (Parisi et al., 2015). Además, la industria de la confección, aunque menos intensiva en energía, debe ser considerada separadamente para maximizar su sostenibilidad (Rogale & Rogale, 2024).

Estrategias de Diseño Sostenible

Para promover la sostenibilidad, es crucial repensar y rediseñar los modelos de negocio en la industria textil. Esto incluye el uso de eco-materiales y la consideración de cuestiones éticas en la producción. Sin embargo, el aumento en la producción y consumo ha contrarrestado los beneficios de los desarrollos tecnológicos, lo que requiere un cambio sistémico tanto en la producción como en el consumo (Niinimäki & Hassi, 2011).

La industria pesquera

La industria pesquera es un sector económico vital que abarca tanto la pesca recreativa como la comercial, y tiene un impacto significativo en las economías regionales y globales. Este sector enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad, la gestión de recursos y la innovación tecnológica.

Figura 25

Actividad pesquera y recolección de productos marinos



Nota. La imagen muestra cajas llenas de pescado fresco en un puerto pesquero, representando la actividad diaria de pescadores y su contribución a la industria pesquera. Este sector desempeña un papel importante en la economía y la seguridad alimentaria. Utilizada con fines educativos para analizar la pesca como actividad económica y su impacto ambiental.

Contribución Económica y Empleo

La pesca marina contribuye significativamente a la economía global, proporcionando empleo directo e indirecto a millones de personas. Se estima que alrededor de 260 millones de personas están involucradas en la pesca marina a nivel mundial, con un enfoque particular en la pesca a pequeña escala, que es crucial para el consumo doméstico y la economía local (Teh& Sumaila, 2013). En regiones como Asturias, España, tanto la pesca recreativa como la comercial tienen un impacto económico notable, aunque la pesca comercial tiende a generar más valor agregado bruto y empleo (García-De-La-Fuente et al., 2020).

Desafíos Ambientales y Sostenibilidad

La industria pesquera enfrenta el desafío de equilibrar la explotación de recursos con la sostenibilidad ambiental. La pesca recreativa, aunque es una actividad social y cultural importante, puede tener un impacto significativo en el medio ambiente y las redes alimentarias (Hickley, 2009). Además, la pesca comercial debe gestionar cuidadosamente

la tasa de captura en relación con la tasa de reclutamiento natural para evitar la disminución de las poblaciones de peces (Smith, 1969).

Innovación y Automatización

La automatización en la industria pesquera ha avanzado significativamente, mejorando la eficiencia y la producción. Las fábricas de pescado más automatizadas han aumentado la velocidad de línea y el rendimiento, aunque todavía dependen de la mano de obra manual para tareas específicas como el recorte de filetes y la inspección de calidad (Einarsdóttir et al., 2022). La automatización es crucial para enfrentar los desafíos laborales, especialmente en regiones con acceso limitado a trabajadores manuales.

Modelos de Negocio y Financiarización

El modelo de negocio de la industria pesquera está evolucionando hacia una estructura industrial externalizada, con tendencias hacia la financiarización y la monopolización de áreas de pesca (Palmero & Laxe, 2021). La reestructuración del proceso de distribución y el desarrollo de productos son esenciales para abordar los problemas de precios del pescado y explorar nuevos mercados (Hidaka, 2018).

En conclusión, la industria pesquera es un sector complejo que desempeña un papel crucial en la economía global, pero enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad, innovación y gestión de recursos. La colaboración entre sectores y la implementación de prácticas basadas en la ciencia son fundamentales para asegurar su futuro sostenible.

El sector agroindustrial y su evolución

El sector agroindustrial es un componente crucial para el crecimiento económico y la seguridad alimentaria a nivel global. Su evolución ha estado marcada por la integración de modelos de negocio sostenibles, avances tecnológicos y la formación de clústeres agroindustriales que buscan mejorar la eficiencia y competitividad del sector.

2.13. MODELOS DE NEGOCIO EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL

El sector agroindustrial ha adoptado diversos modelos de negocio para mejorar su sostenibilidad y eficiencia. Entre los modelos más destacados se encuentran aquellos que integran la agroindustria con el desarrollo sostenible, los modelos digitales, y los complejos agroindustriales que buscan maximizar el uso de capacidades productivas y recursos disponibles (Ermawati & Edi, 2024a; Zavalko et al., 2019). Estos modelos han demostrado

ser efectivos en la mejora de la competitividad y la sostenibilidad económica del sector (Ermawati & Edi, 2024b; Parkhomets & Uniiat, 2019).

Innovación y Tecnología

La innovación tecnológica es fundamental para el crecimiento sostenible del sector agroindustrial. Tecnologías emergentes como la agricultura de precisión, la biotecnología y la agricultura digital han mejorado la productividad y optimizado el uso de recursos, reduciendo el impacto ambiental (Nazarov et al., 2024a). Sin embargo, la implementación de estas tecnologías enfrenta desafíos, como la falta de financiamiento estatal y regulaciones estrictas, especialmente en áreas rurales (Shulgina et al., 2019). A pesar de estos obstáculos, la adopción de tecnologías avanzadas es vista como un camino hacia el crecimiento sostenible del sector (Nazarov et al., 2024).

Clústeres Agroindustriales

Los clústeres agroindustriales son agrupaciones geográficas de empresas e instituciones interconectadas que facilitan el intercambio de conocimientos y recursos, mejorando la productividad y el acceso al mercado (Mashrabovich & Toxtasinovna, 2024a). Estos clústeres han demostrado ser efectivos en la revitalización rural, la generación de empleo y el aumento de ingresos, contribuyendo al desarrollo local y regional (Yuldashev et al., 2022; Mashrabovich & Toxtasinovna, 2024b). Además, los clústeres fomentan la integración de cadenas de valor y el ecosistema de innovación, aunque enfrentan desafíos en términos de financiamiento y coordinación de partes interesadas (Mashrabovich & Toxtasinovna, 2024).

Desafíos y Oportunidades

El sector agroindustrial enfrenta desafíos significativos, como la necesidad de modernizarse frente a la globalización y las demandas de sustitución de importaciones (Shulgina et al., 2019). La gestión estratégica y la planificación son esenciales para abordar estos desafíos y promover un desarrollo agroindustrial más eficiente (Nagoev et al., 2020a). Además, el sector debe adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno externo para mantener su competitividad (Nagoev et al., 2020).

Comercio Nacional

El comercio nacional es un tema complejo que abarca la interacción de políticas internas y externas, la integración económica y la influencia de las fronteras nacionales en el

comercio. A continuación, se presenta un resumen de los hallazgos clave de varios estudios sobre el comercio nacional.

Integración Económica y Comercio Nacional

El comercio interregional puede desempeñar un papel crucial en la integración nacional. Un ejemplo de esto es el mercado tailandés, donde el comercio creciente entre regiones ha fortalecido los lazos económicos y culturales, ayudando a integrar regiones remotas con el centro del país, como Bangkok. Este tipo de actividades económicas fomenta la integración nacional y refuerza la ideología de una nación moderna (Pawakapan, 2000).

El Papel de los Parlamentos Nacionales

Los parlamentos nacionales han reafirmado su papel en la política comercial, especialmente en el contexto de la liberalización del comercio en la Unión Europea. A pesar de los intentos de centralizar la política comercial, los parlamentos han logrado influir en los procesos de formulación y ratificación de políticas, como se evidenció en las negociaciones del Acuerdo Transatlántico de Comercio e Inversión (Roederer- Rynning & Kallestrup, 2017).

Impacto de las Fronteras Nacionales

A pesar de la integración económica en regiones como la Unión Europea, las fronteras nacionales siguen teniendo un impacto significativo en los patrones de comercio. El comercio intranacional es considerablemente más alto que el comercio internacional, lo que indica un sesgo hacia el comercio interno incluso en un mercado integrado como el de la UE (Nitsch, 2000).

Conflictos Comerciales y Economía Nacional

Las guerras comerciales, como la entre Estados Unidos y China, tienen un impacto significativo en las economías nacionales. Estas disputas no solo afectan las relaciones económicas exteriores, sino que también reflejan una lucha por la influencia global. A pesar de las tensiones, las economías de ambos países dependen en gran medida del comercio mutuo, lo que subraya la interdependencia económica (Zadorozhko & Kolesov, 2024).

2.14. EVOLUCIÓN DEL MERCADO INTERNO

El mercado interno ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, influenciado por reformas políticas, la entrada de empresas multinacionales y el desarrollo de mercados de capitales domésticos. Este proceso ha tenido un impacto considerable en la

estructura del mercado y en la capacidad de las empresas para competir y crecer tanto a nivel nacional como internacional.

Desarrollo de Mercados de Capitales Domésticos

En regiones como Asia Oriental, los mercados de capitales domésticos han sido fundamentales para el financiamiento corporativo desde principios de los 2000. Estos mercados han permitido a más empresas, incluidas las pequeñas y medianas, acceder a financiamiento mediante acciones y bonos corporativos, diversificando así sus fuentes de financiamiento y obteniendo fondos en moneda local. Las reformas políticas tras la crisis financiera asiática han sido clave para este desarrollo, aunque todavía son relativamente pocas las empresas que se benefician de estos mercados (Abraham et al., 2019).

Reformas Políticas y Competencia

Las reformas políticas en países como India han transformado la estructura del mercado interno, haciéndolo más competitivo. La entrada de empresas multinacionales ha impulsado a las empresas locales a mejorar su eficiencia técnica ya invertir en investigación y desarrollo para aumentar su competitividad. Este aumento en la eficiencia ha llevado a un incremento en la producción y en la orientación hacia la exportación de las empresas (Murali, 1997; Murali, 1998).

Redes de Mercado y Crecimiento Económico Regional

En China, la estructura de la red del mercado interno ha jugado un papel crucial en el crecimiento económico regional. Antes de 2004, la integración del mercado interno aumentó las disparidades económicas regionales, pero después de ese año, promovió el crecimiento económico y redujo dichas disparidades. La posición de una región dentro de la red de mercado es vital para su crecimiento económico, sugiriendo que los gobiernos locales deben reducir las barreras de entrada al mercado y establecer asociaciones directas con mercados clave (Hong et al., 2016).

Influencia de Competidores Domésticos

La interacción con competidores domésticos influye en la internacionalización de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs). A medida que una industria evoluciona, las PYMEs que se internacionalizan actúan como competidores de referencia, influyendo en la evolución de la industria tanto a nivel nacional como global. Este fenómeno se observa en las etapas de emergencia, crecimiento y consolidación de una industria (Odlin, 2019).

2.15. REFORMAS COMERCIALES DURANTE EL SIGLO XIX Y XX

Las reformas comerciales en los siglos XIX y XX fueron fundamentales para la integración de diversas economías en el sistema capitalista mundial. Estas reformas no solo afectaron las estructuras económicas internas de los países, sino que también fueron influenciadas por potencias extranjeras que buscaban expandir su influencia económica y política.

Reformas Comerciales en el Imperio Otomano

Durante el siglo XIX, el Imperio Otomano experimentó una serie de reformas financieras impulsadas por la presión de gobiernos y financieros extranjeros, especialmente del Reino Unido. Estas reformas tenían como objetivo integrar al Imperio en la economía capitalista mundial, imponiendo normas y procedimientos que favorecían tanto a capitalistas extranjeros como locales (Conte, 2021a).

Las reformas se centraron principalmente en las finanzas públicas, la banca y el sector monetario, y fueron vistas como un medio para someter económicamente al Imperio a las reglas del capitalismo global (Conte, 2021b).

Educación Comercial en Rusia

A finales del siglo XIX y principios del XX, Rusia también experimentó reformas en la educación comercial. Estas reformas se enfocaron en mejorar la formación en contabilidad en las escuelas comerciales, combinando enfoques teóricos y prácticos para abordar los problemas modernos en la enseñanza de disciplinas profesionales (Lvova & Osipov, 2019a).

La discusión sobre la educación comercial en Rusia refleja un esfuerzo por adaptar la enseñanza a las necesidades económicas y profesionales de la época, buscando un equilibrio entre la teoría y la práctica (Lvova & Osipov, 2019b).

Influencia de Potencias Extranjeras

En el caso del Imperio Otomano, la influencia británica fue particularmente significativa, ya que las reformas financieras fueron en gran medida inducidas por el Reino Unido. Esto refleja un patrón más amplio de cómo las potencias extranjeras utilizaron su influencia para moldear las economías de países periféricos y semi-periféricos en beneficio de sus propios intereses económicos (Conte, 2021c).

El sistema de distribución en el comercio nacional

El sistema de distribución en el comercio nacional es un componente crucial para el

funcionamiento eficiente de la economía de un país. Este sistema abarca desde la producción hasta el consumo, involucrando múltiples actores y procesos que aseguran que los productos lleguen a los consumidores finales de manera efectiva y oportuna.

Estructura y Función del Sistema de Distribución

El sistema de distribución en el comercio nacional se caracteriza por su complejidad y diversidad, abarcando formas como el comercio minorista, mayorista y el comercio medio. Este sistema no solo es vital para el desarrollo de la producción, sino también para la modernización y promoción del consumo, lo que lo convierte en un acto básico de la sociedad que define el lugar de la economía en el contexto de la vida social (Buzoianu et al., 2022).

Canales de Distribución y Participantes

Los canales de distribución son fundamentales en el ciclo operativo del producto social, actuando como indicadores del estado económico de un país. Los principales participantes en estos canales son las entidades del comercio y el sector servicios, que tienen la capacidad de expandir sus actividades en el futuro. Además, la coordinación entre proveedores y minoristas es esencial para maximizar las ganancias del sistema, lo cual puede lograrse mediante esquemas de precios de descuento no tradicionales y tarifas fijas periódicas (Chenet et al., 2001).

Logística y Transporte

La logística y el transporte son elementos esenciales en la distribución de bienes, requiriendo una planificación cuidadosa para asegurar la entrega eficiente y oportuna a la red comercial. La elección de un esquema de transporte y logística adecuado es crucial para optimizar los costos y mejorar la calidad del servicio al cliente, lo que a su vez aumenta la competitividad de la red comercial en el mercado (Vdovychenko et al., 2024).

Desafíos y Oportunidades

El sistema de distribución enfrenta varios desafíos, como la competencia desordenada en la industria de entrega exprés y la necesidad de mejorar la calidad del servicio. Sin embargo, también presenta oportunidades significativas, como el uso de tecnologías digitales para modernizar la infraestructura existente y mejorar la sostenibilidad de las cadenas de distribución de productos (Raimbekov et al., 2023a; Zhang, 2022). Además, la creación de redes de distribución de productos agrícolas organizadas y reguladas puede proporcionar

beneficios económicos, sociales y ambientales significativos (Raimbekov et al., 2023b).

Desafíos del comercio rural y su modernización

La modernización del comercio rural enfrenta varios desafíos significativos, tanto sociales como económicos, que varían según el contexto geográfico y el nivel de desarrollo.

Desafíos Sociales y Ambientales

Identidad Cultural y Participación: En países como China, la modernización rural enfrenta desafíos como la pérdida de identidad cultural y la baja participación democrática. La integración de soluciones basadas en la naturaleza y la participación de los agricultores son estrategias propuestas para abordar estos problemas (Liu & Martens, 2023).

- a. **Educación y Conciencia:** En India, la baja tasa de alfabetización en áreas rurales dificulta la comunicación efectiva y aumenta la vulnerabilidad a tácticas fraudulentas. La falta de conciencia del consumidor es un problema persistente (Kale & Chobe, 2016a).

Desafíos Económicos

- a. **Infraestructura y Distribución:** La infraestructura deficiente, como carreteras y facilidades de almacenamiento, afecta negativamente la distribución de productos en áreas rurales de India. Además, la economía rural depende en gran medida de factores climáticos, lo que genera fluctuaciones en los ingresos y afecta el poder adquisitivo (Kale & Chobe, 2016b).
- b. **Modernización Agrícola:** Aunque la agricultura sigue siendo una actividad fundamental, su modernización no siempre se traduce en desarrollo regional debido a la reducción del empleo agrícola. Esto es evidente en países desarrollados donde la agricultura moderna se caracteriza por alta inversión de capital y uso mínimo de mano de obra (Kazem, 2023).

Comparaciones Internacionales

- a. **Brechas de Modernización:** En China, la modernización agrícola y rural está rezagada en comparación con Estados Unidos, con un desfase de aproximadamente 60 años. Los ingresos disponibles de los residentes rurales y la proporción de empleo agrícola son áreas clave que requieren mejoras (Yang et al., 2024).

Comercio Internacional

El comercio internacional es un componente esencial de la economía global, facilitando el

intercambio de bienes, servicios, capital e ideas a través de las fronteras nacionales. Este fenómeno ha evolucionado significativamente a lo largo de la historia, impulsado por la globalización y el desarrollo de instituciones internacionales que buscan liberalizar y estabilizar el comercio.

Evolución y Crecimiento del Comercio Internacional

El comercio internacional ha crecido rápidamente en las últimas décadas, convirtiéndose en un motor clave del crecimiento económico global. Este crecimiento ha sido facilitado por la globalización, que ha promovido el intercambio de bienes y servicios, así como la inversión extranjera directa y el comercio transfronterizo de propiedad intelectual y tecnología (Kant, 2022; Seyoum, 2013). La proporción del comercio internacional en la producción económica mundial ha aumentado significativamente, reflejando la creciente interdependencia económica entre las naciones (Pigman, 2016).

Instituciones Internacionales y Estabilidad del Comercio

Las instituciones internacionales, como la Organización Mundial del Comercio (OMC) y los acuerdos comerciales preferenciales, juegan un papel crucial en la reducción de la volatilidad del comercio. Estas instituciones no solo buscan aumentar el flujo de comercio, sino también estabilizar las políticas comerciales y los flujos comerciales, lo que a su vez incrementa el volumen del comercio exterior al reducir la variabilidad (Mansfield & Reinhardt, 2008).

Desafíos y Políticas del Comercio Internacional

El comercio internacional enfrenta varios desafíos, incluyendo restricciones comerciales y bilateralismo, que históricamente han sido más síntomas que causas del declive del comercio mundial. Para fomentar un comercio multilateral efectivo, es esencial contar con un sistema de intercambio monetario internacional eficiente, mantener el pleno empleo y asegurar la estabilidad política (Muendler et al., 1944). Además, la teoría del poder estatal sugiere que la apertura del comercio está influenciada por los objetivos nacionales, como el ingreso nacional agregado y la estabilidad social, y es más probable en un sistema hegemónico de poder económico (Krasner, 1976).

El Papel de las Empresas en el Comercio Internacional

Las empresas desempeñan un papel fundamental en el comercio internacional, mediando el flujo de bienes y servicios. Las investigaciones han demostrado que las empresas

exportadoras tienden a ser más grandes, más productivas y tecnológicamente avanzadas que las no exportadoras. Sin embargo, aunque las empresas más productivas son más propensas a exportar, no necesariamente experimentan un crecimiento de productividad más alto una vez que ingresan a los mercados extranjeros (Bernard et al., 2006).

El comercio exterior durante la época colonial.

El comercio exterior durante la época colonial fue un componente crucial en la formación de las economías coloniales y en la configuración del comercio global. Este periodo se caracterizó por la explotación de recursos y la creación de redes comerciales que conectaron diferentes partes del mundo, a menudo bajo la influencia de potencias coloniales.

Comercio Colonial y Esclavitud

El comercio colonial en América Británica estuvo íntimamente ligado al comercio de esclavos y a la esclavitud. Entre 1619 y 1807, aproximadamente 3.5 millones de africanos fueron llevados a América Británica como esclavos, quienes fueron fundamentales en la producción de los principales productos de exportación como el tabaco, el azúcar y el arroz. Este comercio no solo fue una fuente de riqueza para los colonos, sino que también sentó las bases para la economía global moderna (Truxes, 2021).

Dinámicas Comerciales en Asia

En Asia, el comercio colonial fomentó el intercambio intercontinental, especialmente en el sudeste asiático, donde las políticas comerciales coloniales aumentaron las importaciones coloniales, superando el comercio intra-asiático. La llegada de textiles británicos a la región es un ejemplo de cómo las políticas coloniales moldearon las dinámicas comerciales, favoreciendo a las potencias coloniales (Ayuso-Díaz, 2024).

Influencia de Portugal en el Comercio Global

Portugal fue uno de los primeros países europeos en participar en el comercio ultramarino, lo que transformó al país en un centro multicultural en contacto constante con Europa y el mundo. Los bienes importados de África, América del Sur y Asia no solo cambiaron las percepciones europeas del mundo, sino que también influyeron en la producción de bienes europeos, introduciendo nuevas formas y estéticas (Casimiro, 2020).

Impacto Económico del Colonialismo

El colonialismo tuvo un impacto significativo en las economías de las colonias, como se observa en Malasia británica, donde se extrajeron superbeneficios a través de diversas

políticas coloniales. Estas políticas incluyeron el uso de sistemas financieros coloniales que favorecían a la metrópoli, resultando en la transferencia de recursos financieros significativos desde las colonias hacia las potencias coloniales (Peng & S., 2023).

Intercambio Cultural y Tecnológico

En las Indias Orientales Neerlandesas, las misiones religiosas actuaron como zonas de intercambio cultural y tecnológico. A pesar de las limitaciones lingüísticas y sociales, los misioneros y los artesanos locales lograron intercambiar conocimientos y habilidades, lo que refleja la complejidad de las interacciones transculturales durante la época colonial (Hård & Tjoa-Bonatz, 2020).

2.16. EL TRATADO DE LIBRE COMERCIO (TLC) CON LOS EE.UU.

Los Tratados de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos son acuerdos que buscan facilitar el comercio internacional al reducir barreras arancelarias y no arancelarias entre los países firmantes. Estos acuerdos tienen el potencial de fortalecer las economías de los países involucrados y abrir nuevas oportunidades económicas (Islam & Bhandari, 2023).

Impactos Económicos de los TLC

Los TLC con Estados Unidos han demostrado tener efectos positivos en las economías de los países participantes. Estos acuerdos pueden aumentar la innovación, como se observa en el incremento de patentes en países como Australia, Chile, Singapur y Corea del Sur tras la firma de TLC bilaterales con EE. UU. (Stevens, 2023a). Además, los TLC pueden reorientarla innovación hacia sectores con mayor volumen de comercio, lo que sugiere un impacto positivo general en la innovación (Stevens, 2023b).

Desafíos y Críticas

A pesar de los beneficios económicos, los TLC también enfrentan críticas y desafíos. Por ejemplo, en el caso del TLC entre Colombia y Estados Unidos, no se ha observado un cambio significativo en los productos principales comercializados, y las exportaciones han disminuido, posiblemente debido a la caída en los precios del petróleo (Beltrán- Bejarano & Bohórquez-Montes, 2021). Además, los TLC pueden aumentar la corrupción en algunos países de América Latina, sugiriendo que permitir que los países establezcan sus propias reglas para reducir la corrupción podría ser más efectivo que imponerlas a través de un acuerdo (Calcagno et al., 2024).

El rol de Perú en la Alianza del Pacífico

Perú juega un papel crucial en la Alianza del Pacífico, un bloque de integración regional que incluye a Chile, Colombia y México. Esta alianza busca promover el comercio y la inversión, así como mejorar la visibilidad internacional de sus miembros (Nolte, 2020; Vorotnikova, 2023).

- a. **Integración Regional y Comercio:** Perú, junto con los otros miembros, ha trabajado para fortalecer los lazos comerciales con Asia, especialmente a través de acuerdos como el Tratado Integral y Progresista de Asociación Transpacífico (CPTPP) y el Acuerdo de Asociación Económica Integral Regional (RCEP) (Vorotnikova, 2023b). Estos acuerdos han sido fundamentales para aumentar la relevancia económica y política de la Alianza en el escenario global.
- b. **Modelo Económico Neoliberal:** La Alianza del Pacífico, incluida Perú, se ha utilizado como un mecanismo para consolidar reformas neoliberales en cada país miembro. Esto ha implicado la promoción de modelos económicos de exportación y la despolitización de estrategias institucionales (Nelson, 2021).
- c. **Oportunidades para PYMEs:** Aunque se espera que la Alianza beneficie a las micro, pequeñas y medianas empresas (PYMEs) en términos de internacionalización, existen preocupaciones sobre el alcance real de estos beneficios. Perú, al igual que los otros países, ha intentado utilizar los recursos institucionales de la Alianza para facilitar la internacionalización de sus empresas (Gil-Barragan & Aguilera-Castillo, 2021).
- d. **Relaciones con ASEAN:** Perú ha buscado fortalecer sus lazos comerciales y políticos con países de la ASEAN, como parte de la visión de la Alianza del Pacífico para 2030, que incluye la profundización de la cooperación económica y comercial con esta región (Baroni & Spagnolo, 2022).

Relaciones comerciales con China

Las relaciones comerciales con China son un tema de gran relevancia en el contexto global actual, dado el papel central de China en el comercio internacional y su influencia en las economías de otros países. Este resumen aborda las dinámicas de las relaciones comerciales de China con diferentes regiones y países, destacando los desafíos y oportunidades que estas relaciones presentan.

2.17. **DIMENSIONES DE LAS RELACIONES COMERCIALES: DIMENSIÓN ECONÓMICA Y GEOPOLÍTICA**

Las relaciones comerciales entre Estados Unidos y China han sido marcadas por tensiones económicas y geopolíticas, especialmente durante la denominada "guerra comercial". Estas tensiones han afectado negativamente las importaciones de Estados Unidos desde China, particularmente en industrias con altos niveles de integración en la cadena de valor global (Zeng et al., 2022; Pogodin & Yagya, 2020). Además, la política comercial de Estados Unidos bajo la administración de Biden busca reformar las cadenas de suministro internacionales para favorecer a los productores nacionales, lo que se traduce en un "desacoplamiento parcial" de las economías de ambos países (Dmitriev, 2023).

Política Comercial de China

China ha desarrollado una política comercial que no solo busca aumentar su poder económico, sino también establecer nuevas reglas y estándares globales. Su sistema arancelario y las medidas no arancelarias protegen su mercado interno y fomentan la inversión en producción de alta tecnología (Fedorov, 2024). Además, China utiliza su política comercial para internacionalizar su moneda y liderar en la fijación de estándares técnicos (Fedorov, 2024).

Relaciones Comerciales Regionales Asia y China

Los países asiáticos han incrementado su dependencia comercial de China, lo que ha eclipsado el comercio intra-ASEAN y con socios tradicionales como Japón y Estados Unidos. Sin embargo, también enfrentan una creciente competencia en los mercados de exportación (Marukawa, 2021). Esta dinámica refleja el cambio en la estructura comercial de China, que ha pasado de depender de Japón a convertirse en el mayor socio comercial de muchos países asiáticos (Marukawa, 2021).

Europa Central y Oriental

China ha establecido relaciones comerciales estratégicas con los países de Europa Central y Oriental, promoviendo un entorno de colaboración económica y tecnológica. Estas relaciones se basan en el intercambio de maquinaria avanzada por productos agrícolas, buscando un crecimiento mutuo en un entorno comercial predecible (Vidnjevic & Kralj, 2024a).

Desafíos y Oportunidades

- a. **Desafíos:** Las tensiones comerciales, especialmente entre Estados Unidos y China, presentan desafíos significativos, como el aumento de aranceles y la reestructuración de cadenas de suministro (Zeng et al., 2022; Salitskii & Salitskaya, 2020). Además, la competencia en los mercados de exportación se intensifica, afectando a países de ingresos altos y bajos en Asia (Marukawa, 2021).
- b. **Oportunidades:** A pesar de los desafíos, las relaciones comerciales con China ofrecen oportunidades para el crecimiento económico y la cooperación tecnológica, especialmente en regiones como Europa Central y Oriental (Vidnjevic & Kralj, 2024). La capacidad de China para establecer nuevos estándares globales también presenta oportunidades para influir en el comercio internacional (Fedorov, 2024).

El mercado europeo y las exportaciones agrícolas.

El mercado europeo representa una oportunidad significativa para las exportaciones agrícolas debido a la integración económica y las políticas comerciales establecidas por la Unión Europea (UE). La expansión de la UE y la implementación de políticas comunes han influido en la competitividad y el potencial de exportación de los países miembros y asociados.

Impacto de la Integración Europea

La integración europea ha mejorado la competitividad del sector agrícola en los nuevos estados miembros de la UE, conocidos como EU-13, aunque persisten disparidades en la utilización eficiente de los factores de producción entre los antiguos y nuevos miembros. Países como Hungría, Bulgaria, Lituania y Croacia han emergido como exportadores netos con ventajas comparativas, mientras que otros como Polonia y Eslovaquia enfrentan desventajas comparativas (Jarosz-Angowska et al., 2022).

Competitividad y Desafíos en el Mercado Europeo

Polonia, uno de los mayores productores agrícolas de la UE, ha incrementado su competitividad en el mercado europeo desde su adhesión en 2004. Sin embargo, enfrenta desafíos en mercados como China, donde su presencia es menos significativa en comparación con Alemania y Francia (Bajan et al., 2021). La capacidad de competir en mercados no pertenecientes a la UE, como el de Estados Unidos, es crucial para diversificar y expandir las exportaciones (Pawlak & Smutka, 2022).

2.18. POTENCIAL DE EXPORTACIÓN Y COOPERACIÓN INTERNACIONAL

El potencial de exportación de los países agrícolas, como Ucrania y Vietnam, depende en gran medida de la cooperación con la UE y la adopción de estándares internacionales. Ucrania, por ejemplo, ha visto un cambio en la estructura geográfica de sus exportaciones hacia la UE, lo que ha abierto nuevas oportunidades económicas (Mulyk & Mulyk, 2022; Kovalchuk & Belinska, 2023). Vietnam, por su parte, necesita mejorar su preparación tecnológica para competir eficazmente en el mercado europeo (Tran, 2024).

Políticas y Mecanismos de Mercado

La Política Agrícola Común de la UE, a través de la Organización Común de Mercados, proporciona un marco estable para el comercio agrícola, asegurando precios estables y un suministro constante de alimentos de calidad. Este mecanismo es fundamental para la implementación de políticas subsidiarias que permiten a los estados miembros intervenir en el sector agrícola (Bevanda & Zagorova, 2022).

Impacto de la globalización en el comercio internacional de Perú

La globalización ha tenido un impacto significativo en el comercio internacional de Perú, impulsando tanto el crecimiento como la diversificación de sus exportaciones. A continuación, se presentan los principales efectos de la globalización en el comercio peruano:

Crecimiento y Diversificación de Exportaciones

- a. **Crecimiento de Exportaciones:** Las exportaciones peruanas han experimentado un crecimiento notable, especialmente en sectores no tradicionales como la agricultura y la minería. Por ejemplo, las exportaciones de uvas frescas crecieron en valor y volumen entre 2013 y 2022, con un aumento en el número de empresas exportadoras y mercados de destino (Nina Quispe et al., 2024).
- b. **Diversificación de Mercados:** La diversificación de mercados es crucial para la estabilidad y competitividad en el comercio internacional. Perú ha diversificado sus exportaciones hacia mercados como Estados Unidos, Países Bajos, Hong Kong y México (Nina Quispe et al., 2024).

Eficiencia y Competitividad

Eficiencia de Exportaciones: La eficiencia de las exportaciones peruanas es moderada, con un potencial considerable para mejorar. Factores como la distancia institucional y las

exportaciones no tradicionales contribuyen a esta eficiencia, mientras que la distancia cultural y ciertos acuerdos comerciales pueden debilitarla (Navarro-Soto et al., 2023).

- a. **Competitividad:** La teoría de la ventaja comparativa sugiere que Perú tiene potencial para especializarse en sectores ventajosos, integrándose en cadenas de suministro globales (Zhilkin & Galvez, 2020).

Impacto de Acuerdos Comerciales

Acuerdos Comerciales Preferenciales: Los acuerdos comerciales preferenciales han mejorado el rendimiento exportador de las empresas peruanas, especialmente aquellas integradas en cadenas de valor globales (Lee et al., 2021).

- a. **Acuerdo de Libre Comercio con EE.UU.:** Este acuerdo ha generado creación de comercio intra-bloque y desvío de comercio, mejorando los flujos comerciales bilaterales (Padilla, 2021).

Desafíos y Oportunidades

- a. **Desigualdad Económica:** A pesar del crecimiento del comercio, la desigualdad de ingresos y riqueza en Perú se ha mantenido constante, lo que sugiere que el crecimiento económico inclusivo aún depende de un mayor comercio (Angulo-Bustanza et al., 2022).
- b. **Productividad:** La globalización comercial ha mejorado la productividad total de los factores en Perú, aunque la globalización financiera puede tener efectos negativos (Zhao et al., 2023).

Perú es un país con una rica diversidad cultural y lingüística, donde las tradiciones orales y los mitos juegan un papel crucial en la identidad nacional. Sin embargo, estas contribuciones culturales han enfrentado desafíos debido a la centralización cultural y lingüística en las ciudades costeras, principalmente en Lima. Este resumen explora varios aspectos implícitos relacionados con la identidad cultural, el indigenismo, y las dinámicas sociales y económicas en Perú.

2.19. IDENTIDAD CULTURAL Y TRADICIONES ORALES

Revalorización de la Cultura Andina: En un esfuerzo por contrarrestar la segregación cultural, se ha buscado revalorizar la lengua quechua y las tradiciones orales andinas. Esto se ha logrado a través de la recopilación y presentación de mitos orales por estudiantes

universitarios, lo que fortalece la identidad cultural y recupera el mito como una manifestación de la literatura oral en el entorno peruano (Marino-Jiménez et al., 2023).

Indigenismo y Lenguaje Político

El Papel del Mito en el Indigenismo: Durante la década de 1920, el indigenismo en Perú utilizó el mito como un dispositivo retórico significativo para legitimar argumentos y movilizar políticamente. Este movimiento facilitó la emergencia de nuevos marcos conceptuales que cuestionaron la identidad nacional y democratizaron conceptos como nación y socialismo, imbuyéndolos de significado mítico (Osorio, 2024).

Dinámicas Sociales y Económicas

Percepciones de Raza y Género: En Perú, las percepciones de identidad racial y social están a menudo ligadas a la geografía. Existe una paradoja donde se percibe que los verdaderos indígenas viven en altitudes más altas, mientras que el estatus social se mide inversamente a la altitud de origen. Este fenómeno refleja una compleja dinámica de identidad y pertenencia en un contexto de migración interna y aspiraciones sociales (Babb, 2020).

Turismo y Urbanización

Cusco y la Turistificación: La ciudad de Cusco, un emblema del urbanismo precolombino y colonial, ha evolucionado hacia un centro turístico clave en Perú. Este proceso de turistificación ha llevado a una reconfiguración espacial que crea paisajes de ocio fragmentados, beneficiando a desarrolladores inmobiliarios locales y regionales. Sin embargo, esta demanda turística también amenaza la base económica de Cusco, presentando desafíos significativos para los responsables de políticas (Branca & Haller, 2021).

El cambio en las políticas económicas y su relación con la producción y comercio.

Los cambios en las políticas económicas tienen un impacto significativo en la producción y el comercio a nivel global. Estos cambios pueden influir en la estructura económica de los países, afectando tanto la productividad como el crecimiento económico.

2.20. IMPACTO DE LAS POLÍTICAS ECONÓMICAS EN EL COMERCIO INTERNACIONAL

Políticas Comerciales y Relaciones Internacionales: Las políticas económicas son fundamentales para determinar las relaciones entre los estados en una economía global cada

vez más integrada. Cambios recientes, impulsados por conflictos geopolíticos, avances tecnológicos y la pandemia de COVID-19, han alterado el comercio internacional, afectando tanto a países desarrollados como en desarrollo (Azim et al., 2024).

Incertidumbre en Políticas Comerciales: La incertidumbre en las políticas comerciales y económicas extranjeras puede aumentar el riesgo en las cadenas de suministro. Las empresas estadounidenses, por ejemplo, tienden a ajustar sus redes de proveedores en respuesta a la incertidumbre, lo que puede afectar la producción y el comercio (Charoenwong et al., 2022).

Efectos en Sectores Específicos

- a. **Sectores Manufacturero y Agrícola:** En Nigeria, las políticas comerciales han tenido un impacto mixto en los sectores manufacturero y agrícola. Aunque se ha observado una mejora moderada, el desarrollo económico sigue siendo limitado debido a obstáculos persistentes (Ibeh, 2024).
- b. **Productividad Empresarial:** En Brasil, la liberalización comercial ha demostrado aumentar la productividad total de los factores (TFP), especialmente a través de la reducción de aranceles de insumos, lo que sugiere que las políticas comerciales pueden ejercer presión competitiva sobre todas las empresas (Cirera et al., 2020).

Cambios Estructurales y Liberalización Comercial

- a. **Cambio Estructural y Productividad:** En Irán, los cambios estructurales y la liberalización comercial han mostrado un efecto positivo en la productividad total de los factores a corto plazo, aunque no se ha observado una relación a largo plazo (Hokmollahi et al., 2021).
- b. **Cadenas de Valor Globales:** La búsqueda de eficiencia económica a través de cadenas de valor globales está transformando el comercio y la especialización internacional, lo que plantea nuevos desafíos para las políticas comerciales (Spasova & Marinov, 2021).

Desigualdad regional en la producción y el comercio.

La desigualdad regional en la producción y el comercio es un fenómeno complejo que afecta tanto a países desarrollados como en desarrollo. Este fenómeno se manifiesta en disparidades económicas y sociales entre diferentes regiones dentro de un mismo país, influenciado por factores históricos, económicos y políticos.

Causas de la Desigualdad Regional

- a. **Industrialización y Estructura Económica:** En el caso de Suecia, la desigualdad regional preindustrial fue impulsada por diferencias estructurales entre sectores agrícolas e industriales, más que por la productividad regional dentro de los sectores. Factores institucionales, como políticas industriales protectoras y derechos de monopolio comercial, también jugaron un papel significativo en aumentar la desigualdad (Enflo & Missiaia, 2020).
- b. **Transiciones Económicas y Globalización:** En América del Norte y Europa Occidental, la reorientación de la economía desde la manufactura hacia tecnologías digitales y la integración económica global han sido factores clave en el aumento de la desigualdad interregional. Estos cambios han influido en la distribución de trabajadores y empresas, exacerbando las disparidades económicas (Bathelt et al., 2024).
- c. **Estructura de Exportaciones:** En China, la estructura de exportaciones y los destinos de exportación han influido en la desigualdad de ingresos regionales. Las regiones que exportan productos más sofisticados tienden a tener menores niveles de desigualdad de ingresos, mientras que la desigualdad urbano-rural es más pronunciada en regiones con estructuras de exportación más complejas (Zhu et al., 2020).

Consecuencias de la Desigualdad Regional

- a. **Impacto Social y Político:** La creciente desigualdad económica tiene implicaciones significativas para cuestiones sociales y políticas más amplias, como el aumento del populismo de extrema derecha en países industrializados, que a menudo se desarrolla en contextos de desigualdad interregional creciente (Bathelt et al., 2024).
- b. **Desigualdad de Carbono y Ambiental:** En China, la desigualdad de carbono, derivada de las emisiones de CO₂ incorporadas en el comercio, ha empeorado, con provincias menos desarrolladas emitiendo una proporción desproporcionada de CO₂. Esto resalta la necesidad de medidas específicas por región para equilibrar el desarrollo económico y la mitigación de CO₂ (Zhang et al., 2023; Ban et al., 2023).

Desafíos y Direcciones Futuras

- a. **Políticas de Redistribución:** En China, las políticas de transferencia fiscal han

mitigado parcialmente el aumento de la desigualdad regional, aunque a costa del crecimiento del PIB agregado. Esto sugiere la necesidad de reformas en las políticas de transferencia para equilibrar mejor el crecimiento y la equidad (Yang et al., 2024).

- b. Convergencia y Desigualdad Espacial en Europa:** Aunque ha habido un proceso de convergencia entre países europeos, las desigualdades dentro de las regiones persisten, afectando la equidad espacial y el crecimiento económico. La concentración geográfica de la actividad económica y las tasas de desempleo regionales son factores significativos que contribuyen a estas desigualdades (Carrera et al., 2021).

Cambio climático y su impacto en la producción y comercio.

El cambio climático tiene un impacto significativo en la producción agrícola y el comercio internacional, afectando tanto la oferta como la demanda de productos agrícolas a nivel global.

Impactos en la Producción Agrícola

- a. Reducción de Rendimientos:** El cambio climático puede reducir los rendimientos de cultivos clave como el trigo, el arroz y el maíz, con variaciones significativas entre regiones y tipos de cultivos. Por ejemplo, se proyecta que el rendimiento del trigo en China disminuya un 9.4% para 2050 bajo escenarios climáticos adversos (Xie et al., 2020). En el caso del arroz, se espera una pérdida de rendimiento del 5.39% en China bajo un escenario de aumento de temperatura de 1.5°C (Wu et al., 2020a).
- b. Impactos Regionales Desiguales:** Las regiones menos desarrolladas pueden experimentar impactos económicos más severos debido a su dependencia de la agricultura, mientras que las regiones más desarrolladas pueden ver impactos más moderados (Liu et al., 2020).

Impactos en el Comercio Internacional

- a. Ajustes en el Comercio:** El comercio internacional puede mitigar parcialmente las pérdidas de producción al ajustar las estructuras de importación y exportación. Por ejemplo, la pérdida de producción de arroz en China se reduce significativamente gracias a las respuestas del comercio (Wu et al., 2020b).
- b. Cambios en las Redes de Comercio:** El cambio climático puede alterar las redes de comercio de alimentos, afectando la estabilidad de las estructuras comerciales

actuales y la seguridad alimentaria global (Hedlund et al., 2022).

Aumento del Comercio de Importación: En China, el cambio climático ha llevado a un aumento en el comercio de importación de productos agrícolas debido a riesgos en la producción y sustitución de energía (Ding et al., 2022).

Desafíos y Oportunidades

- a. **Desafíos:** El cambio climático puede causar interrupciones significativas en las cadenas de suministro y procesos de producción, afectando la estabilidad económica global (Shonay et al., 2024).
- b. **Oportunidades:** Las regiones como la UE podrían beneficiarse de ajustes en el mercado y el comercio, aumentando la producción y exportación de ciertos cultivos (Hristov et al., 2023).

Sostenibilidad y economía circular en la producción y comercio

La sostenibilidad y la economía circular son conceptos interrelacionados que buscan transformar los modelos de producción y consumo hacia sistemas más eficientes y menos perjudiciales para el medio ambiente. La economía circular se centra en mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, extrayendo el máximo valor de ellos mientras están en uso, y luego recuperando y regenerando productos y materiales al final de su vida útil.

Integración de la Economía Circular y la Sostenibilidad

La economía circular y la sostenibilidad están estrechamente vinculadas, y su integración en el desarrollo empresarial es crucial para mejorar la eficiencia de los recursos y la competitividad de las empresas. Las estrategias efectivas incluyen el uso de tecnologías innovadoras, plataformas de intercambio, extensión de la vida útil de los productos y recuperación de recursos para minimizar los desechos (Rosário et al., 2024; Yaroson et al., 2023). Además, la economía circular se ha convertido en un concepto central para la producción y el consumo sostenibles, requiriendo evaluaciones holísticas para asegurar que realmente se cumplan las promesas de sostenibilidad (Walker et al., 2020a).

Evaluación de la Sostenibilidad en Redes Interempresariales

Las redes interempresariales juegan un papel vital en la transición hacia una economía circular. Las evaluaciones de sostenibilidad en este contexto suelen utilizar metodologías

basadas en el ciclo de vida y marcos de indicadores, combinados con métodos de toma de decisiones multicriterio. Sin embargo, se observa que la dimensión social es la menos evaluada e integrada en estas evaluaciones (Walker et al., 2020b).

Desafíos y Oportunidades en la Implementación

La implementación de la economía circular en la industria manufacturera ha avanzado desde el desarrollo conceptual hacia estudios empíricos y herramientas de implementación. Sin embargo, a menudo se aborda solo la dimensión ambiental, descuidando las dimensiones social y económica, lo que puede llevar a soluciones que no son completamente sostenibles (Bjørnbet et al., 2021). Además, existen desafíos en la implementación de la economía circular en industrias específicas, como la textil, donde se identifican barreras y se sugieren prácticas para mejorar el rendimiento sostenible (Jia et al., 2020).

Marco para la Economía Circular Sostenible

Se han propuesto marcos integrados que combinan la economía circular con la producción más limpia y los estándares de la Industria 4.0 para evaluar el rendimiento sostenible de las empresas manufactureras. Estos marcos ayudan a priorizar inversiones en soluciones potenciales para mejorar el rendimiento en sostenibilidad (Gupta et al., 2021). Además, se han desarrollado principios y valores para guiar el diseño, implementación y evaluación de una economía circular sostenible, destacando la necesidad de un enfoque más holístico que incluya las dimensiones social, económica y ambiental (Velenturf & Purnell, 2021).

Digitalización y el impacto en el comercio y producción.

La digitalización está transformando significativamente el comercio y la producción a nivel global, afectando tanto la calidad de los productos exportados como los desequilibrios comerciales y la productividad en la manufactura.

Impacto en el Comercio

- a. **Calidad de los Productos de Exportación:** La digitalización mejora la calidad de los productos de exportación al facilitar la actualización de la calidad y aliviar las restricciones financieras, lo que a su vez mejora el capital humano y la competitividad en el mercado internacional (Zhang & Duan, 2023; Qian & She, 2023).
- b. **Desequilibrios Comerciales:** La transformación digital en la manufactura ha contribuido a los desequilibrios comerciales, como se observa en el comercio entre

EE.UU. y China. La digitalización está asociada con un aumento en el desequilibrio total del comercio, aunque también afecta el comercio relacionado entre partes (Zu et al., 2022).

- c. **Volumen de Comercio Internacional:** En regiones como el sur y sureste de Asia, la digitalización ha tenido un impacto positivo y significativo en el volumen de comercio, facilitando el comercio transfronterizo y la expansión del comercio electrónico (Banerjee et al., 2022; Ahmedov, 2020).

Impacto en la Producción

- a. **Productividad y Eficiencia:** La digitalización en la manufactura ha mejorado la productividad total de los factores verdes (GTFP) al promover la innovación, la actualización industrial y la eficiencia en la inversión (Wen et al., 2024a). Sin embargo, también ha inhibido la inversión en activos fijos, lo que podría llevar a un riesgo de desindustrialización en ciertas regiones (Wen et al., 2024b).
- b. **Transformación y Actualización Industrial:** La digitalización impulsa la transformación y actualización de la industria manufacturera, especialmente en áreas con alta inversión en innovación y capital humano abundante (Wen et al., 2024c).

Desafíos y Consideraciones

- a. **Brecha Digital y Seguridad:** La digitalización también presenta desafíos como la ampliación de la brecha digital, problemas de seguridad de datos y privacidad, y barreras en la aplicación de tecnologías emergentes (Cai et al., 2024).

Cultura de consumo y su influencia en el comercio

La cultura de consumo influye significativamente en el comercio, afectando las decisiones de compra de los consumidores y las estrategias de las empresas. A continuación, se presentan los principales aspectos de esta influencia:

Influencia Cultural en el Comportamiento del Consumidor

- a. **Dimensiones Culturales:** La cultura moldea las actitudes, valores y comportamientos de los consumidores, influyendo en sus decisiones de compra. Factores como el individualismo-colectivismo y la distancia de poder afectan el comportamiento en el comercio electrónico (Zimu, 2023a).
- b. **Valores Culturales Locales:** En países como Indonesia, los valores culturales locales, junto con la percepción de seguridad y la interacción con influencers, influyen

en la adopción del comercio social (Sabirin et al., 2024)

- c. **Cultura y Viaje del Consumidor:** En culturas colectivistas, el viaje del consumidor está más influenciado por normas sociales y expectativas de los demás, en contraste con las culturas individualistas donde las preferencias personales son más determinantes (Shavitt & Barnes, 2020).

Factores Sociales y Tecnológicos

- a. **Soporte Emocional y Relacional:** En el comercio social, el soporte emocional y la calidad de las relaciones tienen una fuerte correlación con la intención de compra, especialmente en culturas occidentales (Wang & Shahzad, 2024).
- b. **Influencia Social:** En culturas colectivistas, la influencia social, como las recomendaciones de amigos y familiares, juega un papel crucial en el comportamiento del consumidor (Zimu, 2023b).

Estrategias de Marketing y Comercio

- a. **Estrategias de Marketing:** Las estrategias de marketing a través de redes sociales son efectivas para aumentar las intenciones de compra, especialmente en contextos de comercio social (Sabirin et al., 2024).
- b. **Cultura de Marca:** La cultura de marca y su efecto en el comportamiento del consumidor son fundamentales, ya que los consumidores utilizan la marca para filtrar productos en mercados saturados (Xue, 2024).

2.21. MERCADOS MUNDIALES

Evolución histórica de los mercados globales

La evolución histórica de los mercados globales ha sido un proceso complejo influenciado por diversos factores económicos, políticos y sociales. A continuación, se presentan los principales hitos y transformaciones en la historia de los mercados globales.

Orígenes y Desarrollo Inicial

Expansión Europea y Colonialismo: La expansión europea durante el siglo XVI y el colonialismo jugaron un papel crucial en la configuración de los mercados globales. Estos eventos históricos establecieron las bases para el desarrollo económico desigual que observamos hoy en día, al integrar economías locales en un sistema económico global dominado por Europa y América del Norte (Nunn, 2020a; Bhambra, 2020).

Globalización y Transformación de Mercados

- a. **Transición a Mercados Globales:** La globalización ha sido un motor clave en la transformación de los mercados internacionales en mercados verdaderamente globales. Este proceso ha implicado la reestructuración de numerosas esferas económicas para adaptarse a un sistema global, facilitando la transición de mercados nacionales a internacionales (Шевченко, 2023; Shevchenko & Imnadze, 2023).
- b. **Desarrollo de Instrumentos Financieros:** La creación y expansión de instrumentos financieros han permitido una distribución más eficiente de los recursos monetarios, estimulando el crecimiento económico y la evolución de los mercados financieros globales (Aliyev, 2021).

Desafíos y Tendencias Recientes

- a. **Mercados de Carbono Globales:** A pesar de los esfuerzos por establecer mercados de carbono globales desde el Protocolo de Kioto hasta el Acuerdo de París, ha habido un fracaso persistente en alcanzar un consenso internacional efectivo, reflejando las dificultades de implementar enfoques de mercado a nivel global (Asadnabizadeh & Moe, 2024).
- b. **Persistencia de Desigualdades:** Las raíces históricas de la desigualdad económica continúan influyendo en el desarrollo económico contemporáneo, subrayando la importancia de considerar factores históricos en el diseño de políticas económicas actuales (Nunn, 2020b).

Actores clave: empresas multinacionales, organismos internacionales.

Las empresas multinacionales y los organismos internacionales son actores clave en los mercados mundiales, desempeñando roles significativos en la economía global. A continuación, se detallan sus funciones y contribuciones principales:

Empresas Multinacionales

- a. **Expansión y Globalización:** Las empresas multinacionales han logrado una posición destacada en la economía global debido a sus capacidades materiales y humanas, expandiendo sus actividades a sectores de producción, comercio y servicios financieros en todo el mundo (Imari et al., 2024a). Estas empresas utilizan sus filiales extranjeras como plataformas de exportación, influyendo significativamente en el comercio internacional (Wang, 2021).

- b. Cadenas de Valor Globales:** Actúan como coordinadores dentro de las cadenas de valor globales, gestionando actividades económicas dispersas geográficamente y facilitando la integración económica entre países (McWilliam et al., 2020).
- c. Inversiones Extranjeras Directas:** Estimulan el movimiento de inversiones extranjeras en los países anfitriones, contribuyendo al crecimiento económico de estos países (Imari et al., 2024b). Las multinacionales de economías emergentes también buscan mercados más grandes, recursos naturales y activos estratégicos (Bezuidenhout et al., 2021).
- d. Competitividad y Estrategias:** Enfrentan la competencia tanto a nivel nacional como internacional, optimizando recursos de producción y mejorando productos y servicios para mantener su competitividad (Prykhodko & Zozulia, 2021). Las empresas de economías emergentes han desarrollado ventajas competitivas en mercados dinámicos y competitivos (Al-Kwafi et al., 2020).

Organismos Internacionales

- a. Regulación y Facilitación del Comercio:** Los organismos internacionales juegan un papel crucial en la regulación del comercio internacional, estableciendo normas y facilitando la cooperación entre países para promover el flujo de bienes, servicios y capital (Sinta et al., 2023a).
- b. Apoyo al Desarrollo Económico:** Estos organismos también apoyan el desarrollo económico a través de la promoción de políticas que fomentan la inversión y el comercio internacional, contribuyendo a la estabilidad económica global (Sinta et al., 2023b).

2.22. TENDENCIAS ACTUALES: DIGITALIZACIÓN, SOSTENIBILIDAD, CRIPTOMONEDAS

Tendencias Actuales en Digitalización, Sostenibilidad y Criptomonedas en Mercados Mundiales

Digitalización

La digitalización se ha convertido en un componente esencial de la economía global, transformando las relaciones socioeconómicas y modernizando el sistema financiero mundial. Este proceso no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también facilita la

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

innovación y el emprendimiento, permitiendo a las empresas aumentar su cuota de mercado y reducir el desperdicio energético (Cricelli & Strazzullo, 2021a; Borzenko & Hlazova, 2022a). En el contexto de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), la digitalización está impulsando la transformación digital y la Industria 4.0, mejorando el rendimiento y fomentando la incorporación de la sostenibilidad en los modelos de negocio (Bella et al., 2024a). Sin embargo, los países en desarrollo enfrentan desafíos significativos en la implementación de la digitalización debido a la dependencia de la ayuda extranjera y la inestabilidad económica (Akhtar & Maab, 2022).

Figura 26

Representación del comercio electrónico (e-commerce)



Nota. La imagen ilustra los elementos clave del comercio electrónico, incluyendo compras en línea, logística, transporte y almacenamiento. Refleja la globalización y el impacto de las plataformas digitales en el comercio moderno. Utilizada con fines educativos para analizar las dinámicas del e-commerce y su influencia en las economías globales.

Sostenibilidad

La sostenibilidad se ha integrado cada vez más en las estrategias empresariales, especialmente en combinación con la digitalización. Las tecnologías digitales permiten una producción más sostenible al conectar productos, fábricas y usuarios, lo que facilita la recuperación y reutilización de materiales (Cricelli & Strazzullo, 2021b). En el ámbito de las PYMEs, se observa una tendencia hacia la incorporación de la sostenibilidad en los modelos de negocio y un aumento de las inversiones en programas de apoyo gubernamental

(Bella et al., 2024b). Además, la digitalización se considera una herramienta práctica para el desarrollo sostenible, ayudando a resolver problemas económicos y promoviendo prácticas más responsables (Borzenko & Hlazova, 2022b).

Figura 27

Tecnología digital y sostenibilidad



Nota. La ilustración combina elementos tecnológicos, naturales y digitales, destacando la interconexión entre la tecnología y el medio ambiente. Representa el concepto de sostenibilidad digital y su papel en la creación de soluciones innovadoras para los desafíos ambientales. Utilizada con fines educativos para explorar la relación entre la tecnología y el desarrollo sostenible.

Criptomonedas

Las criptomonedas representan una evolución tecnológica significativa en el mercado financiero global, ofreciendo un sistema de comercio digital sin tarifas que podría revolucionar los mercados de comercio digital (Manjula. B. C et al., 2022). Sin embargo, presentan desafíos importantes, como la alta volatilidad, problemas de seguridad y un impacto ambiental negativo debido al consumo energético del minado (Anandhabalaji et al., 2022a; Anyssa et al., 2024a). A pesar de estos desafíos, hay un creciente interés en desarrollar criptomonedas más sostenibles, como las "green cryptocurrencies", que buscan minimizar el impacto ambiental (Anandhabalaji et al., 2022b; Anyssa et al., 2024b). Además, se están explorando nuevas tecnologías y enfoques, como el uso de la prueba de autoridad en lugar de la prueba de trabajo, para reducir las emisiones de carbono (Anandhabalaji et al., 2022c)

Figura 28

Representación de criptomonedas: Bitcoin, Ethereum y Litecoin



Nota. La imagen muestra monedas digitales que simbolizan tres de las criptomonedas más conocidas: Bitcoin, Ethereum y Litecoin. Representan el avance de las tecnologías financieras basadas en blockchain y su impacto en la economía global. Utilizada con fines educativos para analizar la evolución de los sistemas financieros descentralizados.

Globalización de los mercados financieros.

La globalización de los mercados financieros es un fenómeno que ha transformado significativamente la arquitectura financiera mundial, afectando tanto a las economías desarrolladas como a las emergentes. A continuación, se presentan los principales aspectos y efectos de esta globalización:

Transformación de la Arquitectura Financiera Mundial

La globalización financiera ha llevado a cambios cualitativos y cuantitativos en el entorno institucional de la economía global, reestructurando la interacción y la interdependencia de todos los componentes del sistema financiero global (Shkurat, 2023a).

La crisis económica y financiera de 2007-2009 y la pandemia de COVID-19 han resaltado la vulnerabilidad de los mercados financieros a los choques externos, provocando fluctuaciones significativas en los índices bursátiles y tipos de cambio (Shkurat, 2023b).

Impacto en los Mercados Nacionales

La globalización ha reducido las barreras regulatorias y ha facilitado el movimiento rápido de capital entre mercados nacionales, lo que ha intensificado tanto los beneficios como los desafíos regulatorios (Zadorozhna, 2020).

La liberalización de los flujos de capital ha convertido al sistema financiero global en un canal para la propagación de la inestabilidad financiera (Levin, 2023a).

Integración y Desigualdades

La globalización financiera implica un aumento en los flujos de capital y su intensidad, medido por la apertura de los mercados financieros nacionales y el grado de integración financiera (Ciurlau & Ianc, 2020).

Sin embargo, esta integración también ha llevado a desequilibrios en los mercados de capital, afectando el crecimiento económico global y aumentando los riesgos sistémicos (Levin, 2023b).

Innovación y Tecnología

La globalización ha impulsado la necesidad de soluciones financieras innovadoras y tecnológicamente avanzadas, que operen con alta precisión y fiabilidad en tiempo real.

Perú en los Mercados Mundiales: Comercio colonial y minería.

El comercio colonial y la minería en Perú durante la época colonial jugaron un papel crucial en los mercados mundiales, especialmente a través de la explotación de recursos minerales como la plata y el cobre.

- a. **Sistema de Mita:** En el Perú colonial, el sistema de mita fue fundamental para la explotación minera. Este sistema de trabajo forzado involucraba a la población indígena en actividades mineras, como en las minas de Huancavelica, y también en otras industrias como la textil y la ganadería en diferentes regiones del país (Ormeño & Chueca, 2022a). La mita fue un componente central del orden económico colonial, aunque su aplicación variaba entre las regiones de la sierra y la costa (Ormeño & Chueca, 2022b).
- b. **Innovaciones y Dinamismo:** A principios del siglo XX, la élite minera peruana mostró un notable dinamismo e innovación, especialmente durante el auge del cobre. Estos empresarios peruanos movilizaban capital y tecnología ambiental, y utilizaron el poder del estado para desafiar la creciente hegemonía de los intereses estadounidenses en el corredor del cobre de Perú (Rubio, 2024a). Este periodo se caracterizó por una resistencia local a la influencia extranjera y un escepticismo hacia el libre comercio (Rubio, 2024b).

Impacto en los Mercados Mundiales

- a. **Exportación de Minerales:** La minería en Perú, especialmente de plata y cobre, fue crucial para los mercados mundiales. La plata, en particular, fue un recurso valioso que alimentó el comercio global, conectando a Perú con economías de Europa y Asia.
- b. **Influencia Colonial:** La explotación minera en Perú no solo tuvo un impacto económico, sino también cultural y social, influyendo en las estructuras de poder y en las relaciones entre colonizadores e indígenas (Romano, 2021).

Reformas económicas: TLC y apertura comercial.

La apertura comercial y la firma de Tratados de Libre Comercio (TLC) han sido elementos clave en la reforma estructural de la economía peruana. Estas reformas han permitido a Perú integrarse más profundamente en los mercados mundiales, impulsando sectores clave y promoviendo un entorno económico más competitivo.

Impacto de la Apertura Comercial

- a. **Impulso a Sectores Clave:** La liberalización del comercio, inicialmente de manera unilateral y posteriormente a través de TLC, ha sido fundamental para el crecimiento de sectores como la agricultura y la minería en Perú. La reducción de aranceles ha facilitado el acceso a mercados externos, aumentando las exportaciones en estos sectores (Rossini et al., 2018a).
- b. **Cambios en la Normativa Aduanera:** La firma de múltiples TLC ha generado cambios significativos en la normativa aduanera peruana. Estos acuerdos han llevado a la implementación de nuevas obligaciones y procedimientos que facilitan el comercio, especialmente con socios comerciales asiáticos (Báscones, 2017).

Institucionalización de las Reformas

- a. **Adopción de Principios de la OMC:** Perú ha mantenido sus reformas comerciales alineadas con los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Esto ha implicado la introducción de pocas restricciones nuevas, todas ellas a través de instrumentos sancionados por la OMC, lo que ha ayudado a consolidar una visión positiva de Perú en la economía internacional (Baracat et al., 2015a; Baracat et al., 2013a).
- b. **Sostenibilidad de las Reformas:** A diferencia de otros países como Argentina, que han regresado a políticas de sustitución de importaciones, Perú ha sostenido sus

reformas comerciales mediante la aplicación de principios de gobernanza basados en la OMC. Esto ha permitido a Perú mantener una gestión económica dentro de un marco regulatorio internacionalmente reconocido (Baracat et al., 2015b; Baracat et al., 2013b).

Desafíos y Futuro de las Reformas

- a. **Conflictos con Productores Locales:** Aunque los TLC han reducido conflictos al ofrecer acceso a importaciones de alta tecnología, todavía existen desafíos en equilibrar los intereses de los productores locales con los beneficios de la apertura comercial (Rossini et al., 2018b).
- b. **Necesidad de Fortalecer Instituciones:** Para que las reformas comerciales continúen siendo efectivas, es crucial fortalecer las instituciones nacionales que implementan y supervisan estas políticas, asegurando que se mantengan dentro de los marcos internacionales aprobados (Baracat et al., 2015c; Baracat et al., 2013c).

Exportaciones Clave de Perú en los Mercados Mundiales

Perú es un país con una rica diversidad de recursos naturales, lo que le permite ser un actor importante en el comercio internacional de minerales y productos agrícolas. Estos sectores son fundamentales para la economía peruana, contribuyendo significativamente a sus exportaciones.

Exportaciones de Minerales

- a. **Minerales Principales:** Perú es conocido por la exportación de minerales como el cobre, oro, plata, y zinc. Estos minerales representan una parte sustancial de las exportaciones del país, con el cobre siendo uno de los más competitivos en el mercado internacional (Ramírez & Letzkus, 2018a; Svampa, 2015).
- b. **Competitividad en Minerales:** Perú ha mostrado una competitividad notable en la exportación de minerales refinados, especialmente cobre, lo que le permite mantener una posición fuerte en mercados como el chino (Ramírez & Letzkus, 2018b; Rabanal & Rabanal, 2016a).

Exportaciones de Productos Agrícolas

- a. **Productos Agrícolas Destacados:** Entre los productos agrícolas más exportados se encuentran las uvas, arándanos, aguacates y espárragos. Estos productos han mostrado un crecimiento significativo en los mercados internacionales, con las uvas

y los arándanos liderando en competitividad (Nina Quispe et al., 2024a; Soriano-Colchado et al., 2024; Coayla& Bedón, 2020a).

- b. Diversificación de Mercados:** Aunque el mercado estadounidense sigue siendo el principal destino para las exportaciones agrícolas peruanas, hay un esfuerzo creciente por diversificar los mercados de exportación. Esto incluye la exploración de nuevos mercados emergentes y la reducción de la concentración en mercados tradicionales (Nina Quispe et al., 2024b).
- c. Productos Orgánicos y Superalimentos:** Perú también es un líder mundial en la exportación de productos nativos orgánicos, como la quinua y la maca, que son altamente demandados por su valor nutricional (Coayla & Bedón, 2020b).

Desafíos y Oportunidades

- a. Desafíos Competitivos:** A pesar de su éxito, Perú enfrenta desafíos en términos de diversificación de exportadores y mercados, especialmente en productos como el espárrago y el aguacate, que requieren estrategias más robustas para mejorar su competitividad (Nina Quispe et al., 2024c; Yaulilahua et al., 2023).
- b. Impacto de la Demanda China:** La demanda china ha tenido un impacto significativo en las exportaciones peruanas, especialmente en el sector de minerales, donde la competencia y la demanda han influido en la redirección de productos hacia China (Rabanal & Rabanal, 2016b).
- c. Desafíos:** dependencia de commodities, cambio climático.

Perú enfrenta desafíos significativos en los mercados mundiales debido a su dependencia de los commodities y los impactos del cambio climático. Estos factores afectan tanto la economía como la sostenibilidad ambiental del país.

Dependencia de Commodities

Agricultura y Commodities: Perú, como parte de América Latina y el Caribe, tiene un papel crucial en satisfacer la demanda agrícola global. La integración de mercados agrícolas globales puede aumentar la producción y los ingresos comerciales, pero también presenta desafíos como la reducción de emisiones y la competencia por la tierra, lo que puede afectar la producción ganadera y aumentar los gastos de los consumidores (Yarlagadda et al., 2023).

Café como Commodity: La producción de café, un commodity importante, es altamente

sensible al cambio climático. Los pequeños agricultores de café en Perú son particularmente vulnerables debido a su dependencia territorial y las asimetrías económicas y sociales dentro de la cadena de valor del café (Morales et al., 2022).

Estrategias de internacionalización y comercio exterior

Las estrategias de internacionalización y comercio exterior en Perú, desde el ámbito de políticas gubernamentales, han sido diversas y han evolucionado con el tiempo para adaptarse a las necesidades económicas y globales del país.

a. Políticas de Promoción de Exportaciones

El gobierno peruano ha implementado medidas para mejorar la competitividad de las exportaciones, especialmente de productos no tradicionales. Desde la década de 1970, se han enfocado en proteger a los exportadores y en difundir los beneficios de los productos de exportación (Muñoz et al., 2020). Además, las políticas de apertura comercial han sido cruciales para el desarrollo económico y el rendimiento de sectores productivos, como el de frutas y hortalizas, que han visto un crecimiento significativo gracias a estas políticas (Colchao & Carrillo, comunicación personal, 2023).

b. Liberalización Comercial

La liberalización de barreras comerciales en Perú, especialmente entre 2000 y 2015, fue liderada por el Ministerio de Economía y Finanzas, junto con exportadores tradicionales y diversificados. Esta liberalización fue facilitada por la débil influencia de la fuerza laboral formal y grupos de consumidores orientados al liberalismo (Pacheco, 2022).

c. Facilitación del Comercio

La implementación de políticas de facilitación del comercio, como la digitalización de procesos de importación y declaraciones aduaneras anticipadas, ha modernizado y simplificado el cumplimiento aduanero en la frontera terrestre entre Perú y Chile. Estas medidas han reducido el tiempo y los costos asociados al comercio, promoviendo un flujo más eficiente de bienes (Delgado-Caceres, 2023).

d. Diversificación de Mercados

La diversificación de mercados es esencial para la estabilidad y competitividad en el comercio internacional. En el caso de las exportaciones de uvas frescas, se ha

promovido la diversificación geográfica para fortalecer el sector vitivinícola peruano (Nina Quispe et al., 2024d).

e. **Resistencia Social y Acuerdos Comerciales**

Los movimientos sociales en Perú han influido en la agenda de acuerdos comerciales, como el Acuerdo Comercial Multipartes con la Unión Europea, presionando para el cumplimiento de derechos laborales y estándares ambientales (Preusser, 2023).

f. **Impacto de la Pandemia**

Cambios en las cadenas de suministro y digitalización

La pandemia ha tenido un impacto significativo en las cadenas de suministro, impulsando cambios hacia la digitalización y la adopción de tecnologías emergentes para mejorar la resiliencia y eficiencia.

Cambios en las Cadenas de Suministro

- a. **Disrupciones y Adaptación:** La pandemia causó disrupciones sin precedentes en las cadenas de suministro debido a un aumento repentino en la demanda de ciertos productos y escasez de suministros. Esto ha llevado a una reconfiguración de las cadenas de suministro globales, con un enfoque en la automatización y digitalización para mejorar la planificación y gestión (Reza et al., 2021a; Panwar et al., 2022).
- b. **Resiliencia y Sostenibilidad:** Las empresas han buscado aumentar la resiliencia de sus cadenas de suministro mediante la adopción de tecnologías de la Industria 4.0, como el IoT, big data, y blockchain, que permiten una mejor gestión de riesgos y una recuperación más rápida ante incertidumbres (Reza et al., 2021b; Kumar et al., 2024; Joshi & Sharma, 2022a).

Digitalización

- a. **Tecnologías de la Industria 4.0:** La digitalización ha sido clave para mantener la resiliencia de las cadenas de suministro. Tecnologías como la computación en la nube, la manufactura aditiva y el blockchain han sido identificadas como esenciales para gestionar las disrupciones (Reza et al., 2021; Joshi & Sharma, 2022b; Aamer et al., 2022).
- b. **Cadenas de Suministro Digitales:** La digitalización ha permitido a las empresas mejorar su agilidad, colaboración y visibilidad de extremo a extremo, lo que es crucial para reducir riesgos y mejorar la capacidad de respuesta (Joshi & Sharma, 2022c;

Khazanchi & Bernsteiner, 2024).

- c. **Economía Digital:** La pandemia ha acelerado la transición hacia una economía digital, con un aumento significativo en el uso de sistemas de información de la cadena de suministro, especialmente en países en desarrollo (Mufadhol et al., 2022).

Recuperación económica y nuevas oportunidades de exportación.

La recuperación económica de Perú tras la pandemia de COVID-19 y las nuevas oportunidades de exportación se centran en varios sectores clave, como el turismo y la minería, que han sido significativamente afectados, pero también presentan potencial para el crecimiento futuro.

Impacto General: La pandemia causó una fuerte recesión en Perú, con una caída del 12% en la tasa de crecimiento económico en 2020 (Varona & Gonzales, 2021). Sin embargo, se observó una recuperación en forma de V, con una mejora en los niveles de producción hacia finales de 2020 (Campos, 2021).

- a. **Turismo:** El turismo, un sector crucial para la economía peruana, sufrió un colapso casi total, afectando a 1.4 millones de trabajadores, principalmente mujeres (Zorrilla, 2021a). Se propone diversificar el turismo hacia formas no tradicionales, como el turismo en la costa tropical del norte, para revitalizar el sector (Zorrilla, 2021).
- b. **Minería Artesanal:** La minería artesanal y a pequeña escala también fue impactada, con complicaciones en la formalización del sector y un aumento en la actividad criminal (Smith-Roberts et al., 2021a). Se recomienda fortalecer las comunidades mineras y las cadenas de suministro de oro para mejorar la situación (Smith-Roberts et al., 2021).

Nuevas Oportunidades de Exportación

- a. **Demanda Externa:** La recuperación económica de Perú debe centrarse en la demanda externa más que en la interna, aprovechando las ventajas comparativas del país en sectores como el turismo y la minería (Zorrilla, 2021c).
- b. **Textiles:** El sector textil, especialmente en Lima, experimentó variaciones significativas en los ingresos debido a la pandemia. La recuperación podría enfocarse en mejorar las condiciones laborales y sanitarias para aumentar la productividad y las exportaciones (Arroyo-Laguna & Timaná-Ruiz, 2022a). La recuperación económica de Perú tras la pandemia de COVID-19 y las nuevas oportunidades de exportación se

centran en varios sectores clave, como el turismo y la minería, que han sido significativamente afectados, pero también presentan potencial para el crecimiento futuro.

- c. **Perspectivas Futuras:** Mercados emergentes: tecnología, energías renovables, turismo.

Transición a Energías Renovables

En los mercados emergentes, la transición hacia fuentes de energía renovable es crucial para cumplir con las necesidades ambientales globales. Sin embargo, esta transición enfrenta barreras como restricciones financieras y riesgos geopolíticos. A pesar de estas barreras, se ha encontrado que el desarrollo financiero tiene un efecto positivo significativo en la transición hacia energías renovables. Curiosamente, los riesgos geopolíticos también han mostrado un efecto positivo en el consumo de energía renovable, especialmente a largo plazo (Alsagr & Van Hemmen, 2021a).

Estrategias de Desarrollo Empresarial

Las estrategias de desarrollo empresarial en mercados emergentes han evolucionado significativamente. Históricamente, se basaban en inversiones directas y exportaciones, pero ahora se enfocan en comprender la cultura local, formar asociaciones beneficiosas con empresas locales y adaptar productos y servicios a las necesidades locales. La tecnología, especialmente en sectores como el comercio electrónico y las telecomunicaciones, ha abierto nuevas oportunidades para los negocios (Daraojimba et al., 2023a).

Oportunidades de Inversión

Los mercados emergentes ofrecen oportunidades de inversión en sectores como tecnología, infraestructura, energía, agricultura y farmacéutica. Sin embargo, estos mercados también presentan riesgos significativos, como la inestabilidad política y cambios desfavorables en la política regulatoria. A pesar de estos riesgos, el rápido desarrollo económico y el creciente poder adquisitivo de los consumidores en estos mercados representan perspectivas atractivas para los inversores (Onishchuk & Kushnir, 2023a).

Transición a Energías Renovables

En los mercados emergentes, la transición hacia fuentes de energía renovable es crucial para cumplir con las necesidades ambientales globales. Sin embargo, esta transición enfrenta barreras como restricciones financieras y riesgos geopolíticos. A pesar de estas barreras, se

ha encontrado que el desarrollo financiero tiene un efecto positivo significativo en la transición hacia energías renovables. Curiosamente, los riesgos geopolíticos también han mostrado un efecto positivo en el consumo de energía renovable, especialmente a largo plazo (Alsagr & Van Hemmen, 2021c).

Estrategias de Desarrollo Empresarial

Las estrategias de desarrollo empresarial en mercados emergentes han evolucionado significativamente. Históricamente, se basaban en inversiones directas y exportaciones, pero ahora se enfocan en comprender la cultura local, formar asociaciones beneficiosas con empresas locales y adaptar productos y servicios a las necesidades locales. La tecnología, especialmente en sectores como el comercio electrónico y las telecomunicaciones, ha abierto nuevas oportunidades para los negocios (Daraojimba et al., 2023b).

Oportunidades de Inversión

Los mercados emergentes ofrecen oportunidades de inversión en sectores como tecnología, infraestructura, energía, agricultura y farmacéutica. Sin embargo, estos mercados también presentan riesgos significativos, como la inestabilidad política y cambios desfavorables en la política regulatoria. A pesar de estos riesgos, el rápido desarrollo económico y el creciente poder adquisitivo de los consumidores en estos mercados representan perspectivas atractivas para los inversores (Onishchuk & Kushnir, 2023b).

2.23. EL MEGA PUERTO DE CHANCAY: IMPACTO ECONÓMICO Y DESARROLLO

La construcción del Mega Puerto de Chancay, situado a 80 kilómetros al norte de Lima, se perfila como uno de los proyectos más transformadores en la historia de la infraestructura peruana. Este ambicioso desarrollo, impulsado por una inversión multimillonaria y respaldado por socios internacionales, tiene como objetivo convertir al Perú en un eje estratégico del comercio entre Asia y América Latina.

Diseñado para manejar grandes volúmenes de carga y con capacidad de operar 24/7, el puerto aliviará la congestión de otros terminales y permitirá que el flujo de comercio marítimo se realice con mayor rapidez y eficiencia. Su impacto económico es multifacético: la construcción y operación del puerto generarán miles de empleos directos e indirectos, promoviendo el crecimiento de sectores como la logística, el transporte y la industria en general. Además, se prevé que la actividad portuaria dinamice la economía de la región de

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Chancay, atrayendo inversiones tanto nacionales como internacionales, y fomentando la creación de nuevos polos industriales y comerciales en su entorno.

Sin embargo, este megaproyecto no está exento de retos, que incluyen garantizar la sostenibilidad ambiental y gestionar adecuadamente el impacto en las comunidades locales. El Mega Puerto de Chancay simboliza la ambición del Perú por fortalecer su competitividad y presencia en el comercio global.

La inauguración de la primera fase del Mega Puerto de Chancay coincide con la visita del presidente de China, Xi Jinping, al Perú durante la cumbre de líderes del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC), creando un marco ideal para anunciar al mundo la magnitud de este proyecto. Esta obra de ingeniería se presenta como un punto estratégico en la red de comercio marítimo, con el propósito de consolidar al Perú como un centro logístico clave en el Pacífico sudamericano. Su desarrollo simboliza la colaboración entre Perú y China y refuerza los lazos comerciales con mercados como Japón, Corea del Sur e Indonesia. La inauguración de esta fase inicial subraya la relevancia del puerto en la región, impulsando la competitividad y conectividad del país y destacando su papel en la cooperación y el comercio internacional (Cervilla, 2024).

Figura 29

Línea de tiempo: Historia de un Puerto. PuntoEdu PUCP



Las rutas hacia un mundo en evolución constante



Nota. Andina, (2024).

Este desarrollo multimodal se realizó debido a que Cosco Shipping evaluó una distribución de mercancías a lo largo de Europa por medios más rápidos y económicos como el ferrocarril. COSCO por lo tanto desarrolló el China-Europe Land-Sea Express (CELSE) con base en el Puerto de El Pireo. El transporte multimodal comienza por vía marítima desde el puerto de Ningbo en China, hasta el Puerto de El Pireo. Luego, el viaje continúa por tierra a través del ferrocarril que sube a Budapest en Europa central a través de Skopje en Macedonia y Belgrado en Serbia. En la actualidad, CELSE cuenta con 17 trenes en operación por semana, que cubren 1,500 puntos interiores en nueve países, lo que hace que la conexión en Europa sea más eficiente y conveniente (Buchell, 2021).

En cuanto a desarrollo, en este puerto se lleva a cabo la Convención de Transporte Marítimo Bianual de Posidonia, la cual es visitada por empresarios del sector de todo el mundo. Asimismo, Pireo es un miembro de los Eco Ports o puertos eco ambientales y cuenta con una certificación ISO 14001 en cuanto a gestión ambiental contando con servicios de disposición de residuos generados por las embarcaciones, realiza pruebas a las aguas para evaluar los niveles de contaminación y trabaja con colegios cercanos para educar en cuanto al cuidado del medio ambiente.

En cuanto a investigación, el puerto se ha asociado con la Universidad de Pireo y la Universidad de Cardiff para implementar un programa de monitoreo de la calidad de las aguas marinas y también cuenta con una sociedad con la Universidad Nacional Técnica de

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Atenas para monitorear los niveles de contaminación aérea. Finalmente, es importante mencionar la red permanente de aguas residuales que se ha desarrollado con los cruceros atracados en el puerto Pireo como hoteles flotantes, contribuyendo a los negocios locales de turismo. En ese sentido, todas las embarcaciones pueden descargar sus aguas residuales en el puerto y estas son conducidas directamente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atenas (Buchelli, 2021).

El 26 de mayo, Terminales Portuarios Chancay, empresa del grupo minero Volcán, dio inicio oficial a las obras de construcción de un terminal portuario en la ciudad de Chancay, al norte de Lima, con una inversión total de US\$1.850 millones. El proyecto se desarrollará en seis etapas a lo largo de 17 años, cubriendo 96 hectáreas, lo que lo convierte en el doble de grande que el puerto del Callao.

La primera etapa, con un presupuesto de US\$80 millones, contempla el movimiento de tierras, la instalación de áreas para graneles, sólidos líquidos y material rodante, y la construcción de un túnel subterráneo que conectará el puerto con la ciudad de Chancay, una obra que se espera finalizar en 2019. En las fases posteriores se construirán más muelles, incluidos un granelero y amarraderos para contenedores, con la tercera fase, que comenzará en 2024, enfocada en la construcción de la infraestructura para contenedores. Para esta fase, la empresa planea invitar a operadores portuarios de Asia, Europa y Latinoamérica a participar como socios estratégicos a través de un banco de inversión, siendo este el primer puerto de titularidad privada y uso público del Perú (MundoMaritimo, 2016).

La construcción del Megapuerto de Chancay avanzó con una visión de impacto económico y logístico sin precedentes en la región, pero enfrenta cuestionamientos sobre sus implicancias ambientales y sociales. Si bien se proyecta como un motor de dinamismo económico, facilitando exportaciones hacia Asia y generando empleo, el proyecto también acarrea impactos significativos en los ecosistemas y comunidades locales.

Figura 30

Infraestructura portuaria y actividad marítima



Nota. La imagen muestra un puerto marítimo con infraestructura moderna, incluyendo grúas y embarcaciones. Representa la importancia de los puertos en el comercio internacional y en el desarrollo económico de las regiones costeras. Utilizada con fines educativos para analizar la logística y la actividad comercial vinculada al transporte marítimo.

Entre los problemas más notables destacan la afectación al humedal Santa Rosa, un ecosistema frágil y vital para aves migratorias, y la contaminación del aire y el agua en las áreas de influencia. Además, la erosión costera y los efectos sobre la fauna marina generan preocupación, al igual que los riesgos para la pesca artesanal y el turismo. Estos problemas se agravan por la falta de normativa ambiental adecuada durante los primeros años de planificación, que limitó una identificación temprana de estos impactos. Aunque el proyecto cuenta con instrumentos de gestión ambiental aprobados, como el EIA de 2013 y el ITS de 2015, se critica la ausencia de criterios técnicos específicos que garantizaran medidas preventivas efectivas.

Ante este escenario, el informe de la SPDA destaca la importancia de reforzar la institucionalidad ambiental en el país, estableciendo estándares más claros y participativos que permitan equilibrar el desarrollo económico con la protección del medio ambiente y la

calidad de vida de las comunidades afectadas (Suárez, 2024).

El Planeamiento Estratégico Nacional al 2050 busca proteger las zonas geoestratégicas y activos críticos del país, promoviendo proyectos como el Megapuerto de Chancay, diseñado para recibir mega buques y descongestionar el puerto del Callao. Este puerto, clave para el comercio del Asia-Pacífico, está ligado al corredor vial bioceánico que conecta Brasil, Chile, Argentina y Paraguay con mercados asiáticos, fomentando dinamismo comercial y nuevas oportunidades industriales. Se proyecta como un centro gravitacional del comercio marítimo sudamericano, atrayendo inversión y generando desarrollo económico y social. Sin embargo, el crecimiento sostenible requiere modernizar otros puertos nacionales como Paita y Matarani, y afrontar posibles rivalidades internacionales con estrategias bien estructuradas. En este contexto, las Fuerzas Armadas tendrán un papel crucial, asegurando la implementación de los objetivos estratégicos mediante capacitación y equipamiento adecuados, lo que permitirá consolidar al Perú como un eje económico regional (Villagra, 2023).

El Megapuerto de Chancay representa un hito clave para el desarrollo económico y logístico del Perú, posicionándolo como un punto estratégico en el comercio Asia-Pacífico y fortaleciendo su competitividad regional. Este megaproyecto, con una inversión significativa y una infraestructura de vanguardia, promete generar dinamismo en sectores como el transporte, la logística y la industria, además de consolidar al país como un centro gravitacional del comercio marítimo sudamericano.

Figura 31

Inauguración del megapuerto de Chancay



Nota. La imagen muestra la inauguración del megapuerto de Chancay, una infraestructura clave para el comercio marítimo en el Perú. Este puerto busca fortalecer las conexiones comerciales internacionales, especialmente con Asia, gracias a su capacidad de manejar grandes volúmenes de carga. Utilizada con fines educativos para analizar el impacto económico y logístico de esta obra en la región.

Sin embargo, este progreso no está exento de desafíos. Los impactos ambientales y sociales, como la afectación al humedal Santa Rosa y los ecosistemas marino-costeros, reflejan la urgencia de fortalecer la institucionalidad ambiental para garantizar un desarrollo sostenible. Autores como Diana Suárez (2024) y Villagra (2023) destacan la necesidad de una estrategia nacional que combine crecimiento económico con la protección de recursos naturales y la mejora de la calidad de vida en las comunidades locales. Asimismo, experiencias internacionales, como el puerto de El Pireo en Grecia (Buchell, 2021), evidencian que el éxito de proyectos de esta magnitud requiere de estándares ambientales claros, participación ciudadana y una planificación integral. En este contexto, el Megapuerto de Chancay simboliza una oportunidad única para el Perú, siempre que el desarrollo económico y la sostenibilidad avancen de la mano.

2.24. EL PUERTO ESPACIAL DE TALARA – PIURA

La ciudad de Talara, en Piura, se alista para un proyecto innovador: la construcción de un puerto espacial con apoyo de Estados Unidos. Según el comandante general de la Fuerza Aérea del Perú (FAP), Carlos Chávez, este desarrollo permitirá que Perú lance su primer vehículo al espacio en un período de tres a cinco años. Chávez destacó el progreso acelerado y la importancia de un acuerdo con la NASA para lanzar cohetes sonda en 2028.

“La base de Talara, ubicada a solo cuatro grados del ecuador, ofrece una ventaja estratégica significativa”, señaló Chávez a TV Perú, subrayando que esta posición privilegiada favorecerá la creación de una estación para el lanzamiento de vehículos espaciales y suborbitales.

El proyecto del puerto espacial en Talara, Piura, hubo muchas opiniones y preocupaciones, especialmente en relación con su impacto ambiental. Organizaciones ambientalistas han dado sus preocupaciones de posibles efectos negativos en la biodiversidad de la región y en los ecosistemas marinos cercanos. Además, se ha opinado la necesidad de evaluar el

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

impacto en las comunidades locales y en las actividades económicas tradicionales de la región.

A diferencia de algunos expertos destacan que, si se respetan reglas de mitigación adecuadas/estrictas, el proyecto podría coexistir con el entorno natural y aportar beneficios económicos y tecnológicos al país. Es importante que se hagan estudios de impacto ambiental exhaustivos y que se permita la participación de la comunidad en el proceso de planificación y ejecución del proyecto.

La construcción de un puerto espacial en Talara- Piura da tantas oportunidades como desafíos ambientales. Hablando de otro tema, puede impulsar la investigación espacial y generar desarrollo económico. Sin embargo, también implica riesgos como el consumo excesivo de agua, la contaminación del suelo y el aire, y la emisión de gases de efecto invernadero. Es importante que este proyecto se desarrolle de manera sostenible, siguiendo reglas estrictas para mitigar los impactos negativos ambientales y aprovechar las energías renovables. Un balance cuidadoso entre el progreso tecnológico y la protección del medio ambiente es fundamental para dar un futuro sostenible.

Figura 32

Combinación de desarrollo costero y tecnología aeroespacial



Nota. La imagen representa una superposición de un paisaje costero urbano y el lanzamiento de un cohete, simbolizando el contraste y la integración entre el desarrollo local y los avances tecnológicos globales. Utilizada con fines educativos para analizar la coexistencia

de actividades tradicionales y la innovación en un mundo en constante cambio.

El proyecto del puerto espacial en Talara, Piura, tiene un avance sin precedentes para Perú y América Latina. Con apoyo de Estados Unidos y la colaboración directa con la NASA, el proyecto del puerto espacial busca posicionar al país como un centro estratégico en la exploración espacial. El puerto se utilizará para lanzar satélites, promover investigaciones científicas y desarrollar tecnología aeroespacial, dando unas cosas positivas en la educación y empleo.

También es una iniciativa pionera en Perú, que busca desarrollar capacidades aeroespaciales y colocar al país en la vanguardia tecnológica de América Latina. Con una inversión inicial estimada en más de 1,000 millones de soles, incluyendo cooperación de Estados Unidos y la NASA. Entre sus objetivos está facilitar lanzamientos espaciales independientes para comunicaciones, investigación científica y defensa nacional, además de impulsar la educación y el turismo.

La elección de Talara es estratégica, debido a su ubicación cercana al ecuador, ideal para lanzamientos espaciales eficientes. El proyecto se beneficiará del suministro de combustibles avanzados desde la refinería local de Petroperú, diseñada para cubrir las necesidades específicas de vehículos espaciales. Se espera que el puerto genere empleos, fomente la creación de industrias tecnológicas, y posicione a la región como un centro de transporte espacial en Sudamérica.

Además, este proyecto forma parte de una política nacional espacial más amplia, liderada por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial, que busca fortalecer las capacidades tecnológicas y de seguridad del país.

Razón de la creación del puerto espacial en Perú

¿Por qué el Perú y no Chile, Uruguay o algún otro país de la región?

La razón de porque se hizo el puerto espacial en Perú es por su ubicación geográfica

Cuando se lanza un cohete espacial (proceso de lanzamiento) pues al estar en la línea ecuatorial hace que la rotación gravitacional sea más rápida.

“Empecemos diciendo que el Perú tiene una posición geográfica estratégica. El hecho de estar cerca de la línea ecuatorial. Esta juega un papel muy importante en el tema de lanzamientos al espacio”, dijo Ávido Román González, un ingeniero peruano que participó en investigaciones de la Agencia Espacial Francesa y el Centro Aeroespacial Alemán.

Beneficios del proyecto

El puerto espacial de Talara no es sólo un proyecto local, esto puede llegar a dar un mejor futuro para Perú. Este tipo de proyectos puede hacer que Perú se vuelva como uno de los países importantes en la industria aeroespacial, una de las más competitivas a nivel global. El proyecto del puerto espacial de Talara puede ser también una fuente de orgullo nacional. Imagina a los peruanos viendo como su país participa en misiones espaciales, dando más motivaciones en estudiar la ciencia y tecnología.

“El sueño de que el Perú avance en el rubro espacial está cada vez más cerca de hacerse realidad con la futura construcción de un puerto espacial en Talara, Piura. Este proyecto, liderado por el Ministerio de Defensa (Mindef) y administrado por Proinversión, promete marcar un antes y un después en la capacidad tecnológica y de innovación del país. Con una inversión millonaria y el respaldo de organismos internacionales, el puerto espacial no solo elevará el perfil de Perú en el ámbito científico y tecnológico, sino que también ofrecerá múltiples beneficios económicos y estratégicos.” Según Katherine Morales. El proyecto no sólo va beneficiar esto, sino también a los ciudadanos debido a la creación de empleos, más desarrollo al turismo científico y tecnológico y el desarrollo de una nueva Industria en torno a la exploración espacial.

El proyecto como centro de innovación tecnológica

El puerto espacial de Talara tiene la posibilidad de poder volverse un buen punto para el desarrollo en la innovación tecnológica en Perú. No sólo se trata de construir sólo infraestructuras para lanzar cohete, sino también para crear una sociedad que mejore el desarrollo de nuevas tecnologías en muchas áreas como telecomunicaciones, materiales avanzados y energías limpias. imagina un lugar donde ingenieros, científicos, etc. puedan ayudar con expertos para diseñar y mejorar las tecnologías que no sólo servirán en el espacio, sino también en la tierra.

Gestión de riesgos en el proyecto

Esto aun así preocupa a muchos ya que el proyecto del puerto espacial también va enfrentar desafíos, como asegurar un equilibrio entre el desarrollo industrial y la preservación ambiental puede haber un equilibrio si se sigue reglas estrictas o también con el uso de algunos proyectos que ayuden con la limpieza de la contaminación ambiental para reducir el impacto negativo en el ambiente y poder asegurar un futuro más sostenible.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

La alcaldesa provincial de Talara, Rosa Vega Castillo, junto con el gerente de Servicios Públicos, Dante Talledo Chumpitazi, informaron a la ministra del Ambiente, Fabiola Muñoz Dodero, sobre los graves problemas de contaminación que afectan a Talara desde hace más de un siglo, cuando se instaló la Refinería de Talara. Además, señalaron que la situación ha empeorado con el Proyecto de Modernización de la Refinería.

Durante una reunión en Lima, donde participaron representantes del Ministerio del Ambiente (MINAM), OEFA y SENAMHI, explicaron que los desechos generados por el corte del cerro El Faro, posiblemente contaminados, están siendo depositados en quebradas cercanas a la ciudad. También destacaron los altos niveles de dióxido de azufre detectados por la Estación de Vigilancia Ambiental Permanente.

OEFA reafirmó su compromiso de seguir monitoreando las emisiones contaminantes y analizar el material del cerro El Faro. También se comprometió a presentar los resultados del monitoreo ambiental realizado desde marzo con una estación itinerante en Talara.

La Municipalidad Provincial de Talara recordó que estas acciones se derivan de una denuncia presentada en marzo ante la Fiscalía Ambiental por el vertimiento de materiales contaminantes. Por su parte, SENAMHI propuso instalar una red de monitoreo ambiental y estaciones meteorológicas para fortalecer la gestión de riesgos y emergencias en la ciudad. El 2 de agosto, especialistas del SENAMHI llegaron a Talara para evaluar estas iniciativas. Además, el gerente Dante Talledo mencionó que se han gestionado recursos con el Consulado de Noruega para ampliar un convenio con Perú y obtener apoyo técnico y financiero para restaurar el Bosque Pariñas y la Quebrada Yale.

Estrategias de mitigación de riesgos en operaciones Espaciales

Operar un puerto espacial no es tan fácil ya que se incluye muchos riesgos, desde fallos técnicos hasta impactos ambientales. Por eso la planificación es importante, debe tener estrategias muy claras para minimizar cualquier posible problema. De ejemplo ya sea que antes de cada lanzamiento, se deben hacer análisis para poder asegurar que las condiciones climáticas estén adecuadas. También el diseño de los cohetes y las instalaciones debe seguir con las reglas estrictas internacionales porque esto reduce los riesgos de explosiones o accidentes.

Es muy importante pensar en cómo manejar los residuos espaciales o los restos de cohetes que puedan caer en zonas cercanas. Talara, al ser un área con ecosistemas frágiles, se tendrá

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

que seguir reglas estrictas para evitar contaminar el entorno, puede ser incluyendo sistemas de reciclaje para materiales espaciales o tecnologías que permitan recuperar las piezas usadas.

CAPÍTULO III
LA CONTAMINACION AMBIENTAL Y SUS EFECTOS

3.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Ocurre cuando sustancias nocivas, como dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión, se liberan al ambiente. Estas emisiones provienen principalmente de vehículos, fábricas, quema de combustibles fósiles y procesos industriales. La contaminación del aire puede provocar problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares y contribuye al cambio climático mediante el efecto invernadero. Además, afecta los ecosistemas al alterar los ciclos naturales y generar fenómenos como la lluvia ácida.

3.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Se origina por el vertido de desechos domésticos, industriales y agrícolas en cuerpos de agua como ríos, lagos y océanos. Entre los contaminantes comunes se encuentran productos químicos, aceites, metales pesados y plásticos. Esto pone en peligro a los ecosistemas acuáticos, disminuye la biodiversidad, afecta las cadenas alimenticias y pone en riesgo el acceso a agua potable. La eutrofización, causada por el exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo, genera la proliferación de algas, que disminuyen el oxígeno disponible para otras especies.

3.3. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Es causada por actividades como la deforestación, el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos, la minería y el depósito inadecuado de residuos sólidos. Esto provoca la degradación de la tierra, pérdida de fertilidad, alteración de los ecosistemas y riesgo para la salud humana por la acumulación de sustancias tóxicas. Además, el suelo contaminado puede filtrar químicos a las aguas subterráneas, agravando la contaminación hídrica y afectando tanto a las plantas como a los animales que dependen de él para su subsistencia.

3.4. CONTAMINACIÓN VISUAL

La contaminación visual ha sido definida de varias formas; Rozadas (2006) la define como el abuso de ciertos elementos “no arquitectónicos” que alteran la estética, la imagen del paisaje rural o urbano. No obstante, el Consejo Nacional del Ambiente (2002, citado en Hess, 2006) lo define como el cambio o desequilibrio en el paisaje, ya sea natural o artificial,

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

que afecta las condiciones de vida y las funciones vitales de los seres vivos.

La contaminación visual es la que percibe el sentido de la vista, y consiste en el abuso de los elementos de imagen que alteran la estética del paisaje, de forma que resultan agresivos e invasivos a tal sentido.

La contaminación visual es causada por medios de expresión pública (como carteles con anuncios publicitarios), cables, antenas, postes, estructuras deterioradas y vertederos clandestinos, entre otros, que por su tamaño, localización y acumulación sobrecargan el ambiente, convirtiéndose en elementos contaminantes. (Negrón, G, 2011). Todos estos componentes generan una estimulación de carácter descomunal, de modo combinado e invasivo se disemina mayormente en el contexto urbano, y atentan contra el paisaje arquitectónico de las metrópolis y del entorno natural (Yilmaz y Sagsoz, 2011). Rozadas (2006) expone que incluso los “árboles”, cuando están mal distribuidos, son de una especie inapropiada para el sitio, o no son podados frecuentemente, pueden afectar la circulación y causar alteraciones visuales. La relación entre espacios “construidos – baldíos y abandonados”, según esta misma autora, provoca a la larga un desgaste visual y desagradable en el sector donde se encuentra.

Figura 33

Ejemplo de contaminación visual causada por anuncios publicitarios



Nota. La imagen muestra una avenida con múltiples anuncios publicitarios y marcas reconocidas, destacando la presencia de centros comerciales y el tráfico vehicular característico de zonas urbanas. Representa el impacto del consumo masivo y la publicidad en la dinámica de las ciudades modernas. Utilizada con fines educativos para analizar la relación entre el desarrollo urbano y el consumo.

Pérez (2022, p. 64) indica que es una derivación de:

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- La introducción en el paisaje, ya sea rural o urbano, de determinados elementos que, por su forma, volumen, naturaleza, distribución espacial, material o color alteran la es-tética del entorno hasta el punto de resultar discordantes, hostiles o faltos de armonía.
- El abuso o la acumulación en el medio originario o urbano de elementos “no arquitectónicos” que transforman la fisonomía del paisaje de forma invasiva y provocan un impacto negativo en el observador.
- La interposición de elementos que perturban o impiden la visibilidad de otros.
- La falta de integración de un edificio o una estructura arquitectónica en el entorno que lo rodea.

Aun teniendo una definición sobre lo que es la contaminación visual, la sensibilidad ante estas alteraciones visuales suele ser en ciertos casos muy subjetiva y lleva a discusiones sobre lo que es bonito, arquitectónico, moderno, entre otros, especialmente en áreas urbanas, donde el ambiente es de tipo antrópico. Sin embargo, Nelessen (1994, citado en Maguire et al. 1997) ha desmentido la noción de que la belleza es totalmente subjetiva; mediante una investigación basada en encuestas sobre las preferencias de miles de personas de todas las razas y niveles socioeconómicos en los Estados Unidos reveló que estas personas tenían ideas similares acerca de lo que es deseable o atractivo, y de cómo ellos querían que lucieran sus vecindarios.

La Percepción ambiental

La percepción, según Rapoport (1974), es el mecanismo más importante que relaciona a los hombres con su ambiente. En este proceso la vista es normalmente el sentido dominante por razones tanto fisiológicas como psicológicas y de él depende en gran medida nuestra apreciación de la calidad del entorno. La percepción visual necesariamente involucra al que percibe y al medio percibido, contribuye en gran medida a la orientación y se apoya en el espacio, la distancia, textura, color, forma, contraste, entre otros. Muchos de estos datos no se reciben conscientemente, coexisten dos sistemas nerviosos en el que uno nota el estímulo y el otro procesa sólo algunos datos seleccionados, por lo que al parecer existen filtros (Broadbent, 1958, en: Rapoport, 1978). La información que no se selecciona, se recibe y clasifica, afectando a las personas inconscientemente; mientras más información manejable es procesada, el ambiente causa un impacto en la actitud y la estrategia. Algunas

características de los estímulos son la fuerza del mismo, el tamaño, localización, preeminencia, contraste, uso, significación simbólica, entre otros.

Efectos de la contaminación visual

La contaminación visual no sólo rompe la estética de una zona y en ocasiones, dificulta la visualización de conductores y transeúntes, sino que incluso puede afectar la salud de las personas ocasionando accidentes de tránsito, desequilibrio mental o emocional, estrés, trastornos de atención y alteraciones del sistema nervioso. Estas dificultades se ocasionan por diversos factores que van desde la cantidad de avisos que se encuentran en un mismo sector, hasta los colores y luces que se utilizan para llamar la atención.

Algunos autores como Nasar (1994) han investigado cómo la estética del exterior de las edificaciones afecta las respuestas evaluativas y afectivas de las personas ante el paisaje urbano.

Asimismo, Ulrich (citado en Maguire et al., 1997), demostró que el deterioro visual de las carreteras incrementa el estrés y reduce la habilidad para resolver problemas. Otras investigaciones sobre los efectos fisiológicos de la calidad visual y sus implicaciones en el bienestar de la comunidad, han demostrado como algunos ambientes con vegetación y espejos de agua, podían tener efectos calmantes en personas bajo fuerte estrés, a diferencia de lugares con escenas de tráfico y comercio.

Estas pueden ser algunas razones por las cuales los lugares “feos” afectan nuestro sentido de comodidad y por ende se siente menos conexión o responsabilidad con los mismos (Maguire et al., 1997).

Está comprobado que cuando el cerebro humano recibe más información visual de la que es capaz de procesar, produce un estado de tensiones en el sistema nervioso, con efectos en la salud.

Según Rapoport (1974), existe un límite innato a la cantidad de información que el hombre puede manejar simultáneamente, llamada Tasa de Información Utilizable, que se define como la información que recibe y procesa una persona en un tiempo dado. Este autor afirma que un entorno puede presentar un bajo contenido de información utilizable cuando los elementos son tan numerosos, variados y tan absolutamente desvinculados entre sí, que el sistema perceptivo queda sobrecargado, haciendo imposible obtener de él información utilizable alguna. Este tipo de señales tan intensas, provocan disgusto y aburrimiento en el

receptor.

Cuando una imagen supera el máximo de información que el cerebro puede asimilar (4bit/seg aproximadamente), se produce estrés visual y las reacciones psicofísicas se ven alteradas, la percepción se vuelve caótica y la lectura ordenada del paisaje se hace imposible (Arbohaín y Garcén, 2001). Estos autores explican que la situación ideal es la “complejidad visual”, que es intermedia entre la sobre estimulación visual y la monotonía perceptual.

Las personas, según Rapoport (1978), actúan mejor a determinados niveles de estímulo, evitando los excesos; por eso usan filtros, a fin de reducir o “apagar” la sobre estimulación, despreciando parte del medio físico y social, aunque ello implique ciertos costos. La adaptación a la sobre estimulación puede provocar frustración, debido a que en medios muy caóticos se pierde mucha información y energía en el proceso de percepción, resultando en un aumento de agresividad, jerarquización y territorialidad. Otros autores, como Rozadas (2006), señalan como consecuencias de la contaminación visual sobre la salud humana, dolores de cabeza, distracción, estrés, trastornos en la atención, disminución en la eficiencia laboral, mal humor, agresividad, entre otros.

Las variabilidades del paisaje natural o citadino no únicamente representan una dificultad de orden estético. Por ejemplo, el detrimento paisajístico y ecológico, en el caso de la fauna silvestre, por la excesiva infraestructura de anuncios, la tonalidad de sus colores, luminosidad y dimensiones, promueve que se alejen ciertas especies, lo que conlleva a la fragmentación del curso de vida de estos animales y trastornan consecutivamente el equilibrio ecológico (Mera-Benavides, 2017).

Todo eso ocasiona que surjan efectos sociales: “pérdida del respeto hacia las autoridades, alteración negativa a la imagen de los barrios, la estética, el inconveniente de la obstrucción de la visibilidad, catalogando un problema grave” (Coaquira, 2022, p. 5). Se perciba o no, la contaminación visual crea contrariedades físicas, extenuación, incluso trastornos del sueño y de concentración en las cosas que realizamos. Por lo tanto, se trata de un inconveniente socioambiental de gran envergadura, porque se carece de un marco de respeto y orden social que verdaderamente proteja al ambiente y construya una localidad sustentable y solidaria (Mendoza, 2017).

Por esta razón, es paradójico que sea en las ciudades, principalmente, donde se establecen los acuerdos sociales, pero a la vez se desdeña el entorno mediante una desorganización

colectiva que se vuelve contra sus propios moradores.

El cambio de imagen urbana en los lugares crea un motivo de intranquilidad, ya que es difícil de medir y evaluar, porque requiere un alto nivel de conciencia. En este sentido, Pimenta (2016) detalla que el medio que nos circunda juega un papel bastante relevante en la salud, y por ello es sumamente importante abordar el entorno como un punto de partida que ayude a comprender el potencial que tiene al concebir el bienestar de las personas, o para la expresión de distintas patologías y trastornos psicológicos y emocionales.

El por ello que el Estado debe preocuparse del problema de la contaminación, dando leyes severas, controlando su cumplimiento y sancionando a los transgresores. El problema ambiental es un problema que afecta al bien común y a la calidad de la vida, y, en consecuencia, no puede quedar al libre albedrío de las personas.

El bien común es una responsabilidad del Estado como representante del bienestar de todos los ciudadanos. Una alta responsabilidad incumbe a los gobiernos municipales, responsables directos de la disposición de la basura y las aguas servidas; del control del parque automotor; de las áreas verdes; del control de los ruidos molestos; del ornato, y de las emisiones contaminantes en su jurisdicción.

3.5. ESCASEZ DEL AGUA

Los desastres ambientales son graves amenazas para el planeta, dando condiciones/complicaciones a la vida en la Tierra. La carencia de agua afecta bastante la agricultura, la salud, ganadería, etc. La escasez de agua en la región Piura, advertida hace unos días por el gerente de la EPS Grau, Marco Vargas Trelles, ha dado preocupación a nivel regional y nacional. Este problema finalmente captó la atención de la Contraloría General de la República, que decidió tomar acciones inmediatas interviniendo en el Proyecto Especial Chira Piura. Esta institución, que está bajo la administración del Gobierno Regional de Piura, tiene como función principal la gestión y almacenamiento del agua en el reservorio de Poechos. La falta de eficiencia en la administración de este recurso vital ha sido señalada como una de las principales causas de la crisis hídrica que afecta a miles de ciudadanos en la región.

Figura 34

Impacto de la sequía en suelos agrícolas



Nota. La imagen muestra un área afectada por la sequía, evidenciando la fragmentación del suelo y la evaluación de las condiciones por parte de especialistas. Este fenómeno refleja los desafíos que enfrentan las regiones vulnerables al cambio climático y su impacto en la seguridad alimentaria. Utilizada con fines educativos para analizar los efectos ambientales y la gestión de recursos hídricos.

3.6. DEFORESTACIÓN

En los últimos 13 años, la deforestación ha devastado 43 millones de hectáreas alrededor del mundo, acabando con bosques y selvas de manera masiva. Este proceso no solo destruye ecosistemas, sino que también genera un impacto severo en la calidad de los suelos, dejando áreas degradadas e incapaces de sustentar biodiversidad. A pesar de que los bosques aún cubren aproximadamente el 30 % de la superficie terrestre, cada año desaparecen franjas de terreno equivalentes al tamaño de Panamá, evidenciando la rapidez con la que se pierden estos ecosistemas fundamentales para el equilibrio del planeta.

Este panorama es parte del análisis presentado en el informe frentes de deforestación: causas y respuestas en un mundo cambiante, publicado por la WWF en 2021. Este estudio examina 24 regiones clave donde se concentra la deforestación más crítica y donde extensas áreas de bosques remanentes enfrentan serias amenazas debido a actividades humanas. Estos "puntos calientes" incluyen lugares de altísimo valor ecológico que, de no protegerse,

acelerarán la pérdida de biodiversidad y los efectos negativos del cambio climático.

La amenaza para la biodiversidad

La deforestación extensiva es la principal amenaza para la biodiversidad de la selva. La cobertura de la selva en diferentes periodos y en distintas partes del planeta, tiene como denominador común la progresiva disminución de la superficie. La deforestación de la selva deja tras de sí fragmentos de la propia selva esparcidos en el territorio. La deforestación está estrechamente vinculada con el uso del ecosistema, uso que a lo largo de la historia ha tenido diferentes modalidades, en relación con la tecnología disponible para cortar la selva y para usar el suelo. El uso del suelo determina la extensión de la deforestación, el grado de transformación y el tiempo de aprovechamiento. Por lo tanto, la forma de uso del suelo influye directamente en la presencia de especies en el sitio y sus alrededores, en el número, tamaño y distribución de los fragmentos y en el tiempo en que se abandona el sitio.

Actualmente, debido a que el abandono de los sitios es cada vez menos frecuente la deforestación es extensiva, el uso del suelo muy intenso, tecnificado y de largo plazo. Así lo indican los datos de la FAO (1997): en la década de 1980 desaparecieron aproximadamente 8% de los bosques tropicales del mundo y en la década siguiente la tasa de destrucción fue apenas un poco menor, es decir, que en el periodo entre 1980 y 1990, se deforestaron anualmente 15.4 millones de hectáreas de selva, de las cuales 7.4 millones corresponden a América Latina y el Caribe. En esta región la apertura de potreros para el ganado, vacuno ha sido la causa de la deforestación de la selva en las últimas dos décadas (Amelung y Diehl, 1992; Fearnside, 1993).

Las causas de la deforestación

Las causas de la deforestación cambian a lo largo del tiempo y de las regiones. La deforestación y el abandono de la selva surgieron con los sistemas agrícolas nómadas (tumba- roza-quema), más tarde apareció el monocultivo de especies introducidas, el cultivo de pastos para alimentación de ganado y el cultivo tecnificado de grandes extensiones. Visto desde el punto de vista de la estructura del paisaje la deforestación y el abandono, estrechamente relacionados con los fragmentos de la selva en los sistemas extensivos, poco a poco se transformaron en uso intensivo sin barbecho, el cual es ajeno a la fragmentación de la selva.

Figura 35

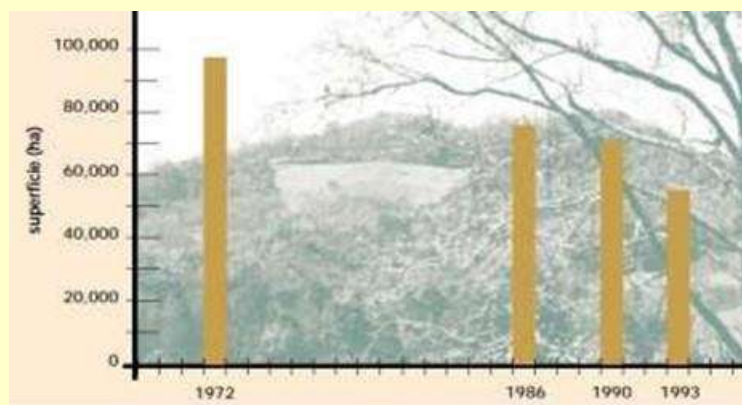
Explotación forestal y tala de madera



Nota. La imagen muestra maquinaria especializada recolectando troncos en un bosque, representando la actividad de la industria maderera. Este tipo de explotación resalta tanto la importancia económica del sector forestal como los desafíos relacionados con la sostenibilidad y la conservación ambiental. Utilizada con fines educativos para analizar el impacto de la tala en los ecosistemas y la economía.

Figura 36

Evolución de la superficie forestal en diferentes años



Nota. El gráfico muestra la disminución de la superficie forestal (en hectáreas) en distintos periodos entre 1972 y 1993. Representa el impacto de la deforestación y las actividades humanas en los ecosistemas forestales. Utilizada con fines educativos para analizar

tendencias históricas de pérdida de bosques y su relación con la sostenibilidad ambiental.

3.7. EL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO

La recuperación de la atmósfera sobre la Antártida sigue avanzando: el agujero en la capa de ozono que se forma cada año sobre el polo sur fue relativamente pequeño en 2024 en comparación con otros períodos anteriores.

De acuerdo con estimaciones de científicos de la NASA y la NOAA, se proyecta que la capa de ozono podría recuperarse completamente para el año 2066, mostrando los apoyos ambientales globales.

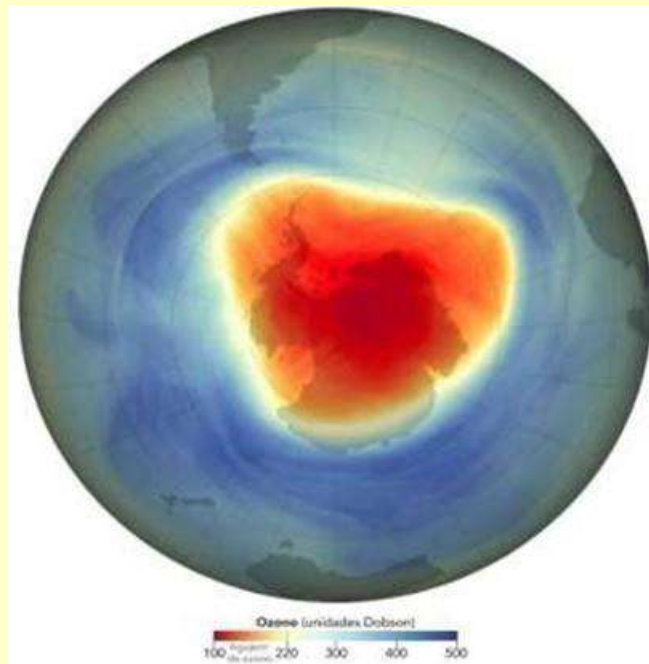
Entre el 7 de septiembre y el 13 de octubre, cuando ocurre el pico de la temporada de agotamiento de la capa de ozono, el agujero de 2024 fue clasificado como el séptimo más pequeño desde que comenzó su recuperación en 1992. Ese año, entró en vigor el Protocolo de Montreal, un acuerdo internacional fundamental que busca eliminar progresivamente los químicos responsables de dañar la capa de ozono.

Se estudia el problema del agujero en la capa de ozono, suceso estacional que ocasiona graves perturbaciones sobre toda forma de vida en el planeta al producir un aumento en la incidencia de emisiones UV del sol. Se hace un recuento de los principales resultados de investigaciones hechas desde sus orígenes hasta el presente, haciendo énfasis en los aspectos fenomenológicos y presentando las principales teorías que tratan de explicar la anomalía.

En pocas palabras se considera al agujero en la capa de ozono como el producto de la interacción y acoplamiento de fenómenos dinámicos de naturaleza química y meteorológica en la atmósfera antártica. Este artículo tiene por objeto difundir y sensibilizar sobre este grave suceso que nos afecta a todos, con el fin de crear una educación y conciencia ambiental de manera que aún triviales actos cotidianos contribuyen de alguna forma a evitar que esta situación continúe.

Figura 37

Disminución de la capa de ozono sobre la Antártida



Nota. La imagen muestra la concentración de ozono (en unidades Dobson) sobre la región antártica, destacando el adelgazamiento de la capa de ozono en tonos rojos y amarillos. Este fenómeno, conocido como el agujero de ozono, está relacionado con la liberación de sustancias químicas como los CFC. Utilizada con fines educativos para analizar los efectos de las actividades humanas en la atmósfera y las políticas de mitigación.

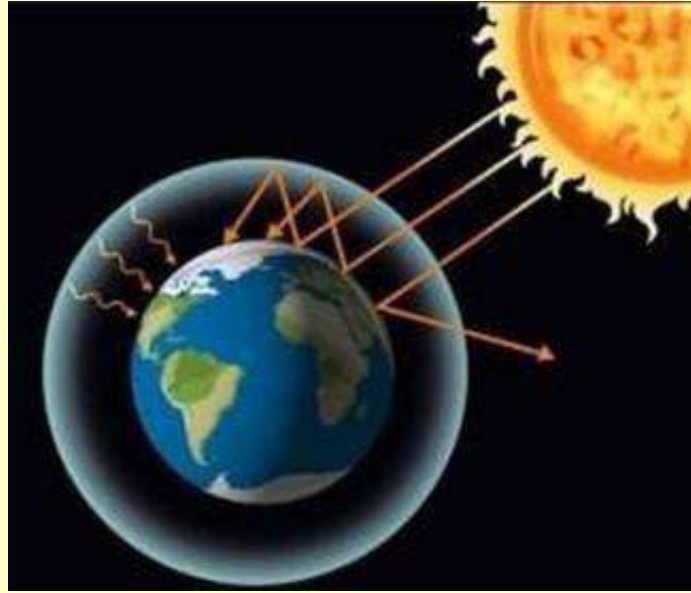
3.7.1. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural que resulta fundamental para nuestra existencia. En la atmósfera, ciertos gases tienen la capacidad de atrapar parte de la radiación térmica que emite la Tierra después de recibir el calor del sol. Gracias a este mecanismo, la temperatura del planeta se mantiene dentro de un rango adecuado para el desarrollo de la vida. Sin embargo, las actividades humanas, como las relacionadas con la industria, la agricultura, la ganadería intensiva y el transporte, han incrementado considerablemente la concentración de estos gases en la atmósfera. Los principales responsables son el dióxido de carbono y el metano, que se generan sobre todo por la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural. Este aumento de gases intensifica la capacidad

de retención de calor, lo que ha llevado a un preocupante incremento en la temperatura global, un fenómeno conocido como calentamiento global.

Figura 38

Representación del efecto invernadero



Nota. La imagen ilustra el efecto invernadero, mostrando cómo los gases en la atmósfera terrestre retienen parte de la radiación solar reflejada por la superficie, contribuyendo al calentamiento del planeta. Este proceso es esencial para mantener la vida en la Tierra, pero su intensificación debido a actividades humanas genera preocupaciones sobre el cambio climático. Utilizada con fines educativos para analizar el equilibrio térmico de la Tierra y sus alteraciones.

Deshielo de glaciares

Dos científicos han descubierto que la Antártida podría estar encaminándose hacia un "deshielo descontrolado" de sus capas de hielo, un proceso provocado por la entrada de agua oceánica cálida entre el hielo y la tierra que lo sostiene, según un estudio publicado el martes 25 de junio de 2024 en la revista Nature Geoscience.

“Punto de inflexión en el derretimiento de la zona de apoyo a la tierra de la capa de hielo debido a la intrusión de agua del océano”

Aunque este fenómeno ya se había observado en ocasiones anteriores, los modelos empleados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de la ONU para estimar los efectos del calentamiento global en la Antártida aún no consideran este

proceso, lo que ha llevado a una subestimación de la pérdida de hielo en la región.

Figura 39

Deshielo de glaciares y su impacto ambiental



Nota. La imagen muestra un glaciar en proceso de deshielo, destacando el impacto del calentamiento global en las regiones polares y montañosas. Este fenómeno contribuye al aumento del nivel del mar y altera los ecosistemas locales. Utilizada con fines educativos para analizar las consecuencias del cambio climático en los glaciares y su repercusión a nivel global.

Los glaciares se derriten a un ritmo alarmante. Este cuerpo de hielo ha experimentado una reducción significativa en su tamaño y volumen en las últimas décadas. Los científicos atribuyen este retroceso acelerado al cambio climático, específicamente a la disminución de las precipitaciones y al aumento de las temperaturas.

El derretimiento del glaciar tiene consecuencias directas para el suministro de agua en el mundo. Su disminución está poniendo en riesgo este recurso hídrico, lo que podría tener impactos negativos en la agricultura, la generación de energía hidroeléctrica y el suministro de agua potable para las comunidades locales.

Los estudios científicos confirman la gravedad de la situación. Investigaciones recientes han revelado que el área glaciar ha disminuido en casi un 40% en los últimos años, lo que representa una pérdida significativa de agua almacenada. Esta tendencia es consistente con lo observado en otros glaciares de la región y del mundo, subrayando la urgencia de abordar el cambio climático y sus efectos en los ecosistemas montañosos depósito de sedimentos, residuos sólidos.

Los sólidos suspendidos totales (SST) son partículas mayores a 2 micrómetros que se

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

encuentran presentes en el agua. Aunque la mayoría de estas partículas están compuestas por materiales inorgánicos, organismos como bacterias y algas también pueden influir en la calidad del agua.

El agua puede contener una amplia variedad de elementos, desde sedimentos, limo y arena, hasta microorganismos como plancton y algas. Además, las partículas orgánicas generadas por la descomposición de materia vegetal y animal también contribuyen a los niveles de SST. Durante este proceso de descomposición, se liberan diminutas partículas orgánicas que terminan formando parte de los sólidos suspendidos en la columna de agua. La presencia de una mayor cantidad de sólidos en suspensión provoca que el agua se torne transparente.

El depósito de sedimentos y residuos sólidos es una práctica común en diversos contextos, como la gestión de desechos urbanos, la minería y la conservación ambiental. Los sedimentos se refieren a partículas sólidas transportadas y depositadas por agua, viento o hielo, y su acumulación puede alterar cursos de agua, reducir la capacidad de embalses y afectar ecosistemas acuáticos. Los residuos sólidos, en cambio, incluyen materiales desechados por actividades humanas, como plásticos, metales, restos orgánicos y escombros. Su disposición inadecuada puede generar contaminación del suelo, agua y aire, así como riesgos para la salud pública. La gestión eficiente de ambos tipos de materiales requiere estrategias como la sedimentación controlada, reciclaje, tratamiento previo de residuos, uso de rellenos sanitarios y la implementación de normativas ambientales para minimizar impactos negativos.

Figura 40

Contaminación por residuos y emisiones industriales



Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Nota. La imagen muestra un área afectada por residuos sólidos y emisiones de fábricas al fondo, representando el impacto combinado de la contaminación industrial y la gestión inadecuada de desechos. Este fenómeno plantea desafíos significativos para la salud pública y el medio ambiente. Utilizada con fines educativos para analizar la contaminación ambiental y la necesidad de soluciones sostenibles.

CAPÍTULO IV
DESNUTRICION Y MALNUTRICION

La desnutrición y la malnutrición son problemas de salud pública que afectan a millones de personas en todo el mundo, especialmente en países de ingresos bajos y medios. Estos términos abarcan tanto la falta como el exceso de nutrientes, lo que puede llevar a una variedad de problemas de salud.

La doble carga de la malnutrición (DBM) se refiere a la coexistencia de la desnutrición y el sobrepeso/obesidad dentro de la misma población o individuo. Este fenómeno es cada vez más común debido a la transición nutricional global, donde las dietas y los patrones de actividad física cambian rápidamente (Davis et al., 2020; Wells et al., 2019; Keats et al., 2021). La DBM puede aumentar el riesgo de enfermedades no transmisibles y complicaciones en el parto (Wells et al., 2019). La malnutrición tiene efectos adversos significativos en la composición corporal, la función y los resultados clínicos. En los niños, puede llevar a un desarrollo físico y cognitivo deficiente, mientras que en los adultos puede aumentar el riesgo de enfermedades crónicas (Saunders et al., 2019; Vassilakou, 2021; Soeters et al., 2017).

La malnutrición también está asociada con altos costos de atención médica y riesgos médico- legales (Saunders et al., 2019). Abordar la malnutrición requiere cambios sociales significativos y sostenidos en la nutrición y la salud pública. Es crucial mejorar la cobertura de las intervenciones, especialmente en los más vulnerables, y abordar la creciente doble carga de la malnutrición en los países de ingresos bajos y medios (Wells et al., 2019; Keats et al., 2021). Además, se necesita una mejor comprensión y definición de la malnutrición para guiar las intervenciones efectivas (Arifin et al., 2022; Soeters et al., 2017).

4.1. CAUSAS DE LA DESNUTRICIÓN

La desnutrición es un problema complejo que resulta de múltiples factores interrelacionados. A continuación, se presentan las principales causas de la desnutrición basadas en la investigación:

- a. **Infecciones y Enfermedades:** Las infecciones, especialmente las del tracto gastrointestinal como la diarrea, son una causa significativa de desnutrición. Estas infecciones pueden llevar a una absorción deficiente de nutrientes, pérdida directa de nutrientes y respuestas metabólicas alteradas, lo que agrava la desnutrición (Mata, 1992; Guerrant et al., 2008; Rice et al., 2000).

- b. Factores Genéticos y Prenatales:** La genética del huésped y el estado nutricional prenatal de la madre también juegan un papel en el riesgo de desnutrición. Estos factores pueden influir en el desarrollo y la recuperación de la desnutrición en los niños (Duggal & Petri, 2018).
- c. Condiciones Socioeconómicas:** La pobreza crónica, la inseguridad alimentaria y las malas condiciones de vida, incluyendo la falta de saneamiento e higiene, son causas subyacentes importantes de la desnutrición, especialmente en países de ingresos bajos y medios (Bhutta et al., 2017; Khalis, 2021).
- d. Disfunción Inmunológica:** La disfunción del sistema inmunológico es tanto una causa como una consecuencia de la desnutrición. Las alteraciones inmunológicas pueden comenzar antes del nacimiento y perpetuar ciclos intergeneracionales de desnutrición (Bourke et al., 2016).
- e. Elecciones Dietéticas y Acceso a Alimentos:** Las elecciones dietéticas inadecuadas y la dificultad para obtener alimentos nutritivos contribuyen a la desnutrición. Esto puede deberse a ingresos bajos o a condiciones de salud que afectan la capacidad de consumir o absorber nutrientes (Khalis, 2021; Shrimpton, 2020).

Figura 41

Impacto de la pobreza extrema y la desnutrición infantil



Nota. La imagen muestra a un niño en condiciones de desnutrición extrema, reflejando la realidad de la pobreza en muchas regiones del mundo. Este fenómeno es un recordatorio de la urgente necesidad de implementar políticas que combatan el hambre y promuevan la seguridad alimentaria global. Utilizada con fines educativos para analizar los desafíos sociales y económicos asociados con la pobreza.

4.2. TIPOS DE DESNUTRICIÓN

Este fenómeno puede manifestarse de diversas formas, cada una con sus propias características y consecuencias para la salud.

4.2.1. Desnutrición por Inanición y Relacionada con Enfermedades

La desnutrición puede clasificarse en dos tipos básicos: relacionada con la inanición y relacionada con enfermedades. La desnutrición por inanición se asocia con la falta crónica de alimentos, mientras que la desnutrición relacionada con enfermedades puede ser crónica, como en el caso de la insuficiencia orgánica o el cáncer pancreático, o aguda, como en infecciones graves o traumatismos (Matarese & Charney, 2017).

4.2.2. Desnutrición Infantil

En los niños, especialmente en países de ingresos bajos y medios, las formas principales de desnutrición incluyen el retraso en el crecimiento, la emaciación y el kwashiorkor. Estas condiciones, conocidas como desnutrición aguda severa, son comunes en entornos de pobreza crónica y condiciones de vida deficientes (Bhutta et al., 2017).

4.2.3. Desnutrición por Deficiencia de Micronutrientes y Sobrepeso/Obesidad

La desnutrición también se clasifica en deficiencia de micronutrientes y sobrepeso/obesidad. La deficiencia de micronutrientes implica la falta de vitaminas y minerales esenciales, mientras que el sobrepeso y la obesidad representan un estado paradójico de desnutrición, donde a pesar del exceso de energía, hay una carencia de micronutrientes esenciales (Scrinis, 2020; Ravichandran et al., 2022; Kobylińska et al., 2021).

4.2.4. Desnutrición en el Contexto de Enfermedades Crónicas

En pacientes oncológicos, la desnutrición puede variar según el tipo de cáncer y el tratamiento recibido. Factores como la inflamación, la reducción de la ingesta calórica y la malabsorción contribuyen a la desnutrición en estos pacientes, afectando su calidad de vida y el resultado del tratamiento (Bossi et al., 2021). La falta de consenso en la definición de desnutrición complica su diagnóstico y tratamiento. Es crucial desarrollar herramientas

diagnósticas más precisas y enfoques terapéuticos personalizados para abordar las diversas formas de desnutrición (Matarese & Charney, 2017; Rytter et al., 2014).

Además, se necesita más investigación para comprender mejor la fisiopatología de condiciones específicas como el kwashiorkor y para desarrollar intervenciones efectivas (Bhutta et al., 2017). La desnutrición es un problema complejo con múltiples manifestaciones que requieren un enfoque integral para su diagnóstico y tratamiento. La colaboración entre diferentes disciplinas es esencial para abordar eficazmente este desafío de salud pública.

4.2.5. Malnutrición y desnutrición

La malnutrición y la desnutrición son términos relacionados pero distintos en el ámbito de la nutrición.

Definición de Malnutrición: La malnutrición se refiere a un desequilibrio en la ingesta de nutrientes, que puede ser por deficiencia, exceso o desequilibrio de nutrientes. Esto puede resultar en efectos adversos medibles en la composición corporal, la función y los resultados clínicos. La malnutrición abarca tanto la desnutrición (deficiencia de nutrientes) como la sobre nutrición (exceso de nutrientes), que puede llevar a condiciones como la obesidad (Saunders et al., 2019; Arifin et al., 2022; Ngo et al., 2016; Saunders et al., 2011).

Definición de Desnutrición: La desnutrición es una forma específica de malnutrición que implica una deficiencia de nutrientes esenciales. Se manifiesta en formas como el retraso en el crecimiento, el bajo peso, el desgaste muscular y la deficiencia de vitaminas y minerales esenciales. Es común en niños y adultos que no reciben una ingesta adecuada de alimentos y nutrientes (Shetty, 2003; Ngo et al., 2016).

Diferencias:

Alcance: La malnutrición incluye tanto la desnutrición como la sobre nutrición, mientras que la desnutrición se refiere exclusivamente a la falta de nutrientes (Saunders et al., 2019; Arifin et al., 2022; Ngo et al., 2016).

Manifestaciones: La desnutrición se manifiesta principalmente como bajo peso, retraso en el crecimiento y deficiencias de micronutrientes, mientras que la malnutrición puede incluir también el sobrepeso y la obesidad (Shetty, 2003; Ngo et al., 2016; Davis et al., 2020).

Causas: La desnutrición suele ser causada por una ingesta insuficiente de alimentos y

nutrientes, mientras que la malnutrición puede ser causada por una ingesta excesiva o desequilibrada de nutrientes (Saunders et al., 2019; Ngo et al., 2016).

Figura 42

Contraste entre desnutrición y obesidad



Nota. La imagen ilustra dos extremos de los problemas nutricionales globales: la desnutrición severa y la obesidad. Ambos representan desafíos significativos para la salud pública, asociados con desigualdades socioeconómicas, acceso a alimentos y estilos de vida. Utilizada con fines educativos para analizar las implicaciones sociales y sanitarias de los desequilibrios alimentarios.

Diferencia entre malnutrición y desnutrición: La malnutrición es un término amplio que abarca tanto la deficiencia como el exceso de nutrientes, mientras que la desnutrición se centra específicamente en la falta de nutrientes esenciales. Ambas condiciones tienen implicaciones significativas para la salud y requieren atención adecuada para prevenir y tratar sus efectos. Enfermedades relacionadas con la malnutrición: Como se explicó anteriormente, la malnutrición es un desequilibrio en la ingesta de un individuo, esto puede desencadenar diversos problemas a la salud. A continuación, se muestran algunas de las enfermedades más comunes debido a este problema:

a. Obesidad

La obesidad se define típicamente por un índice de masa corporal (IMC) de 30 kg/m² o más. La causa principal de la obesidad es un desequilibrio energético a largo plazo entre las calorías consumidas y las gastadas. Este desequilibrio está influenciado por factores genéticos, biológicos, ambientales y alimenticios. Esto puede desencadenar complicaciones a la salud graves en el futuro al no manejar este problema adecuadamente (Kopelman et al, 2000).

Figura 43

Obesidad abdominal como problema de salud pública

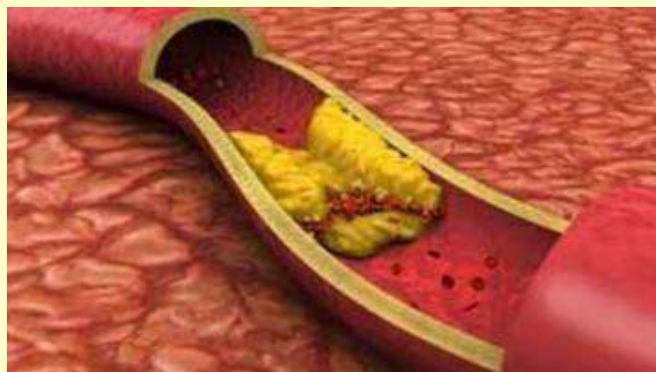


Nota. La imagen muestra a una persona midiendo su cintura, destacando la obesidad abdominal como un factor de riesgo clave para enfermedades cardiovasculares, diabetes y otros problemas metabólicos. Este fenómeno es un reflejo del impacto de los estilos de vida sedentarios y dietas poco saludables. Utilizada con fines educativos para analizar las implicaciones sanitarias de la obesidad.

- b. Hipertensión arterial:** La hipertensión arterial es una condición crónica caracterizada por niveles elevados de presión arterial, lo que aumenta significativamente el riesgo de enfermedades cardiovasculares, renales y otras patologías graves. Su manejo implica tanto tratamientos médicos como cambios en el estilo de vida para el individuo que lo padece (Dueñas et al., 2011).

Figura 44

Formación de placa en una arteria (aterosclerosis)



Nota. La imagen representa una sección transversal de una arteria con acumulación de placa grasa (amarilla), característica de la aterosclerosis. Este proceso reduce el flujo sanguíneo y aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, como ataques

cardíacos y accidentes cerebrovasculares. Utilizada con fines educativos para explicar los efectos del colesterol elevado y los hábitos poco saludables en la salud arterial.

- c. **Hígado graso no alcohólico (HGNA):** Esta es una enfermedad crónica en la cual la grasa se acumula en las células del hígado, esta está relacionada con enfermedades previas como la obesidad, diabetes tipo 2, resistencia a la insulina y dislipidemias. Esta condición abarca un espectro de enfermedades que van desde una esteatosis hepática simple (acumulación de grasa sin inflamación ni daño significativo) hasta la esteatohepatitis no alcohólica (EHNA), que puede progresar a fibrosis, cirrosis y aumentar el riesgo de cáncer de hígado. El diagnóstico suele realizarse mediante pruebas de imagen (ecografía, elastografía) y análisis clínicos, y el tratamiento se basa en cambios en el estilo de vida, pérdida de peso, manejo de comorbilidades metabólicas y, en algunos casos, intervenciones farmacológicas (Nahum et al, 2004).

Figura 45

Hígado afectado por cirrosis



Nota. La imagen muestra un hígado con daños característicos de la cirrosis, una enfermedad crónica que provoca cicatrización del tejido hepático y deterioro progresivo de la función del órgano. Este daño suele ser causado por consumo excesivo de alcohol, infecciones virales como la hepatitis, o acumulación de grasa en el hígado. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y consecuencias de las enfermedades hepáticas.

- d. **Osteoporosis:** Es una enfermedad ósea común que se caracteriza por una disminución de la masa y deterioro de la microarquitectura ósea, lo que conduce a una mayor fragilidad en los huesos y, por ende, un mayor riesgo de fracturas. Afecta principalmente a adultos mayores y mujeres posmenopáusicas debido a cambios hormonales, en particular la deficiencia de estrógeno, que aumenta el recambio óseo y debilita la estructura ósea (Pouresmaeili, F., Kamalidehghan, B., Kamarehei, M., &

Goh, Y et al, 2018).

Afecta principalmente a adultos mayores y mujeres posmenopáusicas debido a cambios hormonales, en particular la deficiencia de estrógeno, que aumenta el recambio óseo y debilita la estructura ósea. (Pouresmaeili, F., Kamalidehghan, B., Kamarehei, M., & Goh, Yet al, 2018)

4.3. **DESNUTRICION Y MALNUTRICION VEGETAL, ANIMAL Y HUMANA**

La desnutrición y la malnutrición son problemas críticos que afectan tanto a humanos como a plantas y animales, con implicaciones significativas para la salud global y la sostenibilidad ambiental. Estos problemas se manifiestan en diversas formas, desde la deficiencia de nutrientes esenciales hasta el exceso de calorías, y están estrechamente relacionados con la pobreza, el acceso limitado a alimentos nutritivos y los cambios ambientales.

La malnutrición humana está fuertemente influenciada por dietas basadas principalmente en plantas, que a menudo carecen de micronutrientes esenciales como el hierro, el zinc y la vitamina A. Esto es especialmente prevalente en comunidades vulnerables de países en desarrollo, donde el acceso a alimentos de origen animal es limitado debido a su costo y disponibilidad (Baldermann et al., 2016; Faber, 2010). La diversificación de la dieta y la biofortificación de cultivos son estrategias clave para abordar estas deficiencias (Ofori et al., 2022; Bashir et al., 2021).

La biofortificación de cultivos es una solución prometedora para combatir la malnutrición y el hambre oculta. Esta técnica incluye la fortificación agronómica, el mejoramiento genético y los enfoques transgénicos para aumentar el contenido de nutrientes en alimentos vegetales, como cereales, legumbres y frutas (Ofori et al., 2022; Bashir et al., 2021). La aplicación combinada de quelatos de zinc y bacterias solubilizadoras de zinc ha demostrado mejorar la biofortificación de cultivos como el maíz, aumentando significativamente el contenido de zinc en los granos (Bashir et al., 2021).

El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera puede reducir la calidad nutricional de las plantas C3, como el arroz y el trigo, disminuyendo su contenido mineral y aumentando los carbohidratos no estructurales. Esto podría exacerbar la prevalencia del hambre oculta y la obesidad, al alterar la composición mineral de las plantas que son la base de la nutrición humana (Loladze, 2014).

El uso de insectos comestibles como fuente alternativa de proteínas y micronutrientes en alimentos complementarios para niños es una innovación emergente. Estos alimentos enriquecidos con insectos han mostrado ser seguros y aceptables, con potencial para abordar las deficiencias de micronutrientes, aunque se necesita más investigación para evaluar su impacto en el estado nutricional (Adegboye, 2022).

La transformación de los sistemas alimentarios es esencial para promover dietas nutritivas que protejan contra enfermedades no transmisibles y al mismo tiempo preserven el medio ambiente. Esto incluye la reducción del consumo de alimentos de origen animal, que, aunque son ricos en nutrientes, también tienen un impacto ambiental significativo (Beal, 2024). La integración de la nutrición en los esfuerzos de mejoramiento de cultivos es crucial para mejorar la calidad nutricional de los alimentos básicos y abordar las deficiencias nutricionales a nivel global (Sands et al., 2009).

Figura 46

Efectos de plagas en hojas de plantas



Nota. La imagen muestra una hoja con daños visibles causados por plagas o enfermedades, evidenciados por manchas y decoloración. Este tipo de daño puede afectar la fotosíntesis y la salud general de las plantas, con impactos significativos en la agricultura y los ecosistemas. Utilizada con fines educativos para analizar las consecuencias de plagas en cultivos y estrategias de manejo integrado.

4.3.1. Efectos de la malnutrición vegetal en la producción agrícola

La desnutrición vegetal afecta significativamente en la producción agrícola, impactando tanto en el rendimiento como en la calidad nutricional de los cultivos. Factores como la temperatura, salinidad del suelo y humedad afectan el crecimiento y desarrollo de las

plantas, reduciendo el rendimiento agrícola al causar daños directos e indirectos en las plantas, como la inhibición de la síntesis de proteínas y la pérdida de membranas en cloroplastos y mitocondrias. (Kumari, V., Banerjee, P., Verma, V., Sukumaran, S., Chandran, M., Gopinath, K., Venkatesh, G., Yadav, S., Singh, V. y Awasthi, N, et al 2022). También, la degradación del suelo disminuye los rendimientos de los cultivos al aumentar la susceptibilidad al estrés por sequía y desequilibrio de elementos, exacerbando la inseguridad alimentaria.

La elevación atmosférica de CO₂ reduce las concentraciones de minerales en plantas C₃ como el arroz y el trigo, lo que puede agravar el problema de deficiencia de nutrientes esenciales en la dieta de las personas, afectando su salud. (Loladze, I, et al 2014). La desnutrición vegetal impacta negativamente tanto en el rendimiento como en la calidad nutricional de los cultivos, exacerbando problemas de seguridad alimentaria y nutricional. Sin embargo, estrategias como la biofortificación y la diversificación de cultivos ofrecen soluciones prometedoras para mitigar estos efectos y mejorar la resiliencia de los sistemas agroalimentarios.

Figura 47

Sequía y degradación del suelo



Nota. La imagen muestra un terreno con grietas causadas por una sequía severa, reflejando los efectos del cambio climático y la escasez de agua en los ecosistemas terrestres. Este fenómeno afecta la productividad agrícola y la seguridad alimentaria, especialmente en regiones vulnerables. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y consecuencias de la sequía en diferentes contextos.

4.4. ENFERMEDADES CAUSADAS POR DEFICIENCIAS O EXCESOS NUTRICIONALES

4.4.1. Enfermedades causadas por la deficiencia nutricional

Kwashiorkor

Es una enfermedad nutricional grave que resulta de una dieta deficiente en proteínas y aminoácidos esenciales, (Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano, Valina) común en regiones de pobreza extrema. Se caracteriza por edema, lesiones cutáneas y retraso en el crecimiento. El tratamiento efectivo requiere una intervención nutricional temprana y adecuada para prevenir complicaciones severas. (Krawinkel et al, 2003)

Figura 48

Impacto de la desnutrición severa y el kwashiorkor en niños



Nota. La imagen presenta dos casos de desnutrición infantil: la desnutrición severa, caracterizada por la pérdida extrema de peso, y el kwashiorkor, evidenciado por el abdomen distendido debido a la deficiencia de proteínas. Estos problemas son comunes en regiones con inseguridad alimentaria y reflejan la necesidad urgente de intervenciones nutricionales. Utilizada con fines educativos para analizar los efectos de la malnutrición en la salud infantil.

Anemia ferropénica

La anemia ferropénica es la forma más frecuente de anemia en todo el mundo y afecta a una parte importante de la población, en particular en los países no tan desarrollados. Se produce cuando la ingesta, las reservas y la pérdida de hierro del organismo están desequilibradas, lo que conduce a una producción insuficiente de eritrocitos. Las principales consecuencias de la deficiencia de hierro incluyen pérdida de sangre durante los

períodos menstruales y sangrado gastrointestinal, aumento de la demanda de hierro durante las fases de crecimiento, ingesta dietética inadecuada y problemas de malabsorción (Deloughery et al, 2017).

Pelagra

La pelagra es un trastorno nutricional causado por una deficiencia de vitamina B3 (niacina), que puede provocar complicaciones dermatológicas, gastrointestinales y neurológicas graves. Históricamente, prevalecía en poblaciones con dietas muy dependientes del maíz, que carece de niacina biodisponible a menos que se procese adecuadamente. Aunque hoy en día es menos común debido a una mejor nutrición, la pelagra todavía se presenta, particularmente en personas con factores de riesgo específicos. La pelagra se caracteriza por lesiones cutáneas que empeoran con la exposición al sol y suelen afectar zonas como las manos, los antebrazos, el cuello y la cara. Estas lesiones pueden ser gruesas, ulceradas y limitadas estrictamente a las zonas expuestas al sol. (Lampitt, R., Boorman, B., Brown, L., Lucas, M., Salter, I., Sanders, R., Saw, K., Seeyave, S., Thomalla, S., & Turnewitsch, R, et al 2008).

Figura 49

Lesiones cutáneas severas causadas por infección o enfermedad



Nota. La imagen muestra lesiones graves en la piel de un paciente, posiblemente asociadas con infecciones avanzadas, quemaduras severas o enfermedades como la gangrena. Este tipo de daño evidencia la importancia de una atención médica temprana y adecuada. Utilizada con fines educativos para analizar los efectos de las enfermedades dermatológicas y los factores que afectan la cicatrización y regeneración de tejidos.

Escorbuto

El escorbuto, una enfermedad causada por la deficiencia de vitamina C, se conoce desde la antigüedad y sigue siendo relevante en la actualidad, en particular en ciertas poblaciones de riesgo. A pesar de su importancia histórica, el escorbuto suele pasarse por alto en la práctica clínica moderna, lo que conduce a posibles diagnósticos erróneos y retrasos en el tratamiento. Los síntomas del escorbuto son variados y pueden imitar otras afecciones, lo que conduce a diagnósticos erróneos frecuentes. Los síntomas comunes incluyen letargo, lesiones purpúricas, mialgia, sangrado gingival y síntomas sistémicos como anemia e infecciones. Los signos dermatológicos como petequias, hemorragias perifoliculares y pelos en espiral también son característicos. (Pimentel, L, et al (2003).

Figura 50

Gingivitis y enfermedad periodontal



Nota. La imagen muestra inflamación y sangrado de las encías, síntomas característicos de la gingivitis, que puede evolucionar hacia una enfermedad periodontal más severa si no se trata. Este problema está asociado con la acumulación de placa bacteriana y la falta de higiene oral adecuada. Utilizada con fines educativos para analizar las causas, consecuencias y prevención de las enfermedades bucales.

Beriberi

El beriberi es una enfermedad causada por una deficiencia de tiamina (vitamina B1) y se caracteriza por síntomas neurológicos y cardiovasculares. El beriberi se manifiesta de diversas formas, con síntomas que incluyen ineficacia muscular, atrofia y, en casos graves,

deformidades de las extremidades debido al endurecimiento muscular. Los pacientes suelen presentar un andar característico, hinchazón y tez cetrina. Son comunes los síntomas cardiovasculares, como pulso acelerado y edema, especialmente en los tobillos. En casos avanzados, puede producirse actividad cardíaca irregular y acumulación de líquido en el pecho. (Funk, C, et al 1913).

4.4.2. Enfermedades causadas por el exceso nutricional

Hipervitaminosis A:

La hipervitaminosis A, una afección que resulta de la ingesta excesiva de vitamina A, puede provocar diversos problemas de salud, que afectan en particular a la salud ósea y la función hepática. Esta afección se observa en varios grupos de edad y especies, con manifestaciones y complicaciones distintas.

Se asocia con un aumento de la resorción ósea y una disminución de la formación ósea, lo que puede provocar osteoporosis y fragilidad ósea. Esto se ha observado en estudios realizados en animales y humanos, lo que indica que incluso un exceso relativamente bajo de vitamina A puede contribuir a la pérdida ósea. En pacientes pediátricos con enfermedad renal crónica, la hipervitaminosis A se ha relacionado con la enfermedad ósea mineral y con niveles alterados de hormona paratiroidea, lo que aumenta el riesgo de enfermedad ósea dinámica (Binkley, N., & Krueger, D, et al 2009).

Figura 51

Edema en extremidades inferiores



Nota. La imagen muestra una inflamación visible en los pies y tobillos, característica del edema, que puede ser causado por retención de líquidos, insuficiencia venosa, problemas

renales, hepáticos o cardíacos. Este síntoma suele indicar una condición subyacente que requiere evaluación médica. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y manejo del edema en la práctica clínica.

Hipercalcemia

La hipercalcemia es una condición médica caracterizada por niveles elevados de calcio en la sangre, que puede ser potencialmente peligrosa para la vida. Aunque las causas más comunes son el hiperparatiroidismo primario y las enfermedades malignas, existen otras causas menos frecuentes que también deben considerarse. Puede ser asintomática en casos leves, hasta provocar síntomas graves como náuseas, vómitos, deshidratación, confusión e incluso coma en casos severos.

Además, puede causar complicaciones renales, como lesión renal aguda, y problemas neurológicos y cardiovasculares. En pacientes con cáncer avanzado, la hipercalcemia de malignidad está asociada con un mal pronóstico y puede complicarse durante la quimioterapia con insuficiencia orgánica y síndrome de lisis tumoral (Walker, M., & Shane, E, et al 2022).

4.4.3. Factores sociales y económicos que influyen en la nutrición humana

Los factores sociales y económicos que influyen en la nutrición humana incluyen la estabilidad económica, el entorno social y comunitario, el conocimiento nutricional, las normas sociales, y las desigualdades socioeconómicas, afectando la calidad de la dieta y los hábitos alimenticios. El ingreso familiar es uno de los principales determinantes de la calidad de la dieta. Las familias con recursos económicos limitados suelen optar por alimentos más baratos, que estos suelen ser ultra procesados y de menor valor nutricional (Gowder et al, 2024).

Los precios de los alimentos y su accesibilidad son factores clave en las decisiones alimentarias. (Gyawali, B., Mkoma, G. y Harsch, S, et al 2024). En regiones donde los alimentos saludables son más costosos o difíciles de conseguir, las dietas suelen ser menos nutritivas. Un mayor nivel de ingresos y educación está asociado con una mejor calidad de la dieta, ya que facilita el acceso tanto a alimentos saludables como a información nutricional.

Figura 52

Niños en situación de pobreza y necesidad alimentaria



Nota. La imagen muestra a un grupo de niños en fila con recipientes vacíos, reflejando la realidad de la inseguridad alimentaria en comunidades vulnerables. Este problema está relacionado con la pobreza, la desigualdad y la falta de acceso a recursos básicos. Utilizada con fines educativos para analizar los desafíos sociales y económicos que afectan a la infancia y la importancia de políticas públicas inclusivas.

Las normas sociales y el contexto comunitario influyen en los hábitos alimentarios. Las personas suelen adoptar las prácticas alimenticias de su entorno social, lo que puede influir tanto de manera positiva como negativa en su nutrición. (Robinson, E., Blissett, J., & Higgs, S, et al 2013). Las tradiciones culturales y las costumbres alimentarias desempeñan un papel crucial en la conformación de las dietas. Sin embargo, la globalización y la adopción de dietas occidentalizadas han modificado considerablemente estas prácticas tradicionales. (Beydoun, M., y Wang, Y, et al 2008).

Por otro lado, el conocimiento sobre nutrición y las creencias personales pueden mediar la relación entre los factores socioeconómicos y la calidad de la dieta. En este sentido, la educación nutricional puede ser una herramienta importante para mejorar la calidad de la dieta, especialmente en poblaciones con menores recursos socioeconómicos. (Blaylock, J., Smallwood, D., Kassel, K., Variyam, J. y Aldrich, L, et al 1999).

CAPÍTULO V
EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN HUMANA

5.1. FACTORES QUE AFECTAN EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

El tamaño de la población se refiere al número total de individuos que habitan un área específica en un momento determinado. Este concepto es fundamental para comprender las dinámicas de los ecosistemas, ya que la cantidad de organismos influye directamente en la disponibilidad de recursos, las relaciones ecológicas y la estabilidad del entorno.

Un equilibrio adecuado en el tamaño de la población garantiza la sostenibilidad de los ecosistemas, mientras que un crecimiento o disminución descontrolados pueden generar problemas como la sobreexplotación de recursos, pérdida de biodiversidad y alteraciones en los ciclos naturales. Por ello, estudiar y gestionar el tamaño de las poblaciones es crucial para preservar el equilibrio ecológico y fomentar un desarrollo sostenible (Carchano, 2019).

Figura 53

Densidad poblacional en áreas urbanas



Nota. La imagen muestra una multitud de personas transitando en una calle concurrida, representando la alta densidad poblacional característica de las zonas urbanas. Este fenómeno está asociado con desafíos como el acceso a recursos, la contaminación, y la planificación urbana. Utilizada con fines educativos para analizar los efectos del crecimiento demográfico y la urbanización en la calidad de vida.

5.1.1. Factores Bióticos

Tasa de Natalidad

La tasa de natalidad es una medida de cuantificación de la fecundidad, que refiere a la relación que existe entre el número de nacimientos ocurridos en un cierto periodo de tiempo y la cantidad total de efectivos del mismo periodo. El lapso es casi siempre un año, y se

puede leer como el número de nacimientos de una población por cada mil habitantes en un año (Eustat, 2021).

Los factores socioeconómicos tienen una influencia decisiva en la tasa de natalidad. En la región de La Libertad, las mujeres de estratos socioeconómicos más altos tienden a tener menos hijos, lo que refleja una tendencia hacia familias más pequeñas. Este patrón está relacionado con el acceso a mejores recursos y educación, que les permite tomar decisiones reproductivas más planificadas. Por otro lado, las mujeres de estratos socioeconómicos bajos tienen el doble de probabilidades de tener más de dos hijos, lo que indica que las limitaciones económicas y el menor acceso a servicios y oportunidades influyen en la elección de tener más hijos. Además, las mujeres con empleo formal también tienen menos probabilidades de tener una familia numerosa, lo que refuerza la relación entre estabilidad económica y decisiones de natalidad (UNT, 2024).

Tasa de Mortalidad

La tasa de mortalidad es el número de muertes en una población durante un periodo específico, generalmente expresado como muertes por cada 1,000. Se utiliza para evaluar la salud de una población y los efectos de factores como enfermedades, acceso a atención médica y condiciones socioeconómicas.

En el Perú, la tasa de mortalidad por SARS-CoV-2 fue alarmantemente alta, y existen grandes diferencias en la magnitud de infectados y fallecidos entre las distintas regiones del país. Factores socioeconómicos, como el nivel de ingreso, el empleo, la educación y el acceso a servicios de salud, han jugado un papel clave en estas disparidades. Estudios internacionales han demostrado que las condiciones socioeconómicas y culturales están estrechamente relacionadas con la propagación y la gravedad de la infección por COVID-19, lo que también influye en la tasa de mortalidad.

En el Perú, regiones con menores recursos económicos, infraestructura médica deficiente y mayor densidad poblacional, como Moquegua, han experimentado tasas de mortalidad más altas. La falta de acceso a atención médica adecuada, la baja educación en salud y el escaso cumplimiento de las normativas sanitarias son factores clave que contribuyen al alto número de muertes en estos contextos. Las políticas de salud pública deben considerar estos factores socioeconómicos para poder abordar de manera más eficaz la crisis sanitaria, priorizando la mejora en el acceso a la salud y la educación sanitaria, así como el

fortalecimiento de la infraestructura médica en las zonas más vulnerables. (León, 2024)

Competencia y Depredación:

- a. **Competencia:** La competencia ocurre cuando dos o más organismos necesitan los mismos recursos limitados para sobrevivir y reproducirse. En la competencia intraespecífica, los individuos de la misma especie compiten por recursos como alimento, agua, espacio o pareja. Este tipo de competencia suele aumentar a medida que aumenta la población porque no hay suficientes recursos para todos, lo que puede provocar un aumento de la mortalidad, una disminución de la fertilidad o migración a otras áreas.

Por otro lado, la competencia interespecífica se produce entre individuos de diferentes especies que tienen la misma fuente de alimento, del mismo modo que ocurre entre herbívoros que utilizan la misma fuente de alimento. La competencia entre especies puede conducir a la exclusión competitiva, donde una especie compite con otra debido a su incapacidad para competir por los recursos necesarios.

- b. **Depredación:** La depredación es una relación ecológica en la que un organismo (depredador) caza, mata y se come a otro organismo (presa) como fuente de energía. Este proceso juega un papel esencial en el control de la población dentro de un ecosistema. Los depredadores regulan el tamaño de la población de sus presas, impidiendo su crecimiento descontrolado y agotando los recursos ambientales. A cambio, las presas desarrollaron mecanismos de defensa como el camuflaje, la velocidad y estrategias grupales que beneficiaron la coevolución de ambas especies. Aunque la depredación reduce el número de individuos en las poblaciones de presas, también tiene efectos positivos indirectos al prevenir la superpoblación y reducir la competencia interespecífica, promoviendo el equilibrio de los ecosistemas y la biodiversidad.

5.1.2. Factores Abióticos

Condiciones Climáticas

El Valle del Mantaro, ubicado en el departamento de Junín, Perú, presenta variaciones en la radiación solar debido a su diversidad geográfica, con diferencias en altitud, latitud y longitud, lo que influye en los parámetros actinométricos de la región. Para evaluar estas

variaciones, se realizaron mediciones precisas de la radiación solar directa y difusa utilizando instrumentos calibrados en distintos puntos del valle, considerando el grado de incertidumbre. Este análisis es crucial, dado el creciente interés global en las energías renovables, especialmente la energía solar, como alternativa limpia frente a los combustibles fósiles. La radiación solar, tanto global como difusa, es fundamental para el diseño y rendimiento de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos, los cuales requieren una evaluación detallada de los recursos solares a largo plazo. La caracterización precisa de la radiación solar en la región, a través de datos a largo plazo y análisis estadísticos, permite estimar el potencial energético para proyectos solares, contribuyendo a una mejor planificación y aprovechamiento de la energía solar para un futuro más sostenible (Alcantara,2020).

Las condiciones climáticas desempeñan un papel fundamental en la gestión financiera de las empresas agroexportadoras, ya que influyen directamente en la producción agrícola. Factores como las variaciones de temperatura, la disponibilidad de agua y los eventos climáticos extremos (sequías o lluvias intensas) pueden afectar tanto el rendimiento de los cultivos como los costos de producción. Estos cambios imprevistos impactan la planificación financiera, ya que las empresas deben adaptarse rápidamente para mitigar los riesgos asociados, como pérdidas de cosechas o la necesidad de inversión en infraestructura para manejar eventos climáticos extremos. Esto genera una incertidumbre en los ingresos, lo que obliga a las empresas a tomar decisiones financieras más cautelosas, como asegurar su producción, diversificar sus cultivos o incluso cambiar sus estrategias de exportación para mantener la estabilidad económica. (Mendoza, 2024)

Disponibilidad de Recursos

La disponibilidad de recursos humanos del Ministerio de Salud y gobiernos regionales del Perú entre 2017 y 2019, reporta que, durante este periodo, la disponibilidad de médicos aumentó un 11,4 %, la de obstetras un 9,8 % y la de enfermeras un 15,8 %. En el primer nivel de atención, los recursos humanos crecieron un 7,7 %, aunque se observó una disminución del 6,8 % en el número de médicos en zonas de pobreza extrema. Por otro lado, las obstetras incrementaron su presencia en zonas rurales en un 4,4 %, mientras que las enfermeras registraron el mayor crecimiento en las tres regiones naturales del país. Los resultados evidencian un incremento general en la disponibilidad de recursos humanos en

salud, destacando el papel preponderante de las enfermeras. (Barja, 2021).

Con el fin de evaluar la disposición de pago del servicio de agua potable en el Centro Poblado Chucaripo, al sur de Perú, mostro que la disposición promedio de pago fue de S/2.19 soles, influenciada por factores económicos, como el ingreso, y factores sociales, como la edad, el tamaño del hogar, el nivel educativo, el género, la percepción de mejora en la calidad del agua y su importancia. (ALFA, 2024).

5.1.3. Factores Humanos: Actividades Económicas

La Urbanización

La urbanización de las zonas costeras no es un fenómeno nuevo en la historia de la humanidad, ya que el agua fue uno de los principales factores considerados para la localización de los asentamientos humanos. La historia de la organización del territorio en América Latina, con su proceso de conquista y colonización, no ha sido ajena a este fenómeno, localizándose la mayor parte de las ciudades en las áreas litorales o cerca de ella, y particularmente en las cercanías de algún puerto.

Hoy se estima que el 60% de la población mundial vive zonas costeras a menos de 60 km de la costa. Esa proporción se elevaría a tres cuartas partes para el año 2020. Por otra parte, se calcula que el 65% de las ciudades con una población de más de 2.5 millones de habitantes están ubicadas a lo largo de las costas del mundo.

La demanda de espacios las zonas costeras para usos residencial y recreativo sigue en aumentas y con ello se hace necesario seguir encarando la gestión de los espacios urbanos costeros con miras a solucionar y evitar problemas socioambientales y lograr "ciudades sostenibles" (Baxendale, 2024).

La Agricultura

La agricultura de precisión es una práctica agrícola que utiliza tecnologías avanzadas, como sensores remotos, sistemas de riego inteligente y nanotecnología, para optimizar la gestión de los recursos naturales y aumentar la productividad agrícola. Esta disciplina surge como respuesta a los desafíos contemporáneos de la agricultura, como el aumento de la demanda de alimentos, la escasez de recursos y los impactos ambientales. Mediante la recopilación, análisis y aplicación de grandes volúmenes de datos en tiempo real, la agricultura de precisión permite a los agricultores tomar decisiones informadas y adaptarse rápidamente

a las condiciones cambiantes del entorno. Si bien la agricultura de precisión ofrece soluciones innovadoras, su pleno potencial aún no ha sido alcanzado. Es necesario continuar investigando y desarrollando nuevas tecnologías, así como mejorar la accesibilidad y la adopción por parte de los agricultores (Guzmán, 2024).

La explotación de recursos naturales: Es un tema central en países como Perú, cuya economía depende en gran medida de su aprovechamiento. Los recursos naturales, renovables o no, son patrimonio de la Nación, lo que genera conflictos sociales al confrontar la propiedad superficial con las concesiones mineras. Este modelo de explotación ha ocasionado importantes tensiones, principalmente en comunidades afectadas por estas actividades. Además, la intervención humana excesiva ha llevado a la alteración de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y problemas como la escasez de agua. Estas dinámicas resaltan la necesidad de equilibrar el desarrollo económico con la sostenibilidad y el respeto por los derechos de las comunidades involucradas (Sánchez, s.f).

El tamaño de la población está influenciado por muchos factores que interactúan de manera compleja en cada contexto. Factores como la fertilidad, la mortalidad y la migración determinan su aumento o disminución, mientras que los aspectos económicos, sociales y ambientales dan lugar a diferencias significativas en su distribución. El estado de salud, la disponibilidad de recursos, el acceso a la educación y las oportunidades de empleo también desempeñan un papel importante. Comprender estos factores nos permite no solo analizar los cambios demográficos sino también desarrollar políticas que equilibren las necesidades humanas con el desarrollo sostenible, asegurando el bienestar de las comunidades a largo plazo.

5.2. TASA DE NATALIDAD Y MORTALIDAD

La tasa de natalidad es una medida de cuantificación de la fecundidad, que refiere a la relación que existe entre el número de nacimientos ocurridos en un cierto periodo de tiempo y la cantidad total de efectivos del mismo periodo. El lapso es casi siempre un año, y se puede leer como el número de nacimientos de una población por cada mil habitantes en un año (Eustat, 2021).

La tasa de mortalidad es el número de muertes en una población durante un periodo específico, generalmente expresado como muertes por cada 1,000. Se utiliza para evaluar

la salud de una población y los efectos de factores como enfermedades, acceso a atención médica y condiciones socioeconómicas.

Figura 54

Tendencias de natalidad y mortalidad



Nota. La imagen ilustra gráficos representativos del aumento en las tasas de natalidad (a la izquierda) y mortalidad (a la derecha), destacando los cambios demográficos que pueden ocurrir en distintas poblaciones. Estos indicadores son fundamentales para el análisis de la dinámica poblacional y su impacto en las políticas públicas y la planificación social. Utilizada con fines educativos para interpretar tendencias demográficas.

5.2.1. Factores Socioeconómicos

Los factores socioeconómicos tienen una influencia decisiva en la tasa de natalidad. En la región de La Libertad, las mujeres de estratos socioeconómicos más altos tienden a tener menos hijos, lo que refleja una tendencia hacia familias más pequeñas. Este patrón está relacionado con el acceso a mejores recursos y educación, que les permite tomar decisiones reproductivas más planificadas. Por otro lado, las mujeres de estratos socioeconómicos bajos tienen el doble de probabilidades de tener más de dos hijos, lo que indica que las limitaciones económicas y el menor acceso a servicios y oportunidades influyen en la elección de tener más hijos. Además, las mujeres con empleo formal también tienen menos probabilidades de tener una familia numerosa, lo que refuerza la relación entre estabilidad económica y decisiones de natalidad. (UNT, 2024)

En el Perú, la tasa de mortalidad por SARS-CoV-2 fue alarmantemente alta, y existen grandes diferencias en la magnitud de infectados y fallecidos entre las distintas regiones del

país. Factores socioeconómicos, como el nivel de ingreso, el empleo, la educación y el acceso a servicios de salud, han jugado un papel clave en estas disparidades. Estudios internacionales han demostrado que las condiciones socioeconómicas y culturales están estrechamente relacionadas con la propagación y la gravedad de la infección por COVID-19, lo que también influye en la tasa de mortalidad.

En el Perú, regiones con menores recursos económicos, infraestructura médica deficiente y mayor densidad poblacional, como Moquegua, han experimentado tasas de mortalidad más altas. La falta de acceso a atención médica adecuada, la baja educación en salud y el escaso cumplimiento de las normativas sanitarias son factores clave que contribuyen al alto número de muertes en estos contextos.

Las políticas de salud pública deben considerar estos factores socioeconómicos para poder abordar de manera más eficaz la crisis sanitaria, priorizando la mejora en el acceso a la salud y la educación sanitaria, así como el fortalecimiento de la infraestructura médica en las zonas más vulnerables (León, 2024).

Ambientales

Uno de los problemas globales más significativos es el acelerado crecimiento poblacional, impulsado por la movilidad migratoria y eventos naturales que alteran el entorno social. Este fenómeno afecta negativamente el orden urbano, generando un aumento en la contaminación ambiental, la insalubridad y la pobreza, factores que tienen un impacto directo en la tasa de natalidad. Para estudiar la relación entre los factores ambientales y la natalidad, se utilizó una Red Neuronal Artificial que analizó cómo los agentes contaminantes, como el CO₂ y otros tóxicos, influyen en el crecimiento poblacional.

Mediante un modelo matemático y un Diagrama de Forrester, se investigó la interacción entre migración, natalidad, mortalidad y contaminación. Los resultados confirmaron que los contaminantes tienen un efecto directo sobre la salud humana, especialmente en enfermedades respiratorias, lo que puede influir en las decisiones reproductivas. La presencia de altos niveles de contaminación ambiental parece estar relacionada con una disminución en la tasa de natalidad, ya que las condiciones de salud deterioradas afectan las posibilidades de tener hijos (Suarez, 2023).

A nivel global, se estima que los factores de riesgo ambientales (FRA) fueron responsables de nueve millones de muertes en 2019, de las cuales el 92% ocurrieron en países de ingresos

bajos y medianos. La mortalidad asociada a estos factores es comparable, e incluso supera, a la ocasionada por otras causas como el tabaquismo, la malaria y el VIH. En América Latina y el Caribe, los riesgos ambientales presentaron una carga mucho mayor que factores como el consumo de alcohol, la malnutrición y el uso de drogas.

La contaminación del aire, la falta de saneamiento, la exposición a metales pesados y los cambios extremos de temperatura son algunos de los FRA más documentados, vinculados a diversas enfermedades, incluidas las respiratorias, cardiovasculares y el cáncer. En México, los efectos de los FRA en la salud han sido objeto de estudio, aunque principalmente a nivel regional y con limitaciones para un diagnóstico nacional. La urbanización creciente y la falta de regulación en cuanto a exposiciones a sustancias tóxicas contribuyen a la vulnerabilidad frente a estos riesgos, lo que impacta negativamente en la tasa de mortalidad.

La investigación sobre los FRA y su relación con la mortalidad es crucial para priorizar las políticas de salud pública, mejorar la prevención y mitigar los efectos de la contaminación y otros factores ambientales que inciden directamente en la salud de la población, especialmente en contextos de urbanización y cambio climático (Téllez, 2021).

5.2.2. Tendencias Globales

Países Desarrollados vs Países en desarrollo:

Natalidad:

En China, la tasa de natalidad ha experimentado una disminución significativa en los últimos 22 años, con una caída del 47% en este período. El promedio anual de nacimientos entre 2001 y 2022 fue de aproximadamente 69,431, mostrando una reducción progresiva que ha dado como resultado una tasa de reemplazo de 1.5 nacidos por mujer, por debajo del nivel de recambio poblacional de 2.1. Este descenso en la natalidad está vinculado a diversos factores, como cambios sociales, económicos y políticas de planificación familiar. La correlación negativa entre la natalidad y el crecimiento poblacional (correlación de Spearman de -0.983) sugiere que la disminución de los nacimientos podría impactar la estructura demográfica del país, lo que plantea desafíos para la asignación de recursos y la planificación en salud pública y servicios sociales (Cairol, 2022).

La tasa de natalidad en Perú ha estado disminuyendo de manera sostenida en los últimos

años. En 2024, solo el 23.9% de la población peruana es menor de 15 años, un descenso respecto al 25% en 2020. Esto significa que cada vez hay menos nacimientos, algo que se relaciona con cambios sociales importantes. (Infobae, 2024). El Perú alcanza los 34,2 millones de habitantes en el año 2024, de acuerdo con las últimas proyecciones elaboradas a partir del Censo Nacional del 2017 por el INEI. La cual se encuentra conformada en un 49,6 % por hombres y en un 50,4 % por mujeres, siendo el porcentaje de hombres ligeramente inferior al de las mujeres. Cabe resaltar que, el país está atravesando una importante transición demográfica, pasando de ser una población joven y de rápido crecimiento a otra con tasas de crecimiento más moderadas, con población de edades más avanzadas. Por su parte, según estimaciones de las Naciones Unidas, en el año 2024, el Perú sigue siendo el quinto país más poblado, con 34,2 millones de habitantes en la región de América Latina (INEI, 2024).

Durante la década de los años 60 hasta los 80, la población peruana experimentó un notable crecimiento demográfico, llegando a alcanzar en los años 70, tasas de crecimiento promedio anual de hasta un 2,8 %. Este fenómeno puede atribuirse en gran medida a la reducción de la mortalidad durante esos años. Posteriormente, a partir del año 1990 se observa una desaceleración del crecimiento poblacional, aunque en términos absolutos continuó creciendo. Así, entre el 2007 al 2017 la tasa de crecimiento promedio anual fue de un 1,0%, y del 2017 al 2024, la tasa fue de un 1,2 %.

En el periodo 2019-2024, el crecimiento poblacional ha sido constante, pero ha presentado ciertas fluctuaciones en su tasa. Inicialmente, la tasa de crecimiento fue del 1,0% (2019-2020), descendiendo a un mínimo del 0,7 % como consecuencia de la COVID-19 en 2021), para luego repuntar y llegar a un 1,1 % (2022). En los últimos años, la tasa de crecimiento ha mostrado una ligera desaceleración, situándose en un 0,9 % para el último año (2024). Sin embargo, a pesar de las variaciones, la tendencia general refleja un aumento gradual en la población, de 32 496 mil a 34 039 mil personas, lo que sugiere un desarrollo continuo, aunque moderado, en términos demográficos. La tasa de natalidad en Perú en 2024 se estima que será de 2,1 nacimientos por mujer, similar a la tendencia de América Latina. En 2022, la tasa de natalidad en Perú fue de 17,38‰, es decir, el número de nacimientos por cada mil habitantes en un año.

Algunas de las causas de la disminución de la natalidad en Perú son: El decrecimiento de los matrimonios

El 2021 culminó con 14.971 rupturas conyugales y el 2022 con 19.274, siendo ese el año con más divorcios registrados en los últimos 9 años (El Comercio, 2023).

Los jóvenes, en particular, han optado por posponer o evitar el matrimonio debido a experiencias negativas que han observado en sus familias, como relaciones complicadas o matrimonios fallidos. Además, la vida en pareja está siendo más valorada en términos de convivencia antes de formalizar el matrimonio, lo que ha retrasado el compromiso formal. Los jóvenes ahora priorizan sus proyectos individuales, como la carrera profesional o la estabilidad financiera, antes de comprometerse en un matrimonio. Esto ha influido también en las decisiones de posponer el matrimonio hasta una edad más avanzada, que ahora suele ser alrededor de los 30 a 35 años.

Mortalidad:

En China, el descenso demográfico es un fenómeno estructural que se está acelerando más rápido de lo previsto, lo que podría generar un “hundimiento demográfico” sin precedentes. Este proceso tiene implicaciones económicas y geopolíticas significativas, ya que podría restringir el crecimiento de la economía china y sus posibilidades de desafiar la hegemonía estadounidense. Uno de los factores que contribuye a esta contracción poblacional es el aumento de la mortalidad, impulsado por el envejecimiento de la población y la disminución de la natalidad.

Aunque China ha experimentado una notable transición demográfica debido a políticas como la del hijo único, que limitó la tasa de natalidad en el pasado, en la actualidad la mortalidad está aumentando a medida que la población envejece rápidamente. Esto, combinado con una tasa de natalidad cada vez más baja, ha llevado a una disminución neta de la población. Este fenómeno está afectando la dinámica laboral y el desarrollo económico, ya que una población envejecida puede generar una mayor carga sobre los sistemas de salud y pensiones, además de una disminución en la fuerza laboral activa. A largo plazo, el aumento de la mortalidad y la falta de reposición de la población joven podrían socavar la capacidad de China para mantener su crecimiento económico sostenido y su influencia en el ámbito global (ARI, 2024).

El cáncer es un grave problema de salud pública en Perú, siendo la principal causa de muerte

en el país. Según datos de 2018, se diagnosticaron más de 66,000 nuevos casos de cáncer, con más de 33,000 muertes atribuibles a esta enfermedad. Las principales causas de muerte por cáncer en Perú fueron el cáncer de estómago (13.9%), pulmón (8.6%) y próstata (8.2%). Las tasas de mortalidad y de incidencia siguen siendo elevadas, particularmente en neoplasias como cáncer de hígado, páncreas, estómago y pulmón.

El incremento de la tasa de mortalidad por cáncer en Perú en los últimos años se atribuye a factores como el envejecimiento de la población, la adopción de estilos de vida sedentarios y dietas poco saludables, lo que contribuye a un aumento sostenido de las tasas de mortalidad. Además, la mortalidad por cáncer se ve agravada por la falta de acceso a servicios de salud adecuados, lo que incrementa la letalidad de las enfermedades. La prevalencia de ciertos tipos de cáncer, como el cáncer de próstata y mama, continúa siendo alta, lo que refleja el impacto de la enfermedad en la población peruana (Gonzales, 2022). Comparar las tasas de mortalidad y natalidad entre países desarrollados como lo es China y en desarrollo como lo es nuestro país, Perú, es esencial para comprender las dinámicas demográficas globales y las desigualdades en salud. En los países desarrollados, generalmente se observa una baja tasa de natalidad y una mayor esperanza de vida, mientras que, en los países en desarrollo, las tasas de natalidad son más altas y la mortalidad, especialmente infantil, tiende a ser mayor debido a factores como el acceso limitado a servicios de salud, nutrición deficiente y condiciones socioeconómicas más vulnerables. Esta comparación ayuda a identificar áreas clave para la intervención y mejora en salud pública, lo que permite diseñar políticas más efectivas que promuevan un desarrollo demográfico equilibrado y sostenible a nivel global.

Países con tasas estancadas por baja natalidad:

- **Japón:** Japón tiene una de las tasas de natalidad más bajas del mundo, con menos de 1,5 hijos por mujer, lo que lleva a un rápido envejecimiento de su población. El costo de criar hijos, especialmente en ciudades como Tokio, es extremadamente alto, lo que disuade a las parejas jóvenes de tener más hijos.
- **Italia:** Este país enfrenta una tasa de natalidad muy baja, por debajo de 1,3 hijos por mujer. Esto es causado por factores similares a los de Japón, como la alta inseguridad laboral, el costo de la vida, la falta de políticas de apoyo a las familias y las dificultades para equilibrar trabajo y vida familiar.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- Estados Unidos: La tasa de natalidad en EE. UU. Es moderada (alrededor de 1,7 hijos por mujer), pero ha mostrado una disminución en los últimos años. Factores como el retraso en el matrimonio y la maternidad, la educación y las dificultades económicas son algunas de las razones. A pesar de eso la tasa sigue siendo más alta que en países como Japón o Italia.

Continentes con tasas estancadas por alta natalidad:

- Europa: La región presenta una tasa de fertilidad por debajo de 2 hijos por mujer, lo que está afectando el crecimiento de la población. Diversos países europeos experimentan un envejecimiento de la población y una baja tasa de natalidad, lo que lleva a un descenso poblacional a largo plazo.
- Asia: En países como Japón y China, las tasas de fertilidad también se encuentran por debajo del nivel de reemplazo, con una disminución de la población en algunos casos. En China, por ejemplo, la tasa de fertilidad es relativamente baja, lo que ha generado una desaceleración del crecimiento poblacional.
- África: Aunque las tasas de fertilidad siguen siendo relativamente altas en comparación con otras regiones, han disminuido considerablemente. La tasa de fertilidad en África ha bajado de casi 7 hijos por mujer en los años 70 a aproximadamente 4 en la actualidad, y se espera que siga disminuyendo en las próximas décadas.

Tasa de Mortalidad

Causas principales de Mortalidad en el mundo:

A nivel mundial, 7 de las 10 causas principales de defunción en 2019 fueron enfermedades no transmisibles. Estas 7 causas representaron el 44% de todas las defunciones, o el 80% del total de las 10 causas principales. No obstante, el conjunto de las enfermedades no transmisibles representó el 74% de las defunciones en el mundo en 2019.

La mayor causa de defunción del mundo es la cardiopatía isquémica, responsable del 16% del total de muertes en el mundo. Desde el año 2000, el mayor aumento de muertes corresponde a esta enfermedad, que ha pasado de más de 2 millones de defunciones en 2000 a 8,9 millones en 2019. El accidente cerebrovascular y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica son la segunda y tercera causas de defunción, que representan aproximadamente el 11% y el 6% del total de muertes, respectivamente.

Las infecciones de las vías respiratorias inferiores siguen siendo la enfermedad transmisible más mortal del mundo, situándose como la cuarta causa de defunción. No obstante, el número de defunciones ha disminuido considerablemente: en 2019 se cobraron 2,6 millones de vidas, menos que en 2000.

Las afecciones neonatales ocupan el quinto lugar. Sin embargo, las defunciones por afecciones neonatales son una de las categorías en que más ha disminuido el número de muertes en cifras absolutas en los dos últimos decenios: esas afecciones se cobraron la vida de dos millones de recién nacidos y niños pequeños en 2019, es decir, 1,2 millones menos que en 2000.

Las muertes por enfermedades no transmisibles están aumentando. El número de fallecimientos por cáncer de tráquea, bronquios y pulmón ha aumentado de 1,2 millones a 1,8 millones y ahora ocupa el sexto lugar entre las causas principales de defunción (OMS, 2020).

Efectos Principales de la Mortalidad

- a. **Impacto en la población y estructura demográfica:** La mortalidad tiene un impacto directo en la estructura poblacional, afectando tanto el tamaño como la distribución por edad. A medida que las tasas de mortalidad aumentan, especialmente entre los grupos más vulnerables (como niños, adultos mayores y personas con enfermedades crónicas), la población puede experimentar un envejecimiento acelerado o una disminución de la esperanza de vida. Este cambio en la composición demográfica puede modificar la dinámica social y económica de un país.
- b. **Efectos económicos:** El aumento de la mortalidad tiene consecuencias económicas significativas, tanto para las familias como para las sociedades en general. Las muertes prematuras o masivas afectan la fuerza laboral, reduciendo el número de personas activas económicamente. Además, el aumento de las tasas de mortalidad puede generar una mayor demanda de servicios de salud y cuidados, lo que puede poner presión sobre los sistemas de salud pública y los recursos gubernamentales.
- c. **Cargas en el sistema de salud:** Un aumento en las tasas de mortalidad debido a enfermedades, como epidemias o pandemias, puede sobrecargar los sistemas de salud. Los hospitales y clínicas pueden enfrentar una falta de capacidad para atender la cantidad creciente de pacientes, lo que puede llevar a un deterioro de la calidad de

la atención médica. Además, la mortalidad también pone presión sobre los recursos de salud pública, como medicamentos, equipos médicos y personal de salud.

- d. Efectos sociales y familiares:** La mortalidad, especialmente cuando es inesperada o masiva, puede tener efectos devastadores en las familias y comunidades. Las pérdidas de seres queridos pueden generar traumas emocionales, afectando el bienestar psicológico de las personas. También puede generar una carga financiera sobre las familias, quienes deben afrontar el dolor por la pérdida y, a menudo, los gastos asociados con los funerales y la atención médica previa a la muerte.
- e. Impacto en el desarrollo social y humano:** Las altas tasas de mortalidad, particularmente en poblaciones jóvenes, pueden interrumpir el desarrollo social y humano. La pérdida de generaciones productivas afecta el capital humano de una nación, disminuyendo el potencial de crecimiento y desarrollo a largo plazo. Las muertes prematuras también reducen la posibilidad de que las nuevas generaciones continúen contribuyendo al progreso social y económico.

Continentes con tasas estancadas por alta natalidad:

- **África:** La región sigue enfrentando altas tasas de mortalidad debido a factores como enfermedades infecciosas, falta de acceso a atención médica y problemas de salud materna. A pesar de los avances en algunas áreas, la mortalidad sigue siendo elevada en comparación con otras regiones.
- **Europa:** Europa tiene tasas de mortalidad relativamente bajas, pero el envejecimiento de la población y el aumento de enfermedades no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares y cáncer, han generado una mortalidad más alta en algunas zonas en comparación con otras regiones.
- **Asia:** Países como India y China han logrado reducir las tasas de mortalidad gracias a los avances en la atención médica. Sin embargo, todavía existen desafíos significativos, como la contaminación del aire y las enfermedades relacionadas con el estilo de vida, que impactan la salud pública en estas regiones.

Las tasas de natalidad y mortalidad juegan un papel crucial en la configuración de las dinámicas demográficas y en la determinación de políticas sociales y de salud. En regiones como Europa y Asia, las bajas tasas de natalidad reflejan un envejecimiento poblacional que plantea desafíos económicos y sociales, como la falta de mano de obra joven. Por otro

lado, en África, las altas tasas de mortalidad, especialmente debido a enfermedades infecciosas y falta de acceso a servicios médicos, resaltan las desigualdades en la distribución de recursos y oportunidades. Estos factores, interconectados con las condiciones políticas y económicas, subrayan la necesidad de estrategias integrales que promuevan un equilibrio en el crecimiento poblacional y mejoren la calidad de vida de las personas en todo el mundo.

5.3. TASA DE FECUNDIDAD

¿Qué es la tasa de fecundidad?

La tasa de fecundidad es un número que nos dice cuántos bebés, en promedio, tiene una mujer en un lugar específico durante su vida. Es como un indicador para entender cuántas personas nuevas llegan al mundo en una región o país. Por ejemplo, si la tasa de fecundidad es 2, eso significa que, en promedio cada mujer tiene dos hijos.

Figura 55

Cuidado materno y primera infancia



Nota. La imagen muestra a un recién nacido en brazos de su madre, simbolizando el vínculo materno y la importancia de los cuidados durante los primeros días de vida. Este periodo es crucial para el desarrollo físico y emocional del bebé. Utilizada con fines educativos para analizar la relevancia de la atención prenatal y los cuidados iniciales en la salud infantil.

¿Por qué es importante la tasa de fecundidad?

La tasa de fecundidad es importante porque nos ayuda a saber si la población está creciendo, disminuyendo o manteniéndose igual. Si las mujeres tienen muchos hijos, la población crece rápidamente. Si tienen pocos, la población puede reducirse con el tiempo. Esto afecta

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

a muchas cosas, como la cantidad de escuelas, trabajos y servicios que un país necesita para su gente. La tasa de fecundidad determina la proporción de jóvenes y adultos en una población. Una tasa alta implica una mayor proporción de jóvenes, lo que puede generar presiones sobre los sistemas educativos y de salud.

Desarrollo socioeconómico

Los cambios en la tasa de fecundidad suelen estar relacionados con transformaciones socioeconómicas, como la urbanización, la educación de las mujeres, el acceso a métodos anticonceptivos y el cambio de roles de género.

A nivel mundial, hubo a nivel general la disminución de la tasa de fecundidad. Aunque existen grandes diferencias entre países y regiones, pues los países desarrollados suelen tener tasas de fecundidad más bajas que los países en desarrollo.

Factores que afectan la tasa de fecundidad

Hay muchas razones por las que la tasa de fecundidad cambia de un lugar a otro. Algunas de las más comunes son:

Figura 56

Estudio y aprendizaje en entornos bibliotecarios



Nota. La imagen muestra a una estudiante en una biblioteca, leyendo un libro mientras consulta su dispositivo móvil, reflejando la combinación de métodos tradicionales y digitales en el aprendizaje. Este entorno fomenta la adquisición de conocimiento y el desarrollo académico. Utilizada con fines educativos para analizar el papel de los espacios de estudio en el acceso a la información y la educación.

Educación: La educación, especialmente de las mujeres, es muy más importantes. Cuando una mujer mucha educación, es más seguro que se case o tenga hijos más tarde. Esto ocurre porque suelen priorizar otras metas, como estudiar o trabajar. Además, la educación les da

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

más conocimiento sobre métodos de planificación familiar, lo que les permite decidir cuántos hijos quieren tener y cuándo. En lugares donde las mujeres no tienen acceso a la educación, las familias suelen ser más grandes porque se tienen hijos desde edades muy tempranas.

Figura 57

Colaboración y diversidad en el aprendizaje global



Nota. La imagen ilustra a personas de diferentes orígenes colaborando en un entorno académico o profesional, simbolizando la importancia de la diversidad, la inclusión y el trabajo conjunto para resolver problemas globales. Utilizada con fines educativos para analizar el impacto de la cooperación y el aprendizaje multicultural en un mundo interconectado.

Economía: El dinero es importante en el tema de cuántos hijos tiene una familia. En países que donde la vida es costosa, criar hijos también es, lo que puede llevar a las familias a tener menos hijos. Gastos como la educación, salud, comida y vivienda son factores que las parejas consideran antes de decidir cuántos hijos quieren. En cambio, en lugares donde la vida es más económica o donde los hijos son vistos como una ayuda para trabajar, las familias suelen ser más grandes.

Figura 58

Diversidad cultural y vestimenta tradicional



Nota. La ilustración muestra a personas representando diferentes culturas y tradiciones mediante vestimentas típicas. Este simbolismo destaca la riqueza cultural del mundo y la

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

importancia de valorar la diversidad y el respeto mutuo. Utilizada con fines educativos para analizar las tradiciones culturales y su influencia en la identidad global.

La cultura y las tradiciones influyen mucho en la tasa de fecundidad. En algunas culturas, tener muchos hijos es motivo de orgullo o parte de las expectativas sociales. Por ejemplo, en comunidades rurales, tener más hijos puede ser importante para el trabajo en el campo. En otras culturas, se prioriza la calidad de vida, y las familias tienden a ser más pequeñas. Además, la religión puede jugar un papel importante: algunas religiones aumentan familias numerosas, mientras que otras no son tan claras sobre cuántos hijos tener.

El acceso a servicios de salud también es un factor crucial. Cuando las mujeres tienen acceso a doctores, hospitales y métodos anticonceptivos, pueden controlar mejor su fertilidad. Esto reduce la cantidad de embarazos no planeados y permite que las familias decidan cuántos hijos quieren. Además, en lugares con alta mortalidad infantil, las familias pueden tener más hijos como una forma de asegurarse de que algunos lleguen a la edad adulta. En cambio, cuando los servicios de salud son buenos y los niños tienen más probabilidades de sobrevivir, las familias suelen ser más pequeñas.

Figura 59

Salud y cuidado cardiovascular



Nota. La imagen muestra manos sosteniendo un corazón con un gráfico de latidos, simbolizando el cuidado y la importancia de la salud cardiovascular. Este tema destaca la prevención de enfermedades cardíacas mediante un estilo de vida saludable y el acceso a atención médica. Utilizada con fines educativos para analizar la promoción de la salud y el bienestar.

Consecuencias de una baja tasa de fecundidad

Cuando la tasa de fecundidad es muy baja, puede haber menos jóvenes para trabajar en el futuro. Esto significa que habrá menos personas cuidando a los adultos mayores o ayudando a que la economía crezca. Por eso, algunos países con tasas bajas ofrecen beneficios a las

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

familias para que tengan más hijos, como permisos de maternidad más largos o apoyo económico.

(Estadísticas de la tasa de fecundidad a nivel global)

En 2022, la tasa de fertilidad mundial se diferencia en 2,26 hijos por mujer. Esto muestra que hubo una ligera reducción, pero esto puede ser grave porque si se tiene poca población puede que esto afecte a futuro

Consecuencias de una alta tasa de fecundidad

Por otro lado, si la tasa de fecundidad es muy alta, puede haber demasiadas personas y no suficientes recursos para todos. Por ejemplo, podría faltar comida, agua, escuelas o trabajos. En estos casos, los gobiernos a veces ayudan a las familias a planificar cuántos hijos tener para que todos vivan mejor.

La tasa de fecundidad en el mundo

En algunos países, como los de Europa, la tasa de fecundidad es baja, a veces menos de 2 hijos por mujer. En otros lugares, como África, la tasa es más alta, con mujeres que tienen 4o más hijos. Esto depende de los factores que ya mencionamos, como la cultura, la economía y la salud.

Figura 60

Evolución de la fecundidad en Europa (2012-2022)



Nota. La imagen muestra la evolución del número promedio de hijos nacidos vivos por mujer en países de la Unión Europea entre 2012 y 2022. Destaca las variaciones en las tasas de fecundidad en diferentes países, reflejando tendencias demográficas y cambios sociales. Utilizada con fines educativos para analizar los factores que influyen en la dinámica

poblacional en Europa.

La tasa de fecundidad en Piura

La tasa de fecundidad en Piura presenta algunas particularidades:

- **Diferencias entre zonas:** La tasa es mayor en el área rural (4,9 hijos por mujer) que en la urbana (2,6).
- **Tendencia histórica:** Entre 1995 y 2000, se estimó un promedio de 41,002 nacimientos anuales con una tasa global de 3,4 hijos por mujer.
- **Comparación nacional:** Aunque no se proporciona una comparación directa con otras regiones peruanas, estos datos sugieren una tasa de fecundidad relativamente alta en comparación con el promedio nacional.
- **Evolución:** Los datos más recientes (2007-2017) muestran un crecimiento de la población urbana y un decrecimiento de la rural, lo que podría indicar cambios en los patrones de fecundidad.

La tasa de fecundidad es un indicador demográfico que mide el promedio de hijos que tendría una mujer a lo largo de su vida, basado en las tasas de fecundidad actuales para diferentes grupos de edad (Borzoiepour et al., 2024). Se mide generalmente a través de la tasa de fecundidad total (TFR), que considera la suma de las tasas de fecundidad específicas por edad.

Diferencias entre Tasa de Fecundidad General y Específica

- **Tasa de Fecundidad General:** Se refiere al número total de nacimientos por cada 1,000 mujeres en edad fértil (generalmente de 15 a 49 años) en un año determinado.
- **Tasa de Fecundidad Específica:** Mide el número de nacimientos por cada 1,000 mujeres en un grupo de edad específico, permitiendo un análisis más detallado de los patrones de fecundidad por edad (Pantazis & Clark, 2018).

Relación con el Crecimiento Poblacional y Desarrollo Sostenible

La tasa de fecundidad influye directamente en el crecimiento poblacional. Un descenso en la fecundidad puede llevar a un envejecimiento poblacional, afectando la sostenibilidad económica y social (Myrskylä et al., 2009; Jakubowska et al., 2021). Sin embargo, en niveles avanzados de desarrollo, la fecundidad puede aumentar nuevamente, lo que podría mitigar algunos problemas asociados con el envejecimiento (Myrskylä et al., 2009).

CAPÍTULO VI

EL RECURSO HIDRICO

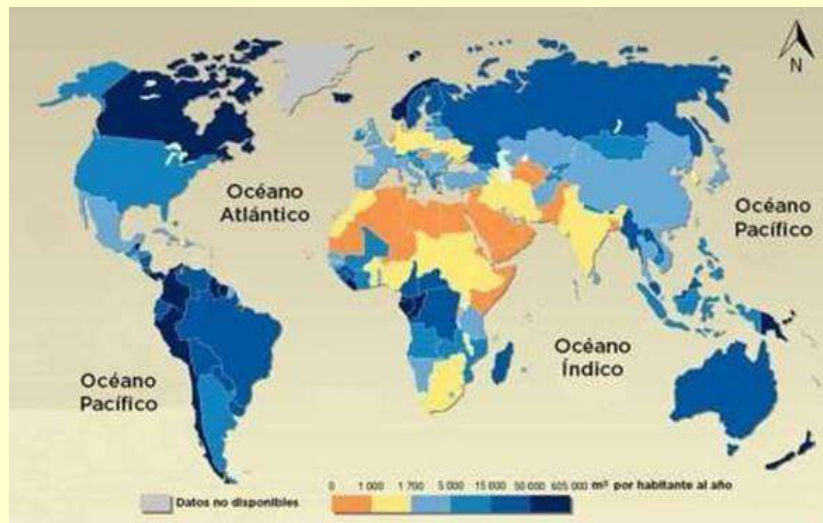
6.1. PORCENTAJE DE AGUA DULCE EN EL PLANETA Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El agua dulce representa solo el 2.5% del total de agua en el planeta, y su distribución geográfica es desigual (Yao et al., 2023a).

- **Asia:** Posee el 32% del caudal de los ríos, lo que la convierte en la región con mayor cantidad de recursos hídricos renovables (Khilchevskiy, 2020a).
- **América del Sur:** Alberga el 28% del caudal de los ríos, destacándose por su abundancia de agua dulce (Khilchevskiy, 2020b).
- **América del Norte:** Cuenta con el 18% del caudal de los ríos (Khilchevskiy, 2020c).
- **África:** Tiene el 9% del caudal de los ríos, enfrentando desafíos significativos en cuanto a la disponibilidad de agua (Khilchevskiy, 2020d).
- **Europa:** Posee el 7% del caudal de los ríos (Khilchevskiy, 2020e).
- **Australia y Oceanía:** Representan el 6% del caudal de los ríos (Khilchevskiy, 2020f).

Figura 61

Distribución mundial de recursos hídricos renovables por habitante



Nota. El mapa muestra la disponibilidad de recursos hídricos renovables per cápita a nivel mundial, destacando las diferencias entre regiones. Las áreas en tonos oscuros representan mayores disponibilidades, mientras que los tonos claros indican escasez hídrica. Utilizada con fines educativos para analizar la distribución desigual del agua y los desafíos en su gestión sostenible.

- **Aguas Subterráneas:** Constituyen el 29.9% del agua dulce total, siendo la principal

fuentes de agua dulce disponible para uso humano (Aranguren-Díaz et al., 2024).

- **Lagos, Ríos y Embalses:** Solo el 0.26% del agua dulce se encuentra en estos cuerpos de agua superficiales (Alsharhan & Rizk, 2020a)
- **Humedad del Suelo:** Representa el 0.94% del agua dulce (Alsharhan & Rizk, 2020b).
- **Desigualdad en la Distribución:** La distribución desigual de los recursos hídricos y los problemas de calidad del agua son desafíos globales significativos (Alsharhan & Rizk, 2020c).
- **Impacto del Cambio Climático:** El cambio climático y el consumo humano están reduciendo el almacenamiento de agua en lagos y otros cuerpos de agua (Yao et al., 2023b).
- **Fuentes No Convencionales:** La desalinización y el tratamiento de aguas residuales son métodos cada vez más importantes para aumentar la disponibilidad de agua dulce (Abdel- Fatah & Bazed, 2020).

6.2. PRINCIPALES FUENTES: RÍOS, LAGOS, ACUÍFEROS, GLACIARES

Las fuentes de agua dulce, como ríos, lagos, acuíferos y glaciares, son esenciales para el equilibrio hídrico y el suministro de agua en diversas regiones del mundo. Estas fuentes están siendo afectadas por el cambio climático, lo que tiene implicaciones significativas para la gestión de los recursos hídricos.

Los ríos son una de las fuentes más importantes de agua superficial en la Tierra, desempeñando un papel crucial en actividades humanas como la agricultura, el consumo doméstico y la industria (Ahmed et al., 2020a). Los lagos, aunque representan solo una pequeña fracción del agua dulce disponible, son vitales para el almacenamiento de agua y el mantenimiento de ecosistemas locales (Alsharhan & Rizk, 2020d). En regiones como la meseta tibetana, los cambios en la masa de los glaciares han contribuido al aumento del volumen de los lagos, aunque su contribución al caudal de los ríos es relativamente pequeña (Chen et al., 2021).

Los acuíferos subterráneos son una fuente crítica de agua, especialmente en regiones montañosas donde contribuyen significativamente al flujo de los ríos, particularmente durante los períodos de bajo caudal (Somers & McKenzie, 2020). En ambientes pro glaciares, los acuíferos almacenan agua que se libera gradualmente, proporcionando un

amortiguador limitado para los flujos de los ríos a medida que los glaciares retroceden (Mackay et al., 2020a). La gestión de los acuíferos es crucial para asegurar el suministro de agua en regiones donde el agua superficial es escasa (Sterckx et al., 2024a).

Los glaciares son importantes reservorios de agua que alimentan ríos y lagos, especialmente en regiones montañosas como los Andes y el Tíbet (Sepúlveda et al., 2022a). Sin embargo, el cambio climático está acelerando la pérdida de masa glaciar, lo que afecta la disponibilidad de agua a largo plazo. En la cuenca del lago Ranwu, por ejemplo, el agua de deshielo glaciar constituye la mayor parte del caudal total, pero se espera que esta contribución disminuya a medida que los glaciares continúan retrocediendo (Cui et al., 2023). En la cuenca del glaciar Mingyong, el agua de deshielo glaciar es una fuente de recarga importante tanto para los ríos como para las aguas subterráneas (Zhang et al., 2024a).

El cambio climático plantea desafíos significativos para la gestión de las fuentes de agua dulce. La disminución de los glaciares y la variabilidad en las precipitaciones afectan la disponibilidad de agua, lo que requiere una gestión adaptativa de los recursos hídricos (Mackay et al., 2020b). La integración de datos isotópicos y modelos hidrológicos puede mejorar nuestra comprensión de las contribuciones de diferentes fuentes de agua, lo que es crucial para la planificación y gestión sostenible (Sepúlveda et al., 2022b). Además, la cooperación transfronteriza y la gestión institucional de los acuíferos son esenciales para abordar los desafíos relacionados con el agua en regiones vulnerables (Sterckx et al., 2024b).

6.3. AGUA EN LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES

El agua desempeñó un papel crucial en el desarrollo de las primeras civilizaciones, como Mesopotamia y Egipto, influyendo en su cultura, tecnología y organización social. Estas civilizaciones florecieron alrededor de grandes ríos, que no solo proporcionaron recursos vitales, sino que también inspiraron prácticas religiosas y culturales.

En Egipto, la gestión del agua fue fundamental para el desarrollo agrícola. Desde aproximadamente el 6000 a.C., se construyeron presas y canales para controlar las inundaciones del Nilo y desarrollar sistemas de riego. Los egipcios inventaron dispositivos como el shaduf y la sakia para elevar agua, tecnologías que también se usaron en

Mesopotamia (Ahmed et al., 2020b). En Mesopotamia, la construcción de infraestructuras hídricas, como canales y embalses, fue esencial para la supervivencia y el desarrollo de las ciudades. Estas obras permitieron la irrigación y la navegación, y fueron gestionadas por funcionarios administrativos (Mantellini et al., 2024).

El agua no solo fue un recurso físico, sino también un elemento central en la cultura y religión de estas civilizaciones. En Mesopotamia, el dios Enki era adorado como deidad del agua dulce, reflejando la importancia espiritual del agua en la región (Negari, 2024). En Egipto, el Nilo era venerado y su ciclo de inundaciones era crucial para la agricultura y la vida diaria, influyendo en el arte y la literatura (Pietz & Zeisler-Vralsted, 2021). En Grecia, el agua también tenía un papel cultural significativo, personificada en deidades como Poseidón y las Naiades (Meer, 2020).

El acceso y control del agua también reflejaban y reforzaban las divisiones sociales. En Egipto, las élites tenían acceso a baños privados y sistemas de drenaje, mientras que la mayoría de la población dependía del Nilo para su higiene diaria, lo que simbolizaba una barrera social (Köpp-Junk, 2022). En Mesopotamia, la construcción y mantenimiento de infraestructuras hídricas eran actividades organizadas a nivel estatal, lo que subraya la importancia económica y política del agua (Alivernini, 2020).

Las prácticas de gestión del agua desarrolladas por estas civilizaciones han dejado un legado duradero. Muchas de las tecnologías y métodos de riego antiguos siguen siendo relevantes hoy en día, y su estudio puede ofrecer soluciones a los desafíos actuales de gestión del agua (Angelakis et al., 2020). Además, la comprensión de cómo estas civilizaciones manejaron sus recursos hídricos puede proporcionar lecciones valiosas sobre sostenibilidad y adaptación al cambio climático.

6.4. USO DEL AGUA DURANTE LAS REVOLUCIONES AGRÍCOLA E INDUSTRIAL

El uso del agua ha sido un factor crucial durante las revoluciones agrícola e industrial, impactando significativamente en la gestión de recursos hídricos y en el desarrollo económico. A medida que la población creció y la urbanización se expandió, la demanda de agua aumentó, lo que llevó a la implementación de diversas estrategias para optimizar su uso en la agricultura y la industria.

Durante la revolución agrícola, el crecimiento de la población y la necesidad de aumentar

la producción de alimentos incrementaron la demanda de agua para riego. Esto puso presión sobre los recursos hídricos naturales, como el agua superficial y subterránea, especialmente en regiones con escasez de agua (Hamedi et al., 2023)

Para enfrentar estos desafíos, se han desarrollado estrategias innovadoras como la agricultura de precisión y la hidroponía, que buscan reducir el consumo de agua en la agricultura. Estas técnicas han mostrado potencial para disminuir el uso de agua, aunque se requiere más investigación para comprender completamente su efectividad y posibles compensaciones (Preite et al., 2023).

La revolución industrial y el consecuente desarrollo urbano aumentaron la competencia por el agua entre los sectores agrícola, industrial y doméstico. Esto resultó en una reducción del agua disponible para la agricultura, afectando la producción de cultivos y los ingresos de los agricultores (Avazdahandeh & Khalilian, 2020).

En respuesta a la escasez de agua, se ha adoptado el uso de aguas residuales tratadas para la agricultura, especialmente en áreas urbanas y periurbanas. Esta práctica no solo ayuda a conservar los recursos hídricos, sino que también beneficia la salud humana, el medio ambiente y la economía (Murugaragavan et al., 2020).

La gestión sostenible del agua sigue siendo un desafío crítico. Se recomienda el desarrollo de modelos de comportamiento integrales y enfoques holísticos para promover comportamientos sostenibles en el uso del agua en la agricultura, lo cual es vital para alcanzarlos Objetivos de Desarrollo Sostenible (Monteiro et al., 2024).

El cambio climático y el crecimiento poblacional continúan ejerciendo presión sobre los recursos hídricos. Es esencial mejorar la eficiencia del uso del agua y adoptar tecnologías que optimicen su consumo para asegurar la sostenibilidad a largo plazo (Gerveni et al., 2020).

6.5. DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

El desarrollo de infraestructura hídrica, como presas, canales y sistemas de riego, es crucial para la gestión de recursos hídricos, la producción de energía y el desarrollo agrícola. Estas infraestructuras tienen un impacto significativo en las comunidades locales y en la sostenibilidad de los recursos naturales. La construcción de infraestructuras hídricas, como presas y sistemas de riego, puede tener efectos profundos en las comunidades rurales. Estas

infraestructuras pueden mejorar la seguridad alimentaria y el acceso al agua, pero también pueden generar competencia por recursos como el agua y la tierra, especialmente en contextos de presión demográfica y cambio climático. Las políticas gubernamentales orientadas a la prevención y la innovación tecnológica pueden mitigar estos efectos negativos (Bazzana et al., 2020).

El financiamiento de infraestructuras hídricas es un desafío significativo, especialmente en países en desarrollo como Nigeria. Problemas como el mal funcionamiento sistémico y la descentralización de las infraestructuras complican su sostenibilidad. Es crucial optimizar el uso de los recursos hídricos y mejorar la clasificación y tipología de las infraestructuras para asegurar su eficacia a largo plazo (Adeniran et al., 2021).

Los sistemas de riego son fundamentales para aumentar la productividad agrícola. En Filipinas, un proyecto de riego por canales mostró un impacto significativo en la producción potencial, aunque no mejoró la eficiencia técnica debido a la falta de capacitación y acceso a insumos. Esto resalta la necesidad de apoyo complementario para maximizar los beneficios de las infraestructuras de riego (Bravo-Ureta et al., 2020). En India, la gestión eficiente de los canales de riego es crucial para mejorar la eficiencia técnica y la sostenibilidad del sistema (Nigam et al., 2023).

Las presas han sido utilizadas desde la antigüedad para almacenar agua, controlar ríos e irrigar tierras agrícolas. Existen varios tipos de presas, como las de gravedad y las de arco, cada una con características específicas que determinan su uso y eficacia. Las presas modernas también juegan un papel en la generación de energía hidroeléctrica y en la gestión de recursos hídricos en tiempos de crisis climática (Angelakis et al., 2024).

La construcción de grandes infraestructuras hídricas puede exacerbar las diferencias sociales y transformar las comunidades locales. Es importante considerar las percepciones locales y los factores sociales para evitar aumentar la vulnerabilidad de ciertos grupos. Un enfoque más político del nexo agua-energía-alimentos puede ayudar a abordar las causas subyacentes que generan desigualdades en el desarrollo de infraestructuras hídricas (Gebreyes et al., 2020).

6.6. MODELOS DE GESTIÓN POR PAÍSES Y REGIONES

La gestión de recursos y políticas en diferentes países y regiones es un tema complejo que

involucra múltiples enfoques y modelos. Estos modelos varían según las necesidades económicas, políticas y sociales de cada región, y su implementación puede influir significativamente en el desarrollo y la eficiencia de las políticas locales.

- **Modelos de Gestión Nacional:** Los modelos de gestión económica varían desde enfoques liberales hasta dirigistas. Por ejemplo, Francia utiliza un modelo dirigista con un alto grado de intervención estatal, mientras que China ha desarrollado un modelo que combina planificación centralizada con iniciativas privadas y competitivas, lo que ha impulsado su crecimiento económico (Lysyuk, 2021a). Corea del Sur, por su parte, ha utilizado planes quinquenales centralizados para transformar su economía (Lysyuk, 2021b).
- **Modelos de Gestión de la Industria de Exposiciones:** En el ámbito de la industria de exposiciones, se han identificado cuatro modelos predominantes: liderado por el gobierno, liderado por el mercado, liderado por asociaciones y un modelo híbrido. Estos modelos son fundamentales para el desarrollo de la industria de exposiciones en países como Alemania, Reino Unido, Francia y Canadá, y son relevantes para la internacionalización de la industria en China (Dun & Liu, 2024).
- **Gestión de Marcas Regionales Transfronterizas:** Un modelo de gestión de marcas regionales transfronterizas ha sido desarrollado para mejorar la cooperación entre regiones fronterizas, como las de Brasil-Argentina e Italia-Austria. Este modelo busca superar las brechas en la gestión y fomentar prácticas de gestión efectivas (Krüger et al., 2023).
- **Gestión de Complejos Industriales Regionales:** La gestión de complejos industriales regionales se basa en modelos económicos-matemáticos y herramientas prácticas, utilizando enfoques como la teoría de juegos y modelos basados en agentes para optimizar la administración a nivel federal, regional y empresarial (Shorikov et al., 2024).
- **Modelos Organizacionales en Asia del Sudeste:** En la gestión de emergencias de salud pública, los países del Sudeste Asiático utilizan modelos organizacionales como el Sistema de Gestión de Incidentes y el Sistema de Respuesta a Incidentes. Estos modelos son esenciales para manejar emergencias de salud pública de preocupación internacional, evaluando su efectividad a través de indicadores específicos (Sharma

et al., 2024).

- **Economía Circular en la Región MENA:** La gestión de residuos sólidos en la región MENA enfrenta desafíos significativos debido a la falta de planificación y tecnologías adecuadas. La transición hacia una economía circular es prioritaria, requiriendo un cambio de paradigma de un modelo lineal a uno circular (Hemidat et al., 2022).
- **Presión sobre el Modelo Nórdico:** El modelo nórdico, conocido por su democracia en el lugar de trabajo, enfrenta presiones en su adaptación a la globalización. Sin embargo, ha demostrado ser adaptable y se ha implementado parcialmente en empresas internacionales (Berg et al., 2023).

Papel de tratados internacionales para compartir recursos hídricos

Los tratados internacionales juegan un papel crucial en la gestión y cooperación de recursos hídricos compartidos entre países. Estos acuerdos son esenciales para prevenir conflictos y fomentar la cooperación en el uso de recursos hídricos transfronterizos.

- **Prevención de Conflictos:** Los tratados proporcionan un marco formal para la cooperación entre estados, ayudando a resolver conflictos políticos sobre el uso del agua, que, aunque rara vez son violentos, son comunes debido a la escasez de agua y la necesidad de desarrollo nacional (Dinar, 2020a).
- **Cooperación y Beneficios Compartidos:** Los tratados permiten a los estados crear beneficios mutuos y sostenibles, facilitando la cooperación a largo plazo. La confianza y los incentivos económicos son fundamentales para la cooperación, especialmente en acuíferos transfronterizos (Hossen et al., 2023a).
- **Diseño de Tratados:** La inclusión de mecanismos específicos en los tratados es crucial para su eficacia. Por ejemplo, los tratados que limitan la extracción de agua son más efectivos cuando hay fuentes alternativas de agua disponibles (Penny et al., 2021a).
- **Adaptación al Cambio Climático:** Los tratados de agua también actúan como políticas de adaptación al cambio climático, ya que las condiciones climáticas como el aumento de temperaturas y precipitaciones fomentan la cooperación a través de estos acuerdos (Candau & Gbandi, 2021).
- **Convención de las Naciones Unidas sobre Cursos de Agua:** Este tratado global establece reglas abstractas adaptables a situaciones específicas, promoviendo la

cooperación en cursos de agua transfronterizos (Wehling, 2020a).

- **Tratado de Aguas del Indo:** Este tratado ha sido un modelo global de cooperación, demostrando resiliencia frente a conflictos y cambios climáticos (Desai, 2021a).

Escasez hídrica: causas naturales y antropogénicas

Los tratados internacionales juegan un papel crucial en la gestión y cooperación de recursos hídricos compartidos entre países. Estos acuerdos son esenciales para prevenir conflictos y fomentar la cooperación en el uso de recursos hídricos transfronterizos.

- **Prevención de Conflictos:** Los tratados proporcionan un marco formal para la cooperación entre estados, ayudando a resolver conflictos políticos sobre el uso del agua, que, aunque rara vez son violentos, son comunes debido a la escasez de agua y la necesidad de desarrollo nacional (Dinar, 2020b).
- **Cooperación y Beneficios Compartidos:** Los tratados permiten a los estados crear beneficios mutuos y sostenibles, facilitando la cooperación a largo plazo. La confianza y los incentivos económicos son fundamentales para la cooperación, especialmente en acuíferos transfronterizos (Hossen et al., 2023b).
- **Diseño de Tratados:** La inclusión de mecanismos específicos en los tratados es crucial para su eficacia. Por ejemplo, los tratados que limitan la extracción de agua son más efectivos cuando hay fuentes alternativas de agua disponibles (Penny et al., 2021b).
- **Adaptación al Cambio Climático:** Los tratados de agua también actúan como políticas de adaptación al cambio climático, ya que las condiciones climáticas como el aumento de temperaturas y precipitaciones fomentan la cooperación a través de estos acuerdos (Candau & Gbandi, 2022).
- **Convención de las Naciones Unidas sobre Cursos de Agua:** Este tratado global establece reglas abstractas adaptables a situaciones específicas, promoviendo la cooperación en cursos de agua transfronterizos (Wehling, 2020b).
- **Tratado de Aguas del Indo:** Este tratado ha sido un modelo global de cooperación, demostrando resiliencia frente a conflictos y cambios climáticos (Desai, 2021b).

Contaminación de fuentes de agua y sus impactos en la salud pública

La contaminación de fuentes de agua es un problema crítico que afecta la salud pública a nivel mundial. La descarga de aguas residuales sin tratamiento y la contaminación por

actividades humanas y naturales son las principales causas de este problema, que está vinculado a más de 50 enfermedades y es responsable del 80% de las enfermedades y el 50% de las muertes infantiles en todo el mundo (Lin et al., 2022a).

- **Enfermedades Transmitidas por el Agua:** La diarrea es la enfermedad más común causada por la contaminación del agua, principalmente transmitida por enterovirus en el ambiente acuático (Lin et al., 2022b). También se asocian enfermedades de la piel y ciertos tipos de cáncer con la exposición a agua contaminada (Krishan et al., 2023).
- **Contaminantes Químicos y Metales Pesados:** Elementos tóxicos como el arsénico, cobalto, cobre, hierro, selenio y zinc, presentes en el agua, superan los límites regulatorios y representan un riesgo significativo para la salud humana (Belle et al., 2023). Estos contaminantes pueden causar efectos crónicos y agudos en la salud (Babuji et al., 2023).
- **Contaminantes Emergentes:** Productos farmacéuticos, antibióticos y hormonas, conocidos como contaminantes emergentes, deterioran la calidad del agua y plantean riesgos para la salud (Arman et al., 2021a).
- **Gestión de Recursos Naturales:** La gestión efectiva de cuencas hidrográficas y el control de la contaminación son esenciales para mejorar la calidad del agua y reducir las enfermedades transmitidas por el agua (Elmadani et al., 2024).
- **Colaboración y Prevención:** La colaboración entre gestores de agua potable y sectores agrícolas para prevenir la contaminación es más efectiva y económica que el tratamiento posterior (Rauh & Hughes, 2023).
- **Tecnologías de Tratamiento:** Métodos avanzados como la ultrafiltración son prometedores para la eliminación de micro poluentes en el agua (Arman et al., 2021b).

Privatización del agua y conflictos sociales

La privatización del agua es un tema controvertido que ha generado numerosos conflictos sociales en todo el mundo. Este fenómeno se ha intensificado debido al crecimiento de la población, el cambio climático y la escasez de recursos hídricos, lo que ha llevado a debates sobre la gestión y distribución del agua como un bien público o privado.

La privatización del agua ha sido un factor clave en la generación de conflictos sociales en varios países. En América del Sur, por ejemplo, se han documentado numerosos conflictos relacionados con la privatización de servicios de agua, la contaminación por minería y la

gestión de servicios hídricos. Estos conflictos varían en sus actores y dimensiones, reflejando las complejidades políticas y sociales de cada país (Larocque, 2020). En Argentina, la privatización del agua en el Gran Buenos Aires provocó movilizaciones basadas en la falta de infraestructura y amenazas ambientales, lo que llevó a una organización comunitaria sostenida incluso después de la renacionalización (Akchurin, 2022).

La privatización del agua también ha afectado la gobernanza y la gestión de los recursos hídricos. En Chile, la privatización ha sido un obstáculo para la adaptación a las condiciones socio-climáticas actuales, como la mega-sequía, debido a la exclusión de usuarios del agua y la falta de planificación adecuada (Julio et al., 2024). En Europa, el movimiento Right2Watersurgió como una respuesta a las políticas de privatización, abogando por el reconocimiento del agua como un bien público y no una mercancía (Van Den Berge et al., 2021).

La privatización del agua ha tenido diversas consecuencias sociales y económicas. En Brasil, la privatización de los servicios de agua y saneamiento en Ouro Preto generó un movimiento popular en contra, con la remunicipalización emergiendo como una solución deseada para lograr justicia social y derechos humanos (De Cássia Onuzik et al., 2024). En España, la privatización y concentración de recursos durante las Revoluciones Burguesas del siglo XIX tuvieron efectos a largo plazo en el orden social agrario contemporáneo (Trujillano, 2023).

Los desafíos asociados con la privatización del agua requieren soluciones innovadoras y colaborativas. La necesidad de repensar la economía del agua es crucial para abordar los conflictos de distribución y las desigualdades de acceso, lo que implica innovaciones institucionales y tecnológicas, así como un compromiso político y financiero sostenido (Garrick et al., 2020). En México, el análisis de redes sociales ha identificado conflictos relacionados con la gestión del agua, sugiriendo que metodologías cualitativas pueden complementar los enfoques cuantitativos para una mejor comprensión de estos problemas (Rivera-Núñez et al., 2024).

Papel del agua en la biodiversidad

El agua juega un papel crucial en la biodiversidad, especialmente en los ecosistemas de agua dulce, que son algunos de los más diversos biológicamente en la Tierra. Sin embargo,

la biodiversidad de agua dulce está disminuyendo rápidamente debido a diversas amenazas humanas.

Ecosistemas de Agua Dulce: Estos ecosistemas proporcionan servicios irremplazables tanto para la naturaleza como para la sociedad, afectando procesos biogeoquímicos y dinámicas ecológicas que determinan la biodiversidad y la productividad de los ecosistemas (Albert et al., 2020).

Servicios Ecosistémicos: La biodiversidad de agua dulce ofrece servicios materiales (alimentos, recursos genéticos), no materiales (cultura, educación) y de regulación (purificación del agua, regulación climática) (Lynch et al., 2023).

Degradación Rápida: La biodiversidad de agua dulce está disminuyendo más rápidamente que en los ecosistemas terrestres, con una pérdida significativa de humedales y poblaciones de vertebrados de agua dulce (Tickner et al., 2020).

Impactos Humanos: La fragmentación de ríos, la introducción de especies no nativas y la contaminación son algunas de las principales amenazas que afectan la biodiversidad de los peces de agua dulce y otros organismos (Su et al., 2021).

Planes de Recuperación: Se han propuesto planes de acción para revertir la pérdida de biodiversidad de agua dulce, que incluyen mejorar la calidad del agua, proteger hábitats críticos y restaurar la conectividad de los ríos (Van Rees et al., 2020a).

Gestión Integrada: La gestión integrada de los recursos hídricos y la planificación estratégica de la conservación son esenciales para proteger la biodiversidad de agua dulce (Van Rees et al., 2020b).

6.7. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CICLO HÍDRICO

El cambio climático tiene efectos significativos en el ciclo hídrico, alterando la disponibilidad y calidad del agua a nivel global.

- **Disponibilidad estacional:** El cambio climático ha provocado variaciones en la disponibilidad de agua durante las estaciones secas, con algunas regiones experimentando una disminución y otras un aumento en la disponibilidad de agua. Esto se debe principalmente al aumento de la evapotranspiración más que a la disminución de la precipitación (Padrón et al., 2020a).
- **Recarga de Aguas Subterráneas:** Las tasas de recarga de aguas subterráneas han

cambiado, con un aumento en la contribución de estas aguas al caudal de los ríos en áreas glaciares y un flujo subterráneo mejorado en áreas de permafrost (Kuang et al., 2024).

- **Precipitación Extrema e Inundaciones:** Se espera que el ciclo hidrológico se intensifique, aumentando la intensidad de las precipitaciones extremas y el riesgo de inundaciones, especialmente en regiones con mayor disponibilidad de agua (Tabari, 2020a).
- **Sequías y Calor Extremo:** Las sequías se han intensificado en latitudes extra tropicales, afectando regiones como Europa, América del Norte y Australia (Padrón et al., 2020b).
- **Calidad del Agua Subterránea:** Los eventos hidrológicos extremos, como sequías prolongadas y lluvias intensas, afectan la calidad del agua subterránea, alterando la composición de las comunidades microbianas y los ciclos de elementos como el carbono y el nitrógeno (Retter et al., 2020).
- **Indicadores de Gestión:** Se han desarrollado indicadores para evaluar los cambios en el ciclo hídrico, incluyendo la precipitación media y extrema, el flujo de los ríos, la cobertura de nieve, y la temperatura del agua en lagos y ríos (Peters-Lidard et al., 2021).
- **Adaptación y Mitigación:** La adaptación al cambio climático requiere una visión integrada del agua, la biosfera y los flujos ambientales para desarrollar sistemas agrícolas y económicos sostenibles (Su & Sun, 2021).

Desalinización y reciclaje de agua

La desalinización y el reciclaje de agua son soluciones críticas para abordar la escasez de agua en regiones áridas y en crecimiento poblacional. Estas tecnologías ofrecen alternativas viables para satisfacer la demanda de agua, aunque enfrentan desafíos en términos de percepción pública, costos y sostenibilidad ambiental. La desalinización se ha convertido en una solución clave para satisfacer la demanda de agua en regiones áridas como Abu Dhabi, donde se ha demostrado su viabilidad a largo plazo para el almacenamiento de agua dulce desalinizada y su uso en la agricultura, mejorando la calidad del agua subterráneo y aumentando el nivel hidráulico en ciertas ubicaciones (Sathish et al., 2021).

En las islas del Atlántico, la ósmosis inversa es una solución eficiente para la desalinización,

aunque plantea desafíos sobre qué hacer con las membranas al final de su vida útil, abriendo oportunidades para su reciclaje (Tavares et al., 2022a). Además, la desalinización puede ser una solución climática al reducir la extracción de aguas subterráneas y aumentar el ciclo del agua, especialmente si se combina con el uso de energías renovables para minimizar su huella de carbono (Pistocchi et al., 2020).

Las percepciones públicas sobre el agua desalinizada y reciclada varían significativamente. En Australia y Sudáfrica, el agua reciclada se asocia con emociones negativas debido a nociones de disgusto, mientras que el agua desalinizada se percibe más neutralmente (Etale et al., 2020). En Israel, aunque se reconoce la necesidad de la desalinización para la seguridad hídrica, existe una preocupación por depender demasiado de fuentes limitadas de agua (No pongas todos los huevos en una misma canasta: perspectivas sociales sobre la desalinización y el reciclaje del agua en Israel., 2022). Estas percepciones subrayan la importancia de abordar las preocupaciones culturales y emocionales para aumentar la aceptación pública de estas tecnologías.

El reciclaje de agua ha avanzado significativamente, especialmente en Australia, donde la escasez de agua ha impulsado el desarrollo de plantas de agua reciclada avanzada para uso potable indirecto (Radcliffe & Page, 2020). Tecnologías como las celdas de desalinización microbiana combinadas con humedales construidas han mostrado ser efectivas para tratar aguas salinas, mejorando la eliminación de nitrógeno y la generación de energía (Zhao et al., 2021). Además, la electrodiálisis de choque se presenta como una opción prometedora para la desalinización a pequeña escala, especialmente en áreas remotas (Alkhadra et al., 2020).

El reciclaje de salmuera rechazada de plantas de desalinización se está explorando como una fuente de nutrientes para sistemas hidropónicos y como una fuente de agua dulce, lo que podría transformar un residuo en un recurso valioso, mejorando la sostenibilidad ambiental de la desalinización (Jíménez-Arias). et al., 2020). Además, el reciclaje de membranas de ósmosis inversa al final de su vida útil representa una oportunidad para reducir residuos y la huella de carbono (Tavares et al., 2022b).

Agricultura inteligente y técnicas de riego eficientes

La agricultura inteligente y las técnicas de riego eficientes son áreas de creciente interés debido a la necesidad de optimizar el uso del agua y mejorar la productividad agrícola en

un contexto de escasez de recursos y cambio climático. Estas tecnologías buscan integrar sistemas automatizados y el Internet de las Cosas (IoT) para mejorar la gestión del agua y aumentar el rendimiento de los cultivos.

Las tecnologías de riego inteligente utilizan sensores, automatización y técnicas de inteligencia artificial para optimizar el uso del agua en la agricultura. Estas tecnologías permiten a los agricultores tomar decisiones informadas sobre los horarios y cantidades de riego, calculando en datos en tiempo real sobre la humedad del suelo, el clima y las necesidades hídricas de los cultivos (Vallejo-Gómez et al., 2023). Los sistemas de riego inteligente pueden incluir sensores de humedad del suelo, controladores de evapotranspiración y sensores de lluvia, que han demostrado ahorrar entre un 7% y un 92% de agua mientras mantienen el crecimiento y la calidad de los cultivos (Touil et al., 2022).

El riego inteligente es crucial para mejorar la eficiencia en el uso del agua, especialmente en regiones áridas y semiáridas. Estas tecnologías pueden aumentar la eficiencia del uso del agua al considerar variaciones del suelo y el clima, así como las respuestas de las plantas a los déficits hídricos (Ahmed et al., 2023). En el caso del cultivo de arroz, métodos como el riego por goteo y el uso de IoT han mostrado mejorar significativamente la eficiencia del uso del agua, aunque pueden no ser viables para agricultores con recursos limitados debido a los altos costos de producción (Mallareddy et al, 2023).

El uso de sistemas de riego inteligente no solo ahorra agua, sino que también puede aumentar el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, la fertiirrigación por goteo ha demostrado aumentar el rendimiento de los cultivos en un 12% y la eficiencia del uso del nitrógeno en un 34,3%, al tiempo que reduce la evapotranspiración de los cultivos en un 11,3% (Li et al., 2021). Además, la automatización del riego puede reducir los costos laborales y aumentar la rentabilidad de las explotaciones agrícolas (Devendiran et al., 2023).

A pesar de los beneficios, la adopción generalizada de tecnologías de riego inteligente enfrenta desafíos, como la necesidad de una conexión a internet confiable y el costo de implementación de tecnologías avanzadas (George, 2024). Sin embargo, se espera que la investigación y el desarrollo continúen mejorando la accesibilidad y la asequibilidad de estas tecnologías, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles que aumenten la producción

de cultivos (Priyambada et al., 2023).

6.8. ESTADÍSTICAS ACTUALES SOBRE ACCESO AL AGUA POTABLE

El acceso al agua potable es un derecho humano esencial y un objetivo clave de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Según el Programa Conjunto de Monitoreo de la OMS y UNICEF, aproximadamente 2 mil millones de personas carecen de servicios de agua potable gestionados de manera segura (SMDW), siendo la mayoría de estas personas residentes en Asia Central y del Sur (768 millones) y África Subsahariana (747 millones) (Bain et al., 2020).

La contaminación fecal, indicada por la presencia de *Escherichia coli*, es uno de los principales factores limitantes para el acceso a agua potable segura a nivel mundial (Charles & Greggio, 2021a). En muchos países de ingresos bajos y medios, menos de un tercio de la población tiene acceso a agua sin contaminación detectable de *E. coli* en el punto de uso (Charles & Greggio, 2021b). Además, la calidad del agua es particularmente baja en países en desarrollo sin litoral en comparación con los pequeños estados insulares en desarrollo (Aboah & Miyittah, 2022). Existen desigualdades significativas en el acceso al agua potable segura dentro de los países de ingresos bajos y medios. Aunque el acceso al agua potable mejorado ha aumentado desde el año 2000, sigue siendo más bajo en África Subsahariana, donde el acceso al agua canalizada se concentra principalmente en los centros urbanos (Deshpande et al., 2020).

Para abordar estos desafíos, se han implementado iniciativas de monitoreo de la calidad del agua en varios países. Por ejemplo, Ecuador ha integrado análisis de calidad del agua en sus encuestas nacionales de hogares, lo que ha permitido identificar la calidad del agua en el punto de consumo y los factores de riesgo asociados (Moreno et al., 2020). Estas iniciativas son cruciales para mejorar la seguridad del agua potable y avanzar hacia el cumplimiento del ODS 6.1, que busca garantizar agua potable segura y asequible para todos (Charles & Greggio, 2021c).

Figura 62

Acceso global al agua potable



Nota. El mapa muestra el porcentaje de acceso al agua potable en diferentes regiones del mundo, destacando las áreas con menor acceso, como Burkina Faso (BUR), Nigeria (NIG), Sudán del Sur (SSD), República Centroafricana (CAF) y República Democrática del Congo (COD). Los tonos oscuros indican mayor acceso, mientras que los claros representan una cobertura limitada. Utilizada con fines educativos para analizar la desigualdad en el acceso al agua potable y los desafíos globales de sostenibilidad.

Países con mayor estrés hídrico

El estrés hídrico es un problema crítico en varias regiones del mundo, especialmente en México, India y el Medio Oriente, donde la demanda de agua supera la disponibilidad, exacerbada por factores como el cambio climático y la gestión ineficiente de los recursos hídricos.

México enfrenta un alto nivel de estrés hídrico debido a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, así como a la gestión ineficiente de los recursos hídricos. Esto ha limitado la disponibilidad de agua, haciendo necesario implementar nuevas fuentes de suministro, como la captación de agua de lluvia (Vázquez et al., 2023).

India es conocida por enfrentar desafíos significativos relacionados con el estrés hídrico, debido a su alta población y dependencia de la agricultura, que consume grandes cantidades de agua.

El Medio Oriente es una de las regiones más afectadas por el estrés hídrico en el mundo.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

La extracción de agua subterránea supera con creces su capacidad de renovación, lo que lleva a una grave escasez de agua (Sherif et al., 2023). Además, casi todos los países de la región tienen menos agua disponible de lo que se considera necesario para las necesidades humanas básicas (Smith, comunicación personal, 2021). La región enfrenta desafíos adicionales debido al cambio climático, que se espera que agrave aún más la escasez de agua (Rezaei et al., 2024).

Figura 63

Niveles de estrés hídrico global



Nota. El mapa muestra el nivel de estrés hídrico en diferentes regiones del mundo, clasificado en categorías que van desde bajo (<10%) hasta extremadamente alto (>80%). Las áreas en tonos oscuros representan regiones con mayor escasez de agua en relación con la demanda. Utilizada con fines educativos para analizar los desafíos relacionados con la gestión del agua y la sostenibilidad en contextos de alta demanda hídrica.

Sequías, inundaciones, y deshielo

Las sequías, inundaciones y el deshielo son fenómenos hidrológicos interrelacionados que afectan significativamente a los ecosistemas y las sociedades humanas. Estos eventos extremos son cada vez más frecuentes y severos debido al cambio climático, lo que plantea desafíos para la gestión del agua y la mitigación de riesgos.

Las transiciones de sequía a inundación pueden tener impactos severos y variar significativamente en su duración y distribución espacial. En los Estados Unidos, el deshielo es un factor clave en las transiciones en cuencas de alta elevación, mientras que en

las de baja elevación, los factores son más variables. La gestión de embalses puede reducir la frecuencia de transiciones cortas de sequía a inundación, especialmente en áreas donde el deshielo es crucial para llenar los embalses (Götte & Brunner, 2024).

El deshielo influye fuertemente en las inundaciones, especialmente en regiones montañosas donde el deshielo es un proceso dominante. Las inundaciones influenciadas por el deshielo tienden a estar más conectadas espacialmente que las causadas solo por lluvias, lo que implica un mayor riesgo de inundaciones severas y generalizadas en un clima en calentamiento (Brunner & Fischer, 2022). En Japón, la predicción precisa del flujo de agua de deshielo es crucial para la gestión eficiente de embalses y la prevención de inundaciones (Abe et al., 2022).

La predicción de sequías e inundaciones enfrenta varios desafíos, incluyendo la disponibilidad de datos, la comprensión de procesos y la interacción humano-agua. La disminución del manto de nieve en el futuro reducirá la predictibilidad de las sequías estacionales, especialmente en áreas de baja elevación (Livneh & Badger, 2020). Además, las inundaciones por lluvia sobre nieve (ROS) podrían aumentar en frecuencia y magnitud debido al cambio climático, lo que requiere modelos hidrológicos más precisos para su predicción (Sezen et al., 2020).

El uso de tecnologías como la inteligencia artificial y los sistemas de información geográfica (GIS) puede mejorar la predicción y gestión de estos eventos extremos. En Kazajistán, la identificación de sitios potenciales para estanques de recolección de agua de deshielo ha demostrado ser una estrategia efectiva para mitigar las sequías agrícolas y las inundaciones de primavera (Teleubay et al., 2023). Además, el uso de datos de teledetección y el índice de precipitación estandarizado (SPI) ha sido útil para analizar y predecir la ocurrencia de sequías e inundaciones en regiones áridas y semiáridas (Abd-Elhamid et al., 2023).

Alteración en los patrones de lluvia y disponibilidad hídrica.

La alteración en los patrones de lluvia y la disponibilidad hídrica es un fenómeno complejo influenciado por el cambio climático y otros factores ambientales.

Variabilidad espacial y temporal: En las cuencas de los ríos Indo, Ganges y Brahmaputra, se observa una tendencia decreciente de lluvias en el este y un aumento en el oeste, afectando la disponibilidad de agua terrestre (Patel et al., 2020). En el noreste de India, se

ha registrado una disminución significativa en las precipitaciones desde 1973 (Kuttiappurath et al., 2020).

Eventos Extremos: El cambio climático intensifica los eventos de precipitación extrema y las inundaciones, especialmente en regiones con disponibilidad hídrica variable (Tabari, 2020b). En el oeste de India, se ha observado una disminución en los días de lluvia, lo que afecta la disponibilidad de agua (Venkatesh et al., 2021).

Impacto del Cambio Climático: El cambio climático inducido por el hombre ha alterado la disponibilidad de agua, especialmente durante las estaciones secas, con un aumento de la evapotranspiración en lugar de una disminución de la precipitación (Padrón et al., 2020c). En África y EE.UU., se observan patrones de sequía prolongada y cambios en la disponibilidad de agua debido a la variabilidad climática (Etukudoh et al., 2024).

Efectos Combinados de Sequías y Lluvias: Las sequías prolongadas seguidas de lluvias intensas pueden movilizar sedimentos y nutrientes, afectando la calidad del agua y la seguridad del suministro (Qiu et al., 2021).

Asia del Sur: En el norte de India, se ha registrado una reducción significativa de las lluvias durante el verano, lo que afecta la agricultura y los recursos hídricos (Wang et al., 2021). En las regiones montañosas de Asia, los cambios en la lluvia sobre nieve están alterando el ciclo hidrológico, afectando la disponibilidad de agua (Maina & Kumar, 2023).

Regiones críticas: África subsahariana, Medio Oriente, y Asia del Sur

Las regiones de África Subsahariana, Medio Oriente y Asia del Sur enfrentan desafíos únicos y complejos que afectan su desarrollo socioeconómico y estabilidad política. Estos desafíos incluyen problemas de salud, conflictos sociopolíticos y la transición energética, entre otros.

Esclerosis Múltiple (EM): En regiones como el Medio Oriente y África del Norte (MENA), la prevalencia de la esclerosis múltiple ha aumentado, mostrando un curso más agresivo de la enfermedad en comparación con el mundo occidental. En Asia del Sur, las características de la discapacidad son distintas, asemejándose más a las del occidente, mientras que, en África Subsahariana, la enfermedad sigue siendo menos prevalente, pero con un curso más agresivo en ciertas subpoblaciones (Bonomi et al., 2021).

Mortalidad Neonatal: África Subsahariana y Asia del Sur enfrentan altas tasas de mortalidad neonatal, con factores de riesgo como la falta de atención prenatal adecuada y

barreras financieras. La empoderación de las mujeres se destaca como un factor crucial para reducir estas tasas, sugiriendo que mejorar los índices de igualdad de género podría ser una solución sostenible (Idowu et al., 2024).

Terrorismo y Conflictos: La región MENA ha sido un foco significativo de terrorismo y conflictos, representando una gran parte de los incidentes y muertes relacionados a nivel mundial. La democracia y los conflictos civiles son los principales impulsores del terrorismo en esta región, y la Primavera Árabe ha intensificado estos problemas (Kim & Sandler, 2020).

Desestabilización Sociopolítica: MENA y África Subsahariana son regiones con altos niveles de desestabilización violenta. En MENA, las protestas suelen ir acompañadas de represiones masivas, mientras que, en África Subsahariana, los ataques terroristas contribuyen significativamente a la desestabilización (Khokhlova & Korotayev, 2023).

Transición Energética en MENA: La región MENA enfrenta desafíos significativos en la transición energética debido a su dependencia del petróleo y el gas natural. Las políticas internacionales sobre cambio climático y la competencia geopolítica complican aún más esta transición, aunque algunos países están implementando políticas para diversificar sus economías y adoptar tecnologías de energía renovable (Mills, 2020)

Soluciones Basadas en la Naturaleza en África Subsahariana: La implementación de soluciones basadas en la naturaleza para mitigar riesgos hidro-meteorológicos, como inundaciones, es baja en África Subsahariana. Sin embargo, estas soluciones podrían ayudar a abordar desafíos de desarrollo como la inseguridad alimentaria y del agua, y promover un desarrollo resiliente al clima (Enu et al., 2023).

Gobernanza en África Subsahariana: A pesar de los avances en la gobernanza, como la rendición de cuentas democráticas, la capacidad estatal limitada y la creciente deuda soberana son obstáculos críticos para consolidar estos logros. Mejorar la gobernanza es esencial para el desarrollo económico y la integración de servicios de salud mental en la atención primaria (Rahim et al., 2021).

Agricultura Sostenible: Las regiones de África Subsahariana y Asia del Sur enfrentan desafíos significativos en la agricultura sostenible, con sistemas agrícolas diversos y heterogéneos que requieren estrategias adaptadas para mejorar la sostenibilidad y la seguridad alimentaria (Antle & Ray, 2020).

Casos actuales de conflictos internacionales por el agua

Los conflictos internacionales por el agua son un tema crítico en varias regiones del mundo, especialmente en torno a ríos como el Nilo y el Indo. Estos conflictos surgen principalmente debido a la competencia por recursos hídricos limitados y la falta de acuerdos efectivos entre los países que comparten estas cuencas.

Acuerdo de 1959 y Desigualdad: El acuerdo de 1959 sobre el Nilo favoreció a Egipto y Sudán, dejando a otros países sin derechos significativos sobre el uso del agua, lo que ha generado tensiones continuas (Muyali, 2024a).

Gran Presa del Renacimiento Etíope (GERD): La construcción de esta presa por Etiopía ha intensificado las tensiones con Egipto, que teme por su acceso al agua del Nilo. A pesar de varios intentos de negociación, no se ha alcanzado un acuerdo cooperativo o legal satisfactorio (Mohtar, 2021).

Limitaciones de la Ley Internacional del Agua: La falta de ratificación de acuerdos como el Marco de Cooperación de 2011 y la Declaración de Principios, que solo involucra a tres de los once estados de la cuenca, ha obstaculizado el desarrollo pacífico de los recursos hídricos compartidos. (Muyali, 2024b).

Disputas entre India y Pakistán: Las tensiones en el río Indo se centran en proyectos de infraestructura como las presas Kishenganga y Baglihar. Estos proyectos han llevado a disputas que han requerido la intervención del Banco Mundial y otros organismos internacionales para su resolución (Salman, 2021a).

Tratado de Aguas del Indo: Aunque este tratado ha proporcionado un marco para la gestión del agua, las disputas recientes, como la del proyecto Ratle, muestran que las tensiones persisten y requieren mediación continua (Salman, 2021b).

Objetivos de Desarrollo Sostenible

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6) de las Naciones Unidas se centra en garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Este objetivo es crucial para el bienestar humano y el desarrollo sostenible, ya que el acceso al agua limpia y al saneamiento adecuado es fundamental para la salud pública, la reducción de la pobreza y la sostenibilidad ambiental.

El ODS 6 está interconectado con otros objetivos de la Agenda 2030, lo que requiere un

enfoque integrado para su monitoreo y cumplimiento. Un estudio propone el uso de redes bayesianas para identificar y analizar estas interrelaciones, demostrando que el enfoque es robusto y coherente al comparar los resultados con estudios exhaustivos de la ONU-Agua (Requejo- Castro et al., 2020). Además, se destaca la importancia de abordar las complejidades y dependencias entre los ODS para una implementación efectiva (Del Río Castro et al., 2021a).

La ciencia ciudadana emerge como una fuente valiosa de datos para el monitoreo de los ODS, incluyendo el ODS 6. Aunque actualmente contribuye a un número limitado de indicadores, su potencial para ampliar la cobertura de datos es significativo. La ciencia ciudadana ya está contribuyendo al monitoreo de algunos indicadores del ODS 6, y podría expandir su impacto con inversiones y asociaciones adecuadas (Fraisl et al., 2020).

A pesar de los esfuerzos, el progreso hacia el cumplimiento del ODS 6 es limitado bajo las condiciones actuales. Se proyecta que para 2030, solo un porcentaje modesto de los indicadores relacionados con el desarrollo humano, incluyendo el acceso a saneamiento seguro, alcanzará sus valores objetivo. Esto subraya la necesidad de un cambio significativo en las políticas de ayuda y priorización tanto a nivel nacional como internacional (Moyer & Hedden, 2020).

La digitalización y la innovación tecnológica, como el Big Data y la Inteligencia Artificial, ofrecen oportunidades para mejorar la gestión del agua y el saneamiento. Sin embargo, la investigación sobre su contribución efectiva a los ODS, incluido el ODS 6, aún está en etapas iniciales. Se requiere más investigación para explorar cómo estas tecnologías pueden integrarse de manera efectiva en las políticas de sostenibilidad (Del Río Castro et al., 2021b).

Tecnologías de purificación portátil

Las tecnologías de purificación portátil son esenciales para proporcionar acceso a agua potable segura en comunidades rurales, áreas con distribución de agua de baja calidad, y para aplicaciones o militares recreativas. Estas tecnologías abarcan una variedad de métodos y dispositivos diseñados para eliminar contaminantes y patógenos del agua de manera eficiente y accesible.

Los dispositivos fotoelectrocatalíticos portátiles han demostrado ser efectivos para la desinfección rápida del agua. Un ejemplo es un dispositivo que utiliza nanotubos de TiO₂

y una luz LED de 365 nm, logrando una inactivación significativa de bacterias como *Escherichia coli* y *Legionella* en tiempos cortos (Montenegro-Ayo et al., 2020). Estos dispositivos ofrecen una solución factible y asequible para asegurar el acceso a agua limpia. Las membranas de nanofibras con estructura de núcleo-corteza biomimética han sido desarrolladas para la purificación rápida y portátil del agua. Estas membranas son capaces de eliminar contaminantes solubles e insolubles, demostrando una alta eficiencia en la purificación de agua contaminada con Cr (VI) y en la eliminación de coliformes y sólidos suspendidos (Shang et al., 2022).

Se han diseñado reactores foto catalíticos portátiles que combinan la fotocatalisis con la degradación por persulfato bajo luz visible. Estos dispositivos son capaces de degradar contaminantes orgánicos de manera eficiente, utilizando energía solar y mejorando la conversión catalítica de aniones de persulfato en radicales altamente activos (Zu et al., 2021).

Un enfoque innovador para la desinfección del agua es el uso de espumas de grafito poroso en campos eléctricos de alta frecuencia para capturar y eliminar bacterias del agua. Este sistema ha demostrado ser altamente eficiente, eliminando el 99.997% de *E. coli* con un bajo consumo de energía (Luo et al., 2023)

Un dispositivo de purificación de agua impulsado por energía solar, inspirado en tiendas de campaña, utiliza un evaporador solar de aerogel de celulosa bacteriana y un dispositivo de recuperación de condensación. Este sistema es ligero, portátil y capaz de purificar múltiples calidades de agua, incluyendo agua de mar y agua de río contaminada (Zhang et al., 2024b). Aunque muchos dispositivos portátiles son efectivos en la eliminación de contaminantes, la sostenibilidad y el costo siguen siendo desafíos importantes. La integración de materiales biodegradables y el uso de energía renovable son áreas clave para el desarrollo futuro (Shenet al., 2021).

La capacidad de purificar una amplia gama de contaminantes, incluidos metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y patógenos, es crucial para mejorar la eficacia de los dispositivos portátiles. La investigación continúa en el desarrollo de tecnologías que puedan abordar estas necesidades de manera más integral (Xaba et al., 2022).

Proyectos masivos de recolección de agua de lluvia

La recolección de agua de lluvia es una práctica antigua que ha ganado relevancia en el

contexto actual debido a la creciente escasez de agua y los efectos del cambio climático. Este método ofrece una alternativa sostenible para el suministro de agua, tanto potable como no potable, y contribuye a la gestión eficiente de los recursos hídricos.

La recolección de agua de lluvia proporciona beneficios económicos, ambientales y tecnológicos significativos. Es una solución prometedora para mitigar riesgos de inundaciones y sequías, y se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible al promover la reutilización del agua y la gestión efectiva de los recursos hídricos (Raimondi et al., 2023; Huang et al., 2021). Además, los sistemas de recolección de agua de lluvia pueden reducir el consumo de agua potable en edificios, lo que resulta en ahorros económicos considerables (De Souza & Ghisi, 2020).

El diseño de sistemas de recolección de agua de lluvia varía según el contexto y las necesidades específicas. En el caso de edificios industriales, se ha demostrado que estos sistemas son económicamente viables, con un período de recuperación de la inversión de entre 7 y 11 años (Matos et al., 2024a). La implementación de herramientas innovadoras, como SAPRA, facilita el diseño y la evaluación económica de estos sistemas (Matos et al., 2024b). Además, el uso de análisis multicriterio y sistemas de información geográfica (GIS) ayuda a identificar zonas potenciales para la recolección de agua de lluvia, considerando factores socioeconómicos y ambientales (Toosi et al., 2020a).

A pesar de sus beneficios, la recolección de agua de lluvia enfrenta desafíos, como la identificación de sitios adecuados a gran escala y la integración de factores socioeconómicos en el diseño de los sistemas (Toosi et al., 2020b). La educación y la concienciación son cruciales para cambiar la percepción de las comunidades urbanas sobre el uso de esta práctica (Satpute et al., 2024). Las tendencias futuras sugieren un aumento en la investigación y la implementación de tecnologías avanzadas para el tratamiento y gestión del agua de lluvia (Yildirim et al., 2022).

Uso de fertilizantes y biocidas

Los fertilizantes y biocidas son productos químicos ampliamente utilizados en la agricultura para mejorar la producción de cultivos y protegerlos de plagas y enfermedades. Sin embargo, su uso excesivo puede causar problemas significativos para la salud humana, animal y ecológica.

Definiciones

Fertilizantes: Son compuestos que proporcionan nutrientes esenciales a las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio, para aumentar la fertilidad del suelo y los rendimientos de los cultivos (Annis, 2016; Tagkas et al., 2024).

Figura 64

Uso de fertilizantes en la agricultura



Nota. La imagen muestra a una mano aplicando fertilizante a una planta joven, destacando la importancia de los nutrientes en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes puede tener consecuencias negativas para el suelo y los ecosistemas acuáticos. Utilizada con fines educativos para analizar las prácticas agrícolas sostenibles y el impacto de los insumos químicos en el medio ambiente.

Biocidas: Son sustancias químicas utilizadas para controlar organismos no deseados, como malezas, animales y hongos, que pueden dañar los cultivos o reducir su rendimiento (Annis, 2016).

Algunos problemas de Salud y Ecológicos que causan los fertilizantes y biocidas

En la salud humana: La exposición a fertilizantes inorgánicos se ha asociado con un mayor riesgo de cáncer y otros problemas de salud, aunque la evidencia es limitada y requiere más investigación (Tagkas et al., 2024). Los biocidas pueden alterar funciones endocrinas e inmunológicas, causando efectos crónicos complejos (Ghorbani et al., 2008).

En la salud Animal: Los biocidas utilizados en la ganadería pueden llegar al suelo a través del estiércol, afectando la salud de los animales y el ecosistema (Kreuzig et al., 2010).

Su impacto ecológico: El uso excesivo de fertilizantes y biocidas contribuye a la pérdida de biodiversidad y la contaminación del agua, ya que estos productos pueden ser arrastrados

a cuerpos de agua superficiales, afectando la calidad del agua (Ghorbani et al., 2008; Wittmer et al., 2011). Además, los biocidas pueden transformarse en compuestos más tóxicos o persistentes en el ambiente (Kahrilas et al., 2015). El uso de fertilizantes y biocidas, aunque esencial para la agricultura moderna, plantea riesgos significativos para la salud humana, animal y el medio ambiente. Es crucial utilizar estos productos de manera adecuada y explorar alternativas más sostenibles, como los biofertilizantes y biopesticidas, para mitigar estos impactos negativos.

Figura 65

Sostenibilidad y conservación ambiental



Nota. La imagen representa un brote creciendo frente a un planeta Tierra, simbolizando la importancia de la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales. Este concepto promueve un equilibrio entre el desarrollo humano y la preservación ambiental. Utilizada con fines educativos para analizar estrategias sostenibles en el cuidado del medio ambiente y la mitigación del cambio climático.

Impacto ambiental de los fertilizantes y biocidas: Los fertilizantes y biocidas tienen impactos significativos en el medio ambiente, afectando la calidad del suelo y del agua, la biodiversidad, y los ecosistemas en general.

Los fertilizantes químicos, especialmente aquellos que contienen nitrógeno y fósforo, contribuyen a la contaminación del agua a través de la escorrentía y lixiviación, lo que lleva a la eutrofización de cuerpos de agua (Carpenter et al., 1998; Adesemoye & Kloepper, 2009). Esta contaminación puede causar la acidificación de los ecosistemas acuáticos y afectar la biodiversidad (Camargo & Alonso, 2006).

Figura 66

Interacción entre industria y medio ambiente



Nota. La imagen representa el impacto de la actividad industrial en el medio ambiente, destacando elementos como emisiones, uso de recursos y datos relacionados con la sostenibilidad. Este concepto enfatiza la necesidad de prácticas responsables para reducir el impacto ambiental y promover un desarrollo sostenible. Utilizada con fines educativos para analizar las relaciones entre industria, tecnología y conservación ambiental.

La eutrofización, causada por el exceso de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, provoca floraciones algales nocivas, zonas hipóxicas ("zonas muertas") y la degradación de la calidad del agua, afectando la producción de peces y mariscos (Smith et al., 1999; Khan & Ansari, 2005; Wurtsbaugh et al., 2019). También puede alterar la estructura y función de los ecosistemas acuáticos (Carpenter, 2005; Romanelli et al., 2020).

Los biocidas, como los neonicotinoides y el fipronil, afectan negativamente a la biodiversidad, incluyendo especies no objetivo como los polinizadores. Estos compuestos pueden reducir la población de insectos beneficiosos y afectar servicios ecosistémicos críticos como la polinización y el control biológico de plagas (Chagnon et al., 2014).

A largo plazo, la acumulación de fertilizantes y biocidas puede llevar a la persistencia de la eutrofización y la degradación de la calidad del suelo y del agua, afectando la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos (Carpenter, 2005; Carpenter et al., 1998).

A nivel global, la eutrofización y la contaminación por biocidas son problemas extendidos que afectan la calidad del agua y la biodiversidad en múltiples regiones, con impactos

económicos significativos en la agricultura, la pesca y el turismo (Wurtsbaugh et al., 2019; Camargo & Alonso, 2006; Wright et al., 2018).

El impacto ambiental de los fertilizantes y biocidas es un tema de creciente preocupación debido a sus efectos adversos en el medio ambiente y la salud humana. A continuación, se presentan los principales impactos identificados en la literatura:

Contaminación del Suelo y Agua: Los fertilizantes y pesticidas inorgánicos pueden permanecer en el suelo y el medio ambiente durante largos períodos, afectando la microflora y otros organismos, y contaminando el agua subterránea (Baweja et al., 2020; Seenivasagan & Babalola, 2021). Los fertilizantes nitrogenados, en particular, son una fuente significativa de contaminación ambiental, contribuyendo al calentamiento global, la acidificación y la eutrofización terrestre (Tayefeh et al., 2018).

Efectos en la Salud Humana y Biodiversidad: El uso excesivo de agroquímicos ha causado problemas de salud, como alteraciones endocrinas y del sistema inmunológico, y ha contribuido a la pérdida de biodiversidad (Ghorbani et al., 2008; El-Khoshiban, 2016). Los biocidas pueden tener efectos crónicos complejos en la salud humana y los ecosistemas (Ghorbani et al., 2008).

Figura 67

Uso de pesticidas en la agricultura



Nota. La imagen representa el uso de pesticidas en el cuidado de cultivos para protegerlos de plagas y enfermedades. Este tipo de práctica, aunque eficaz para aumentar la productividad agrícola, debe ser manejado con cuidado para evitar impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Utilizada con fines educativos para analizar los beneficios y riesgos asociados al uso de productos químicos en la agricultura.

Ciclos de Nutrientes y Polución: Los fertilizantes afectan los ciclos de nitrógeno y fósforo,

lo que puede llevar a la formación de contaminantes y su transferencia en el medio ambiente (Zhang et al., 2018). Esto incluye la emisión de óxidos de nitrógeno y la pérdida de nutrientes, que son desafíos para la sostenibilidad agrícola (Chen et al., 2018)

El uso de fertilizantes y biocidas químicos tiene impactos significativos en el medio ambiente, afectando la salud del suelo, el agua y la biodiversidad. Sin embargo, existen alternativas sostenibles, como los biofertilizantes y biopesticidas, que pueden mitigar estos efectos negativos y promover una agricultura más sostenible. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles es crucial para reducir la contaminación y preservar los recursos naturales.

Uso responsable y sostenible de fertilizantes y biocidas

El uso responsable y sostenible de fertilizantes y biocidas es un tema crucial en la agricultura moderna, dado el impacto significativo que estos productos tienen en el medio ambiente y la salud humana. La transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles implica la adopción de alternativas que minimicen estos efectos negativos. Alternativas Sostenibles a los Fertilizantes y Biocidas.

Químicos Biofertilizantes y Biopesticidas

Los biofertilizantes y biopesticidas se presentan como alternativas viables a los productos químicos tradicionales. Estos productos biológicos no solo mejoran la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos, sino que también son más amigables con el medio ambiente y económicos (Seenivasagan & Babalola, 2021; Akanmu et al., 2023; Bhardwaj et al., 2014). Los biofertilizantes, por ejemplo, utilizan microorganismos beneficiosos que promueven el crecimiento de las plantas y mejoran la absorción de nutrientes, lo que contribuye a la sostenibilidad agrícola (Mohan et al., 2024; Mutebi & Moranga, 2022).

Agricultura Orgánica: La agricultura orgánica está ganando terreno como una alternativa sostenible, utilizando fertilizantes orgánicos derivados de desechos vegetales y animales, así como pesticidas basados en extractos de plantas y microorganismos (Durán-Lara et al., 2020; Mohan et al., 2024). Sin embargo, la disponibilidad comercial de estos productos es limitada debido a barreras como la cantidad de materias primas y las estrictas leyes de registro (Durán- Lara et al., 2020; Mohan et al., 2024).

Impactos Ambientales y de Salud Problemas Asociados al Uso de Químicos: El uso excesivo de fertilizantes y biocidas químicos ha llevado a problemas ambientales

significativos, como la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad, además de riesgos para la salud humana, como alteraciones endocrinas y problemas inmunológicos (Annis, 2016; Ghorbani et al., 2008). La gestión adecuada de estos productos es esencial para mitigar estos riesgos (Annis, 2016).

Beneficios de los Biofertilizantes: Los biofertilizantes no solo mejoran la salud del suelo al aumentar la actividad microbiana, sino que también ayudan a reducir la incidencia de enfermedades en las plantas al fomentar un ambiente más competitivo para los patógenos (Ghorbani et al., 2008; Mutebi & Moranga, 2022).

Además, contribuyen a la remediación de metales pesados en el suelo, mejorando así la calidad del mismo (Mutebi & Moranga, 2022). **Desafíos y Futuras Direcciones Barreras para la Comercialización:** A pesar de los beneficios, la comercialización de biofertilizantes y biopesticidas enfrenta desafíos significativos, como la disponibilidad limitada de materias primas y los costos asociados con las pruebas toxicológicas necesarias para su registro (Durán- Lara et al., 2020; Mohan et al., 2024).

Innovaciones en Fertilizantes: El desarrollo de fertilizantes basados en biochar ha mostrado potencial para mejorar la eficiencia del uso de nitrógeno y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que representa una prometedora aplicación para el desarrollo agrícola sostenible (Puga et al., 2019). La transición hacia el uso responsable y sostenible de fertilizantes y biocidas requiere un enfoque integrado que combine prácticas agrícolas tradicionales con innovaciones biológicas y tecnológicas.

Esto no solo mejorará la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, sino que también protegerá el medio ambiente y la salud humana. El uso responsable y sostenible de fertilizantes y biocidas es crucial para minimizar los impactos ambientales negativos, mejorar la salud del suelo y asegurar la viabilidad económica de la agricultura. Este enfoque busca equilibrar la productividad agrícola con la conservación del medio ambiente y el bienestar social.

Uso Responsable y Sostenible Ambiental: El uso sostenible implica reducir la dependencia de fertilizantes químicos y biocidas, que pueden causar contaminación del suelo y agua, y pérdida de biodiversidad (Ghorbani et al., 2008; Akanmu et al., 2023). La sustitución parcial de fertilizantes químicos por orgánicos puede mejorar la fertilidad del suelo y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Tang et al., 2021; Puga et al., 2019).

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Social: Promueve la salud humana al disminuir la exposición a químicos nocivos y mejora la calidad de vida de las comunidades agrícolas (Ghorbani et al., 2008; Seenivasagan & Babalola, 2021).

Económico: Aumenta la rentabilidad al reducir costos de insumos y mejorar la eficiencia de uso de nutrientes (Tang et al., 2021; Chen et al., 2018).

Prácticas Agrícolas Sostenibles Manejo Integrado de Nutrientes: Combina fertilizantes orgánicos y microbianos para mejorar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos (Gupta et al., 2022; Tang et al., 2021).

Figura 68

Crecimiento económico y sostenibilidad global



Nota. La imagen combina elementos de crecimiento económico, como monedas y gráficos ascendentes, con un fondo del planeta Tierra, simbolizando la relación entre la economía y el medio ambiente. Destaca la importancia de equilibrar el progreso económico con la sostenibilidad para garantizar un desarrollo global inclusivo y responsable. Utilizada con fines educativos para analizar las dinámicas entre economía y ecología.

Agricultura de Conservación: Reduce el uso de químicos y mejora la salud del suelo mediante prácticas como el no laboreo y la rotación de cultivos (Shah & Wu, 2019; Tahat et al., 2020).

Uso de Biofertilizantes y Biopesticidas: Alternativas ecológicas que mejoran la producción de cultivos y preservan la fertilidad del suelo (Akanmu et al., 2023; Seenivasagan & Babalola, 2021). **Consecuencias del Uso No Responsable Degradación del Suelo:** Uso excesivo de químicos lleva a la pérdida de fertilidad y estructura del suelo (Shah & Wu, 2019; Seenivasagan & Babalola, 2021).

Contaminación Ambiental: Aumento de la contaminación del agua y del aire debido a la lixiviación y volatilización de nutrientes (Ghorbani et al., 2008; Puga et al., 2019).

Impactos en la Salud: Problemas de salud humana relacionados con la exposición a biocidas (Ghorbani et al., 2008).

Minimización de Riesgos Sustitución de Químicos: Uso de fertilizantes orgánicos y biochar para reducir la contaminación (Badagliacca et al., 2024; Puga et al., 2019). Gestión del Suelo: Prácticas que mejoran la actividad microbiana y la estructura del suelo (Gupta et al., 2022; Tahat et al., 2020).

Ejemplos de Estrategias Sostenibles China: Sustitución parcial de fertilizantes químicos por estiércol de cerdo, mejorando la rentabilidad y reduciendo impactos ambientales (Tang et al., 2021).

Mediterráneo: Uso de fertilizantes orgánicos para mejorar la estructura del suelo y reducir emisiones de gases (Badagliacca et al., 2024). El manejo sostenible de fertilizantes y biocidas es esencial para proteger el medio ambiente, mejorar la salud del suelo y asegurar la viabilidad económica de la agricultura. La adopción de prácticas sostenibles, como el uso de biofertilizantes y la gestión integrada de nutrientes, puede mitigar los riesgos ambientales y promover una agricultura más resiliente y productiva.

Alternativas orgánicas y naturales: La agricultura orgánica y natural está ganando popularidad como una alternativa sostenible a la agricultura convencional, que depende en gran medida de fertilizantes y pesticidas químicos. Estos productos químicos, aunque efectivos para aumentar el rendimiento de los cultivos, tienen efectos adversos significativos sobre el medio ambiente y la salud humana. En respuesta, se están explorando alternativas orgánicas y naturales para los biocidas y fertilizantes.

Alternativas Orgánicas para Fertilizantes Biofertilizantes: Los biofertilizantes son microorganismos vivos que, cuando se aplican a semillas, superficies de plantas o suelo, promueven el crecimiento de las plantas al aumentar la disponibilidad de nutrientes. Estos incluyen bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos micorrízicos y otros microorganismos que mejoran la absorción de nutrientes y la salud del suelo (Parewa et al., 2021; Chandrakar & Yadav, 2019; Mahdi et al., 2010). Los biofertilizantes son una opción rentable y sostenible que puede reemplazar a los fertilizantes químicos, mejorando la fertilidad del suelo y la sostenibilidad a largo plazo (Parewa et al., 2021; Mahdi et al., 2010).

Figura 69

Conservación ambiental y sostenibilidad



Nota. La imagen representa un planeta Tierra acompañado de hojas verdes, simbolizando la importancia de la conservación ambiental y las prácticas sostenibles. Este concepto resalta la necesidad de proteger los recursos naturales para garantizar un equilibrio ecológico y un futuro sostenible. Utilizada con fines educativos para analizar estrategias de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

Compost y Vermicompost: El compost y el vermicompost son fertilizantes orgánicos ricos en nutrientes que mejoran la estructura del suelo y promueven el crecimiento de las plantas. Estos productos son el resultado de la descomposición de materia orgánica y son conocidos por su capacidad para mantener el suelo en un estado homeostático adecuado (Hakeem et al., 2023). Además, el vermicompost es particularmente efectivo debido a su diversidad microbiana y su capacidad para mejorar el rendimiento de diversos cultivos (Hakeem et al., 2023).

Alternativas Naturales para Biocidas Biopesticidas: Los biopesticidas son productos derivados de materiales naturales como plantas, bacterias y ciertos minerales. Estos productos son menos tóxicos que los pesticidas químicos y pueden ser utilizados para controlar plagas y enfermedades en los cultivos de manera más segura y sostenible (Durán-Lara et al., 2020; Akanmu et al., 2023; Parewa et al., 2021). Los biopesticidas pueden integrarse en técnicas de manejo integrado de plagas, proporcionando una protección eficaz sin los efectos negativos asociados con los pesticidas sintéticos (Parewa et al., 2021).

Extractos de Plantas y Microorganismos: Los extractos de plantas y los microorganismos se utilizan como pesticidas naturales debido a sus propiedades antimicrobianas y repelentes. Estos productos son una alternativa viable a los pesticidas químicos, ya que

no persisten en el medio ambiente ni presentan toxicidad significativa (Durán-Lara et al., 2020; Mohan et al., 2024).

Desafíos y Futuras Direcciones Barreras Comerciales: A pesar de los beneficios de los productos orgánicos y naturales, existen barreras significativas para su comercialización. Estas incluyen la disponibilidad limitada de materias primas y las estrictas leyes de registro que requieren pruebas toxicológicas costosas y prolongadas (Durán-Lara et al., 2020; Mohan et al., 2024).

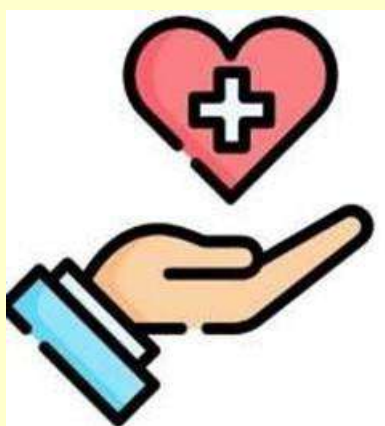
Investigación y Desarrollo: Es necesario continuar la investigación para mejorar la eficacia y la disponibilidad de biofertilizantes y biopesticidas. La integración de estas alternativas en sistemas agrícolas sostenibles requiere un enfoque coordinado que incluya la educación de los agricultores y el desarrollo de políticas de apoyo (Akanmu et al., 2023; Parewa et al., 2021). Las alternativas orgánicas y naturales para los biocidas y fertilizantes ofrecen un camino prometedor hacia una agricultura más sostenible y segura. Sin embargo, superar las barreras comerciales y fomentar la adopción generalizada de estas prácticas sigue siendo un desafío clave.

Efectos en la salud humana y animal

Los biocidas y fertilizantes son ampliamente utilizados en la agricultura, pero su uso puede tener efectos adversos significativos en la salud humana y animal.

Figura 70

Promoción de la salud y el bienestar



Nota. La imagen muestra una mano sosteniendo un corazón con un símbolo de cruz, representando el cuidado de la salud y la importancia del bienestar integral. Este concepto destaca la necesidad de políticas de salud pública, prevención de enfermedades y acceso a

servicios médicos para todos. Utilizada con fines educativos para analizar estrategias para mejorar la calidad de vida y la salud global.

Efectos en la Salud Humana Neurotoxicidad y Cáncer: El glifosato, un biocida común, ha sido asociado con efectos neurotóxicos, incluyendo estrés oxidativo, neuro inflamación y disfunción mitocondrial, que pueden llevar a la muerte neuronal y trastornos del comportamiento (Costas-Ferreira et al., 2022). Además, los pesticidas y fertilizantes inorgánicos han sido vinculados con un mayor riesgo de cáncer, especialmente cánceres hematopoyéticos (Weisenburger, 1993; Tagkas et al., 2024).

- **Problemas Respiratorios y Reproductivos:** La exposición a pesticidas puede causar toxicidad aguda y crónica, daño pulmonar, y anomalías inmunológicas y reproductivas (Weisenburger, 1993). También se ha detectado la presencia de biocidas en fluidos humanos, lo que podría afectar la fertilidad (Baukloh et al., 1985).
- **Infecciones y Diarrea:** Los fertilizantes orgánicos han sido asociados con infecciones y diarrea (Tagkas et al., 2024).
- **Efectos en la Salud Animal Resistencia Antimicrobiana (AMR):** El uso de biocidas y ciertos metales en la producción animal puede contribuir al desarrollo de resistencia antimicrobiana, lo que representa un riesgo para la salud humana a través de la cadena alimentaria (James et al., 2023; Paul et al., 2019).
- **Impacto en Polinizadores:** Los productos veterinarios y biocidas utilizados en la ganadería pueden intoxicar a los polinizadores como las abejas, afectando su supervivencia y, por ende, la polinización (Mahefarisoa et al., 2021). El uso de biocidas y fertilizantes en la agricultura tiene implicaciones significativas para la salud humana y animal.

Los efectos incluyen neurotoxicidad, riesgo de cáncer, problemas respiratorios y reproductivos, y el desarrollo de resistencia antimicrobiana. Además, afectan a los polinizadores, cruciales para la biodiversidad y la producción agrícola. Se necesita más investigación para comprender completamente estos impactos y desarrollar estrategias para mitigar los riesgos asociados.

Innovaciones tecnológicas en fertilizantes y biocidas

Las innovaciones tecnológicas en fertilizantes y biocidas están transformando la agricultura ofrecer alternativas más sostenibles y eficientes en comparación con los productos

sintéticos tradicionales. Estas innovaciones buscan mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes, reducir el impacto ambiental y aumentar la productividad agrícola. Innovaciones en Biofertilizantes y Biopesticidas.

- **Biofertilizantes y Biopesticidas:** Los biofertilizantes y biopesticidas ofrecen una solución sostenible para reducir el uso de fertilizantes químicos, mejorando la salud del suelo y reduciendo la contaminación del aire y el agua. Estos productos no solo son ricos en valor nutricional, sino que también aportan microorganismos beneficiosos al suelo, mejorando el crecimiento de las plantas y la salud humana (Ajmal et al., 2018; Pande & Arora, 2019).
 - **Desarrollo en Argentina y Brasil:** En países como Argentina y Brasil, se están desarrollando productos comerciales innovadores que incluyen biofertilizantes que promueven el crecimiento de las plantas y biopesticidas para el control de plagas. Además, se están explorando nuevas generaciones de bio insumos como fito vacunas y bio herbicidas (Da Silva Medina et al., 2024).
 - **Avances en Fertilizantes de Fosfato Eficiencia en el Uso del Fósforo:** Se han desarrollado tecnologías para mejorar la eficiencia agronómica de los fertilizantes de fosfato, como los fertilizantes de eficiencia mejorada que incluyen inhibidores de fijación y fertilizantes de liberación controlada. Estas innovaciones buscan reducir las pérdidas de fósforo en el suelo y mejorar la eficiencia de la fertilización (Guelfi et al., 2022; Weeks & Hettiarachchi, 2019).
 - **Nanotecnología en Fertilizantes Nano fertilizantes:** Los nano fertilizantes utilizan las propiedades únicas de las nanopartículas para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes.
 - Ofrecen ventajas como la liberación controlada de nutrientes, actividad dirigida y menor ecotoxicidad. Estos fertilizantes pueden aumentar la productividad de los cultivos de manera más sostenible que los fertilizantes convencionales (Channab et al., 2024; DeRosa et al., 2010; Seleiman et al., 2020).
 - **Aplicaciones de Nanotecnología:** La nanotecnología también se aplica en la creación de sensores inteligentes para la agricultura de precisión, mejorando la gestión de nutrientes y reduciendo los costos de insumos (Pande & Arora, 2019; Maity et al., 2022).
- Desafíos y Futuras Direcciones

- **Riesgos y Limitaciones:** Aunque las innovaciones en biofertilizantes y nano fertilizantes presentan numerosos beneficios, existen preocupaciones sobre la liberación de nanopartículas en el medio ambiente y los posibles efectos adversos para la salud humana y animal. Es crucial continuar investigando para garantizar su uso seguro y sostenible (Ajmal et al., 2018; Seleiman et al., 2020).
- **Transformación del Conocimiento en Tecnología:** Un desafío importante es convertir el conocimiento científico en tecnologías aplicables y accesibles para el mercado agrícola, asegurando que estas innovaciones sean económicamente viables y tengan un impacto ambiental mínimo (Guelfi et al., 2022; De Rosa et al., 2010). las innovaciones tecnológicas en fertilizantes y biocidas están avanzando hacia soluciones más sostenibles y eficientes, con un enfoque en la reducción del impacto ambiental y el aumento de la productividad agrícola. Sin embargo, es esencial abordar los desafíos relacionados con la seguridad y la viabilidad económica para maximizar su potencial en la agricultura moderna.

6.9. LA EUTROFIZACIÓN: AMENAZA PARA EL RECURSO HÍDRICO

La eutrofización es un proceso de enriquecimiento de nutrientes, principalmente compuestos de nitrógeno y fósforo, en un cuerpo de agua, como lagos, ríos, embalses o yeguas, que altera significativamente su equilibrio ecológico. Este fenómeno puede ser natural, como parte de la evolución de los ecosistemas acuáticos, pero generalmente es acelerado por actividades humanas, como la agricultura intensiva, el vertido de aguas residuales no tratadas y el uso excesivo de fertilizantes.

Figura 71

Proliferación de algas en cuerpos de agua (eutrofización)



Nota. La imagen muestra cuerpos de agua afectados por la proliferación de algas verdes, un fenómeno causado por la eutrofización debido al exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Esto puede reducir la calidad del agua, afectar la biodiversidad y generar zonas muertas en ecosistemas acuáticos. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y consecuencias de la contaminación de fuentes hídricas.

El exceso de nutrientes en el agua estimula el crecimiento descontrolado de organismos fotosintéticos, especialmente algas y fitoplancton, lo que lleva a la formación de floraciones algales. Estas floraciones pueden bloquear la luz solar, afectando la fotosíntesis de plantas acuáticas sumergidas, y al descomponerse, consumiendo grandes cantidades de oxígeno, provocando condiciones de hipoxia (bajo oxígeno) o anoxia (ausencia de oxígeno). Esto resulta en la muerte masiva de peces y otras especies acuáticas, la alteración de las cadenas tróficas y la reducción de la biodiversidad.

Además de los efectos ecológicos, la eutrofización afecta la calidad del agua, generando problemas como malos olores, cambios en el sabor y color, y la presencia de toxinas producidas por algunas especies de algas. Esto dificulta su uso para el consumo humano, recreación y actividades económicas como la pesca y el turismo, aumentando también los costos de tratamiento del agua. La eutrofización representa una seria amenaza para los ecosistemas acuáticos y los recursos hídricos, requiriendo estrategias de prevención, manejo y restauración para mitigar sus impactos.

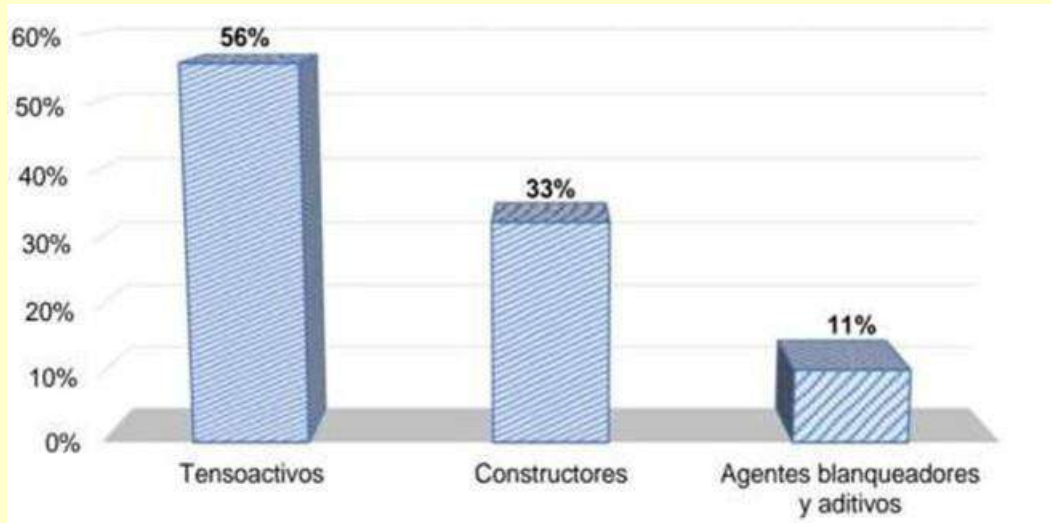
La eutrofización, entendida como el enriquecimiento de cuerpos de agua con nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, es una de las principales amenazas para los ecosistemas acuáticos a nivel global. Este proceso, impulsado principalmente por actividades humanas como la agricultura, el manejo inadecuado de aguas residuales y el cambio climático, afecta la biodiversidad, la calidad del agua y las actividades económicas relacionadas con los recursos hídricos.

A nivel global, el 54% de los lagos en Asia, el 53% en Europa y el 41% en América del Norte muestran signos de eutrofización, según estudios recientes (Wurtsbaugh et al., 2019). Este fenómeno provoca un incremento en la biomasa de algas nocivas, la disminución del oxígeno disuelto en el agua y la alteración de las comunidades biológicas. Por ejemplo, en cuerpos de agua eutróficos, las floraciones de cianobacterias pueden liberar toxinas perjudiciales para la vida acuática y humana, aumentando los costos de tratamiento de agua

potable en un 30% en promedio en regiones altamente afectadas (Suresh et al., 2023).

Figura 72

Composición de los detergentes en porcentaje



Nota. El gráfico muestra la proporción de los principales componentes en los detergentes: tensoactivos (56%), constructores (33%) y agentes blanqueadores y aditivos (11%). Estos componentes son esenciales para la eficacia de los detergentes, aunque algunos pueden tener impactos negativos en el medio ambiente. Utilizada con fines educativos para analizar la composición química de los productos de limpieza y su sostenibilidad.

Además, la pérdida de biodiversidad en ecosistemas acuáticos es alarmante. Se estima que la población de especies de agua dulce ha disminuido en un 83% desde 1970, superando las tasas de declive en ecosistemas terrestres y marinos (Reid et al., 2018). La eutrofización, combinada con otros factores como la contaminación y el cambio climático, exacerba esta crisis al generar zonas hipóxicas o anóxicas que imposibilitan la vida acuática.

El impacto económico es igualmente significativo. En Estados Unidos, las pérdidas económicas derivadas de la eutrofización en lagos y corrientes de agua se estiman en 2.4 mil millones de dólares anuales, mientras que en Europa las costas sufren pérdidas superiores a 1 mil millones de euros debido a este fenómeno (Wurtsbaugh et al., 2019). Estas cifras reflejan los costos asociados con la disminución de la pesca, la calidad del agua y el turismo en áreas afectadas.

El cambio climático también está intensificando los efectos de la eutrofización. Las altas temperaturas y las lluvias intensas asociadas al calentamiento global promueven la

escorrentía de nutrientes hacia los cuerpos de agua, aumentando la frecuencia y severidad de las floraciones de algas nocivas (Rabalais et al., 2009). Además, el cambio en los patrones climáticos exacerba la estratificación térmica en los lagos, dificultando la mezcla de agua y reduciendo aún más los niveles de oxígeno disponibles en las capas inferiores.

La eutrofización en el Perú es un fenómeno que se manifiesta en diversos cuerpos de agua, tanto continentales como costeros, y está estrechamente ligada a las dinámicas sociales, económicas y ambientales del país. A lo largo de la costa, la agricultura intensiva y el uso excesivo de fertilizantes incrementan la presencia de nitrógeno y fósforo, nutrientes que terminan fluyendo hacia ríos, lagunas y el mar, especialmente durante la temporada de lluvias. Este aporte desmedido de nutrientes se ve exacerbado por la descarga de aguas residuales domésticas e industriales sin un tratamiento adecuado, una realidad común en ciudades con sistemas de alcantarillado insuficientes o desactualizados.

En áreas de la sierra peruana, donde la agricultura se practica en laderas y suelos frágiles, las lluvias intensas arrastran partículas ricas en nitrógeno y fósforo hacia las cuencas hidrográficas. Este arrastre puede intensificarse en zonas altoandinas, afectando humedales, lagunas y embalses utilizados para riego, pesca y consumo humano. Un caso notorio es el del Lago Titicaca, compartido con Bolivia, donde la entrada de materia orgánica y aguas residuales ha derivado en episodios de proliferación de algas que alteran la calidad del agua y la disponibilidad de.

En los tramos medios y bajos de los grandes ríos que recorre la selva peruana, la eutrofización se vincula tanto al aporte de nutrientes de origen agrícola como a la tala y quema de bosques, que liberan materia orgánica al medio, generando una sobreoferta de compuestos nutritivos. Este enriquecimiento excesivo, sumado a la creciente urbanización en ciertas cuencas, provoca el florecimiento de algas y microorganismos que dificultan la filtración natural del agua, comprometen la biodiversidad acuática y afectan las poblaciones de peces, base del sustento alimenticio.

Según Escartín Escudé (2018), las prácticas agrícolas en áreas como Piura y Lambayeque utilizan grandes cantidades de fertilizantes químicos, que se lixivian hacia los ríos y lagunas. Esta dinámica no solo incrementa el riesgo de eutrofización, sino que también contamina las fuentes de agua utilizadas para consumo humano y riego. Adicionalmente, en el valle de Ica, la intensiva explotación del agua para cultivos de exportación como la

vid y los espárragos agrava la crisis hídrica, afectando la sostenibilidad del recurso (Carbó, 2020).

La descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado constituye otro factor crítico en el proceso de eutrofización. En ciudades como Lima y Arequipa, los sistemas de alcantarillado son insuficientes para atender la creciente urbanización, lo que resulta en la liberación de nutrientes al medio acuático. Barreto et al. (2019) destacan cómo los coagulantes naturales, como el mucílago de café, podrían ser una alternativa eficaz para tratar las aguas residuales y reducir la contaminación por nutrientes. Sin embargo, su implementación requiere de políticas públicas robustas y financiamiento sostenible.

En las zonas altoandinas, el impacto de la eutrofización adquiere una dimensión particular debido a las características geográficas y climáticas de la región. El arrastre de nutrientes por lluvias intensas es una constante en las cuencas de la sierra, donde la agricultura en laderas expone al suelo a una alta erosión. Gamarra et al. (2018) documentaron que en la cuenca del río Utcubamba, los residuos agropecuarios y la deforestación de bosques de galería han incrementado significativamente las concentraciones de nitratos y fosfatos en el agua. Estas prácticas afectan directamente la calidad de humedales y lagunas utilizadas para consumo humano, pesca y riego, generando problemas socioambientales complejos.

Un caso emblemático es el del lago Titicaca, compartido entre Perú y Bolivia. Este cuerpo de agua ha experimentado una alarmante proliferación de algas debido al ingreso de aguas residuales y materia orgánica. Según Ferro et al. (2019), el uso inadecuado de fertilizantes en cultivos adyacentes y la falta de tratamiento de los vertidos urbanos han deteriorado la calidad del agua, comprometiendo la salud de las comunidades locales y de la fauna acuática. Este problema subraya la urgencia de implementar estrategias de manejo integral de cuencas y tecnologías de saneamiento adaptadas a las condiciones de la región.

En la selva peruana, la eutrofización se presenta de forma distinta, vinculada tanto a las actividades agrícolas como a la tala y quema de bosques. Estas prácticas liberan grandes cantidades de materia orgánica al medio acuático, enriqueciendo los ríos con compuestos nutritivos. En cuencas como la del río Marañón, el florecimiento de algas ha reducido la biodiversidad y afectado la pesca artesanal, una actividad fundamental para la seguridad alimentaria de las comunidades locales (Gamarra et al., 2018). Este contexto revela la necesidad de fortalecer la gobernanza ambiental y promover prácticas sostenibles que

minimicen los impactos de la deforestación.

Los humedales artificiales han surgido como una solución prometedora para mitigar la eutrofización y mejorar la calidad del agua en diversas regiones de Perú. Barreto et al. (2019) plantean que estos sistemas, diseñados para depurar aguas residuales, podrían reducir la concentración de nutrientes en un 60-90%, dependiendo de las condiciones específicas. La implementación de esta tecnología en comunidades rurales y urbanas no solo contribuiría a controlar la eutrofización, sino que también generaría beneficios colaterales, como la conservación de la biodiversidad y la reducción de enfermedades transmitidas por el agua.

La relación entre la eutrofización y la salud humana es otro aspecto que merece especial atención. Ferro et al. (2019) evidencian cómo la contaminación por nutrientes en el agua potable puede exacerbar enfermedades gastrointestinales y respiratorias, especialmente en comunidades vulnerables. En Puno, por ejemplo, la distribución inadecuada de cloro residual en el agua ha sido asociada con brotes de enfermedades diarreicas agudas, destacando la necesidad de mejorar los sistemas de monitoreo y tratamiento del agua potable.

El impacto de la eutrofización también tiene implicancias económicas significativas. En áreas como el valle de Motupe, Domínguez Guzmán (2020) señala que los pequeños agricultores enfrentan desafíos para acceder a agua de calidad, lo que afecta la productividad de sus cultivos y genera conflictos sociales. Además, la pérdida de biodiversidad acuática en regiones como el lago Titicaca afecta directamente las actividades pesqueras, reduciendo los ingresos de las comunidades que dependen de este recurso.

En términos de mitigación, las prácticas agrícolas sostenibles representan una estrategia clave para reducir el aporte de nutrientes a los cuerpos de agua. El uso de biofertilizantes y la implementación de técnicas de compostaje, como las promovidas por Marín (2019), ofrecen alternativas viables para disminuir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la calidad del suelo. Asimismo, iniciativas como la reforestación de bosques de galería en la cuenca del río Utcubamba podrían reducir significativamente la erosión del suelo y el transporte de nutrientes hacia los ríos.

Contexto histórico y relevancia actual de la eutrofización

La eutrofización es un fenómeno que tiene raíces tanto en procesos naturales como en la

intensificación de las actividades humanas a lo largo de la historia. En su forma natural, este proceso ha ocurrido durante millas de años como parte de la evolución de los cuerpos de agua, especialmente en lagos que, con el tiempo, acumulan nutrientes provenientes de la erosión del suelo y el transporte de materiales orgánicos. Este enriquecimiento gradual de nutrientes permite la transición de un ecosistema oligotrófico (con pocos nutrientes y alta transparencia del agua) a uno eutrófico (rico en nutrientes, con menor calidad del agua). Sin embargo, en el último siglo, la actividad humana ha acelerado este proceso de manera alarmante, provocando impactos negativos a gran escala.

Evolución histórica del fenómeno

En los siglos XVIII y XIX, con la Revolución Industrial, la producción masiva y el crecimiento de las ciudades comenzaron a generar grandes cantidades de residuos que, sin un tratamiento adecuado, se vertieron directamente en ríos y lagos. Paralelamente, el desarrollo de la agricultura intensiva, impulsado por el uso de fertilizantes químicos ricos en nitrógeno y fósforo, aumentó la cantidad de nutrientes que se escurrían hacia los cuerpos de agua. Estos factores marcaron el inicio de la eutrofización antropogénica como un problema ambiental significativo.

En el siglo XX, la problemática de la eutrofización se hizo evidente en grandes sistemas acuáticos como los Grandes Lagos de América del Norte, el Mar Báltico y el Lago Victoria en África. Por ejemplo, en la década de 1960, el Lago Erie fue declarado "muerto biológico" debido a la proliferación masiva de algas, resultado del vertido de aguas residuales y el uso intensivo de fertilizantes en las áreas agrícolas ambientales. Estos casos históricos evidenciaron la necesidad de entender y abordar las causas subyacentes del fenómeno.

La Revolución Industrial marcó un punto de inflexión en la aceleración de la eutrofización. Como destaca Smith, Tilman y Nekola (1999), las actividades humanas durante este período incrementaron considerablemente el aporte de nutrientes a los ecosistemas acuáticos debido al uso intensivo de fertilizantes químicos y al vertido sin control de aguas residuales. Antes de esta época, la eutrofización natural ocurría lentamente, permitiendo que los ecosistemas acuáticos se adaptaran a los cambios graduales en los niveles de nutrientes. Sin embargo, la industrialización y el crecimiento poblacional alteraron este equilibrio.

Un ejemplo icónico de los efectos de la eutrofización se encuentra en el Lago Erie, uno de

los Grandes Lagos de América del Norte. En la década de 1960, este lago fue declarado "muerto biológicamente" debido a la proliferación de algas inducida por el vertido masivo de aguas residuales y escorrentía agrícola cargada de nutrientes. Según Smith (2003), este caso evidenció el impacto de los nutrientes en la dinámica de los ecosistemas acuáticos y subrayó la necesidad de medidas para controlar la carga de nutrientes.

Relevancia actual

Hoy en día, la eutrofización sigue siendo uno de los problemas más graves que afectan los ecosistemas acuáticos a nivel mundial, exacerbados por el crecimiento poblacional, la urbanización y el cambio climático. Las actividades humanas continúan aportando grandes cantidades de nutrientes a los cuerpos de agua a través de la agricultura, la ganadería, las aguas residuales domésticas e industriales y el manejo inadecuado de residuos. Se estima que alrededor del 60% de los lagos y ríos en el mundo sufren algún grado de eutrofización. El cambio climático amplifica los efectos de la eutrofización al aumentar las temperaturas del agua, lo que favorece el crecimiento de algas, y al intensificar los patrones de lluvias, que incrementa la escorrentía de nutrientes hacia los cuerpos de agua. Además, la acidificación de los océanos y la pérdida de biodiversidad marina se han asociado a los efectos combinados de la eutrofización y otras presiones ambientales.

En términos sociales y económicos, la eutrofización genera impactos significativos. Los costos de remediación, como el tratamiento del agua potable, la recuperación de ecosistemas y la pérdida de ingresos por actividades como la pesca y el turismo, ascienden a millas de millones de dólares anuales a nivel global. Además, las floraciones de algas tóxicas representan una amenaza directa para la salud humana y la seguridad alimentaria, ya que contaminan el agua potable y afectan los recursos pesqueros.

Los efectos de la eutrofización trascienden lo ecológico, generando importantes costos sociales y económicos. Según estimaciones de Wurtsbaugh, Paerl y Dodds (2019), las pérdidas económicas relacionadas con la eutrofización alcanzan los 2.4 mil millones de dólares anuales en los Estados Unidos debido a la disminución de la pesca, el turismo y el aumento de los costos de tratamiento de agua potable. De manera similar, en Europa, las pérdidas en zonas costeras altamente eutrofizadas ascienden a más de mil millones de euro al año.

Además de los costos económicos, la eutrofización afecta la seguridad alimentaria. Los

lagos y ríos que sirven como fuente de peces para comunidades rurales experimentan una disminución en la productividad debido a la mortalidad masiva de especies y la interrupción de las cadenas alimenticias acuáticas. Ekdahl et al. (2004) enfatizan cómo estas dinámicas pueden exacerbar la pobreza en regiones dependientes de la pesca artesanal.

La eutrofización no solo afecta la productividad ecológica de los cuerpos de agua, sino que también genera un impacto económico significativo, especialmente en sectores clave como la pesca, el turismo y el tratamiento de agua potable. Según Winfield (2015), los efectos negativos de la eutrofización en las pesquerías de agua dulce incluyen la desoxigenación y los cambios en la composición de las comunidades de peces. Aunque inicialmente puede haber un incremento en la biomasa de ciertas especies, el desequilibrio ecológico reduce el valor económico de las pesquerías a largo plazo, afectando tanto las actividades comerciales como recreativas.

En Europa, por ejemplo, lagos emblemáticos como el Lago Erie y el Lago Ginebra han experimentado una disminución drástica en las capturas de peces comerciales debido a la sedimentación en las áreas de desove y la falta de oxígeno en el agua, lo que ha resultado en pérdidas económicas considerables (Harper, 1992). Además, las actividades recreativas, como la pesca deportiva y la navegación, también se ven perjudicadas, reduciendo el atractivo de estas zonas para el turismo y afectando los ingresos de las comunidades locales. Un caso destacado es el de Inglaterra y Gales, donde Pretty et al. (2003) estimaron que los costos anuales derivados de la eutrofización ascienden a entre \$105 y \$160 millones. Estos costos incluyen el tratamiento del agua potable para eliminar toxinas producidas por floraciones de algas, la pérdida de valor recreativo y turístico de los cuerpos de agua, y los impactos negativos en la biodiversidad. La limpieza y restauración de estas áreas, aunque necesaria, también representa una carga económica significativa para los gobiernos y las comunidades locales.

La eutrofización también exacerba los desafíos en torno a la seguridad alimentaria, particularmente en comunidades dependientes de la pesca. En áreas donde la pesca artesanal, una fuente principal de sustento, como en regiones rurales de Asia y África, los cambios en las cadenas alimenticias acuáticas reducen la disponibilidad de especies de alto valor nutritivo. Este fenómeno, documentado por Harper (1992) y Winfield (2015), agrava la pobreza al limitar las fuentes de ingresos y alimentación para las familias que dependen

directamente de los cuerpos de agua eutrofizados.

Además, el impacto económico no se limita a los costos visibles. Harper (1992) subraya que la pérdida de biodiversidad acuática y la degradación de los servicios ecosistémicos tienen implicaciones a largo plazo, como la disminución en la capacidad de los ecosistemas para recuperarse frente a perturbaciones futuras. Esto, a su vez, incrementa los costos de las intervenciones necesarias para mitigar los efectos de la eutrofización.

Importancia de la acción global

La relevancia de la eutrofización en el contexto actual radica en su estrecha conexión con múltiples desafíos ambientales globales, como la degradación de los recursos hídricos, la pérdida de biodiversidad y la crisis climática. Las Naciones Unidas han incluido la gestión sostenible del agua y los ecosistemas acuáticos como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente en el ODS 6 (agua limpia y saneamiento) y el ODS 14 (vida submarina).

La eutrofización es, por tanto, un indicador crítico del impacto humano en los ecosistemas acuáticos y de la necesidad de adoptar medidas urgentes para reducir la contaminación, implementar tecnologías sostenibles de tratamiento de aguas y promover prácticas agrícolas responsables. La comprensión de su contexto histórico y relevancia actual permite abordar este problema de manera integral y contribuir a la sostenibilidad de los recursos hídricos en futuro.

La eutrofización, aunque inicialmente percibida como un problema ecológico, tiene implicaciones profundas en los ámbitos económico y social. Las pérdidas económicas relacionadas con la pesca, el turismo y el tratamiento de agua potable subrayan la necesidad de abordar este fenómeno de manera integral. Además, el impacto en la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades más vulnerables refuerza la urgencia de implementar políticas que reduzcan la carga de nutrientes en los cuerpos de agua y promuevan prácticas sostenibles en sectores como la agricultura y el manejo de aguas residuales.

Ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos constituyen complejos sistemas biológicos donde el agua actúa como medio predominante que sostiene la vida. Estos espacios, en constante interacción con el entorno, albergan una amplia diversidad de organismos, procesos ecológicos y

funciones esenciales para la estabilidad de la biosfera. La clasificación de los ecosistemas acuáticos atiende principalmente al grado de salinidad de sus aguas, diferenciando entre aquellas de agua dulce, salobre y marina. Esta distinción es fundamental, pues la salinidad influye en la composición de las comunidades biológicas, así como en el funcionamiento de los ciclos de nutrientes, la disponibilidad de recursos y la adaptación de las especies a las condiciones ambientales.

Los ecosistemas de agua dulce son componentes fundamentales del planeta, actuando como hábitats vitales para una vasta diversidad de organismos y desempeñando roles esenciales en el sostenimiento de la vida humana y la salud ambiental. Estos ecosistemas comprenden una variedad de cuerpos de agua, incluyendo ríos, lagos, lagunas, humedales y aguas subterráneas, caracterizados por su baja salinidad, generalmente inferior al 0,5% de sal disuelta. La baja concentración de sales influye significativamente en la composición de las comunidades biológicas que los habitan, permitiendo la coexistencia de especies adaptadas a condiciones de agua dulce.

Una de las características distintivas de los ecosistemas de agua dulce es su dinámica de ciclos de nutrientes, estrechamente vinculados a las cuencas hidrográficas circundantes. Estos ciclos facilitan el reciclaje de elementos esenciales como el nitrógeno y el fósforo, fundamentales para la productividad biológica y el mantenimiento de las cadenas alimentarias. Además, los ecosistemas de agua dulce son altamente vulnerables a la contaminación y la sobreexplotación debido a su limitada capacidad de dilución y regeneración, lo que los convierte en indicadores sensibles de la salud ambiental.

La biodiversidad en los ecosistemas de agua dulce es notablemente rica, abarcando desde microorganismos y plantas acuáticas hasta una amplia variedad de peces, anfibios y aves. Organismos como la trucha, el bagre, los juncos y el fitoplancton de agua dulce juegan roles cruciales en la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas, contribuyendo a la estabilidad ecológica y a la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. Entre estos servicios se encuentran la provisión de agua potable, el riego agrícola, el abastecimiento para usos industriales, la regulación del clima y el control de inundaciones, así como el mantenimiento de hábitats para una gran diversidad de especies.

Los ecosistemas de agua dulce, que comprenden ríos, lagos, humedales y acuíferos, representan menos del 1% de la superficie total del planeta. A pesar de su limitada

extensión, estos ecosistemas albergan aproximadamente el 10% de todas las especies conocidas y el 30% de los vertebrados (Reid et al., 2019). Su importancia radica en su papel fundamental para la vida humana y animal, ya que proporcionan agua potable, alimentos y una variedad de servicios de regulación esenciales. Estos sistemas acuáticos no solo sostienen una rica biodiversidad, sino que también cumplen funciones cruciales en la estabilidad ecológica y en el bienestar socioeconómico de las comunidades que dependen de ellos.

Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Según Dudgeon et al. (2006), los ecosistemas de agua dulce soportan una biodiversidad desproporcionadamente alta en relación con su tamaño. Sin embargo, enfrentan una pérdida de biodiversidad tres veces más rápida que los ecosistemas terrestres o marinos. Las principales amenazas incluyen la sobreexplotación de recursos, la contaminación y la invasión de especies exóticas. Estas presiones antropogénicas no solo reducen la diversidad biológica, sino que también comprometen la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos.

Reid et al. (2019) destacan que los ecosistemas de agua dulce brindan servicios esenciales como la purificación del agua, el control de inundaciones, la recreación y el hábitat para una amplia variedad de especies silvestres. La purificación del agua se realiza mediante procesos naturales de filtración y biodegradación, que eliminan contaminantes y mejoran la calidad del agua potable. Además, estos ecosistemas actúan como amortiguadores contra eventos climáticos extremos, reduciendo el impacto de inundaciones y regulando el ciclo hidrológico. Los servicios de recreación y turismo no solo promueven el bienestar humano, sino que también generan ingresos económicos significativos para muchas regiones.

Presiones Antropogénicas y Restauración

Geist y Hawkins (2016) subrayan la importancia de la restauración de los ecosistemas de agua dulce como una estrategia crucial para mitigar los daños causados por la urbanización y la agricultura intensiva. La restauración de la conectividad de los hábitats, por ejemplo, permite la libre circulación de especies y el mantenimiento de procesos ecológicos fundamentales. Asimismo, la reducción de la contaminación por nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, es esencial para prevenir la eutrofización y mantener la funcionalidad de estos ecosistemas.

Vaughn (2013) analiza los servicios específicos proporcionados por los mejillones de agua

dulce, destacando su papel en la filtración biológica y el reciclaje de nutrientes. Estos organismos son fundamentales para la mejora de la calidad del agua, ya que filtran partículas suspendidas y absorben nutrientes disueltos, contribuyendo así a la reducción de la turbidez y a la prevención de floraciones algales excesivas. La disminución de las poblaciones de mejillones afecta gravemente la calidad del agua y otros servicios ecosistémicos, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de conservación y manejo sostenible para proteger estas especies clave.

Los ecosistemas salobres, como los estuarios y los manglares, representan zonas de transición cruciales entre los ecosistemas de agua dulce y marina. Estos entornos se caracterizan por sus concentraciones intermedias de salinidad, que varían generalmente entre el 0,5% y el 3% de sal disuelta, lo que les confiere condiciones únicas que soportan una alta diversidad biológica. Los estuarios, donde los ríos desembocan en el mar, y los manglares, bosques costeros adaptados a aguas salobres, son ejemplos prominentes de estos ecosistemas. Además de su riqueza en nutrientes, estos ecosistemas actúan como zonas de cría y refugio para numerosas especies comerciales y proporcionan servicios esenciales como la protección costera contra erosiones y tormentas, la filtración de contaminantes y el almacenamiento de carbono.

La fluctuación constante de la salinidad exige de las especies adaptaciones singulares, generando así una diversidad biológica única en estas zonas de frontera ecológica. Peces como la tilapia y juveniles de especies marinas se encuentran en estos hábitats un refugio esencial para su ciclo vital, mientras que plantas como el mangle rojo y organismos filtradores, como ostras y mejillones, desempeñan un papel clave en la retención de sedimentos y la eliminación de contaminantes. Estos ecosistemas también resultan fundamentales para la protección natural de las costas frente a tormentas y procesos erosivos, así como para el mantenimiento de la pesca artesanal y el turismo responsable.

Hecky y Kilham (1988) destacan la importancia de los ecosistemas salobres en el ciclo de nutrientes, subrayando cómo las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo en los estuarios fomentan una robusta producción de fitoplancton. Este aumento en la productividad primaria sostiene una estructura compleja de comunidades biológicas, incluyendo peces juveniles, invertebrados y aves acuáticas. Boulton et al. (2016) enfatizan la necesidad de adoptar un enfoque basado en servicios ecosistémicos para la gestión de

estos entornos, destacando que el equilibrio entre las actividades humanas y la conservación es esencial para mantener servicios vitales como la pesca sostenible y el almacenamiento de carbono. La biodiversidad en los ecosistemas salobres es notablemente alta, ya que estas áreas sirven como hábitat para una amplia gama de especies adaptadas a las fluctuaciones de salinidad y las condiciones dinámicas de estos entornos.

Amenazas y conservación

A pesar de su importancia, los ecosistemas salobres enfrentan múltiples amenazas derivadas tanto de factores naturales como antropogénicos. D'Alelio et al. (2021) señalan que estos ecosistemas son especialmente vulnerables a los cambios climáticos, como el aumento del nivel del mar, las alteraciones de los patrones de recepción y la intensificación de eventos climáticos extremos. Además, las actividades humanas como la construcción de diques, la urbanización costera y la contaminación por nutrientes exacerbada por la escorrentía agrícola y las descargas de aguas residuales no tratadas representan amenazas significativas. La pérdida de hábitats salobres disminuye su capacidad para actuar como filtros naturales, lo que incrementa la carga de contaminantes en los cuerpos de agua y reduce su resiliencia frente a tormentas y erosiones.

Otras problemáticas incluyen la sobrepesca y la extracción indiscriminada de recursos naturales, que alteran las cadenas tróficas y reducen la biodiversidad. La introducción de especies invasoras, que compiten con las especies nativas por recursos y hábitats, también contribuye a la degradación de estos ecosistemas. Además, la deforestación de manglares para dar paso a desarrollos urbanos y agrícolas destruye las estructuras vegetales que protegen las costas y sostienen la biodiversidad local.

Por su parte, los ecosistemas marinos abarcan los océanos, mares, arrecifes de coral y regiones costeras con una salinidad cercana al 3,5%. Su extraordinaria biodiversidad, que va desde microorganismos planctónicos hasta grandes mamíferos marinos y peces pelágicos como el atún o el tiburón, los convierte en uno de los pilares de la vida en el planeta.

La complejidad de las interacciones biológicas y la amplitud de sus zonas ecológicas —entre ellas la región intermareal, la zona pelágica y la bentónica— influyen en la distribución de especies, el flujo energético y los ciclos globales de nutrientes, carbono y oxígeno. Organismos como corales, medusas y algas marinas como el sargazo y el kelp,

sostienen cadenas tróficas ricas y variables que dan sustento a una importante actividad pesquera y turística. Además, los océanos contribuyen a la regulación climática mediante la absorción de dióxido de carbono, siendo esenciales para la mitigación del cambio climático, la provisión de recursos alimenticios.

Los ecosistemas marinos, que abarcan océanos, mares y arrecifes de coral, cubren aproximadamente el 70% de la superficie terrestre y son responsables de más del 50% de la productividad biológica global (Häder et al., 1997). Estos vastos y diversos entornos desempeñan un papel crucial en la regulación del clima global, actuando como sumideros de carbono y productores de oxígeno. Además, los ecosistemas marinos son una fuente vital de alimentos y recursos para millones de personas alrededor del mundo, sustentando industrias pesqueras, recreativas y turísticas que son fundamentales para la economía global y el bienestar humano.

Funciones y Servicios Ecosistémicos

Holmlund y Hammer (1999) destacan que las poblaciones de peces en los ecosistemas marinos no solo son esenciales para la pesca comercial y recreativa, sino que también generan servicios ecosistémicos cruciales. Entre estos servicios se encuentran el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento de la biodiversidad marina, procesos que son fundamentales para la salud y la sostenibilidad de los océanos. La biodiversidad marina, que incluye una vasta gama de especies desde microorganismos hasta grandes cetáceos, asegura la resiliencia de los ecosistemas frente a perturbaciones ambientales y cambios climáticos.

Por su parte, Tockner (2021) resalta cómo los ecosistemas marinos proporcionan servicios esenciales como la regulación del clima a través del secuestro de carbono. Los océanos absorben grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático. Además, el fitoplancton, que constituye la base de la cadena alimentaria marina, es responsable de la producción de aproximadamente el 50% del oxígeno del planeta mediante la fotosíntesis. Estos procesos no solo son vitales para mantener el equilibrio atmosférico, sino que también sustentan la vida marina y, por ende, la humanidad.

Presiones Antropogénicas y Adaptación

A pesar de su importancia, los ecosistemas marinos enfrentan numerosas amenazas

derivadas de actividades humanas. Häder et al. (2020) identifican la contaminación antropogénica, incluyendo la presencia de plásticos y metales pesados, como una de las mayores amenazas para estos ecosistemas. La contaminación plástica, por ejemplo, no solo degrada la calidad del hábitat marino, sino que también afecta la salud de las especies marinas al interferir con sus procesos biológicos y cadenas alimenticias. Los metales pesados, por otro lado, se acumulan en los tejidos de los organismos marinos, representando riesgos tanto para la biodiversidad marina como para la salud humana a través del consumo de mariscos contaminados.

Además, Dudgeon et al. (2006) advierten que la sobreexplotación de recursos y la destrucción de hábitats marinos están reduciendo excluyendo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados. La sobrepesca, por ejemplo, disminuye las poblaciones de peces, alterando las cadenas tróficas y reduciendo la capacidad de los ecosistemas para regenerarse. La destrucción de hábitats, como los arrecifes de coral y los manglares, elimina refugios cruciales para muchas especies, disminuyendo la biodiversidad y comprometiendo la funcionalidad de los ecosistemas marinos. Estos impactos no solo afectan la salud ecológica de los océanos, sino que también tienen repercusiones económicas y sociales significativas para las comunidades que dependen de estos recursos.

En síntesis, los ecosistemas acuáticos, sean de agua dulce, salobre o marina, constituyen sistemas vitales para el planeta, albergando una compleja red de organismos y procesos ecológicos que influyen en la estabilidad global, el bienestar humano y la diversidad de la vida. Su preservación, manejo sostenible y restauración, frente a las presiones derivadas del crecimiento demográfico, la contaminación y el cambio climático, resultan indispensables para garantizar el equilibrio ecológico y la disponibilidad de recursos fundamentales para las generaciones presentes y futuras.

Los ecosistemas acuáticos, independientemente de si se trata de ambientes de agua dulce, salobre o marina, desempeñan funciones ecológicas esenciales y proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos fundamentales para la vida en la Tierra. Estas funciones y servicios se entrelazan de manera compleja, asegurando la estabilidad de los procesos biogeoquímicos, la regulación del clima, el sostén de una enorme biodiversidad y el suministro de recursos necesarios tanto para las actividades humanas como para el equilibrio global. Su importancia radica en que, sin ellos, la disponibilidad de nutrientes, la

calidad del agua, la producción primaria, el hábitat de numerosas especies, la protección contra eventos climáticos extremos y el equilibrio de los ciclos de carbono, nitrógeno, fósforo y agua se verían seriamente comprometidos.

En el plano funcional, los ecosistemas acuáticos facilitan el ciclo de nutrientes al actuar como reguladores que permiten el reciclaje del nitrógeno, fósforo y carbono, elementos esenciales que sustentan la vida. Asimismo, cumplen un papel determinante en la regulación del clima global, ya que absorben y liberan dióxido de carbono y otros gases, influyendo así en la temperatura y el equilibrio térmico del planeta. Su elevada productividad primaria, reflejada en el crecimiento de algas, fitoplancton y plantas acuáticas, establece las bases de las cadenas alimentarias que sostienen una gran diversidad de organismos, desde diminutos microorganismos hasta grandes mamíferos marinos. Además, la capacidad de proveer hábitats y refugio garantiza el mantenimiento de una vasta biodiversidad, que incluye especies altamente especializadas y adaptadas a condiciones acuáticas específicas.

Los servicios ecosistémicos que proporcionan estos entornos son igualmente diversos y se agrupan en cuatro categorías. En primer lugar, los servicios de provisión abarcan la obtención de agua dulce apta para el consumo humano, la irrigación y la industria, así como la oferta de alimentos provenientes de peces, mariscos, algas y otros recursos acuáticos, fundamentales para la seguridad alimentaria mundial. Muchos organismos y plantas acuáticas sirven como materias primas para fármacos, cosméticos y aplicaciones biotecnológicas, mientras que algunos ecosistemas, como los manglares, ofrecen madera y fibras.

Por otra parte, los servicios de regulación incluyen la purificación del agua mediante la filtración natural de contaminantes, la regulación del clima mediante la absorción de CO₂, el control de inundaciones a través de humedales, manglares o arrecifes de coral que atenúan el impacto de tormentas y marejadas, y la contribución a la dinámica del ciclo hidrológico global gracias a la infiltración, la recarga de acuíferos y la evaporación. Estos mecanismos permiten mantener la calidad del agua, la estabilidad de los sistemas costeros y la resiliencia frente a fenómenos extremos.

Los servicios culturales, de igual relevancia, se manifiestan en la recreación y el turismo, ya que los cuerpos de agua y sus entornos son destinos predilectos para actividades como

la natación, la pesca, la navegación, el buceo y el ecoturismo. Además, para muchas comunidades y culturas, los ecosistemas acuáticos poseen un significado espiritual y se encuentran profundamente entrelazados con sus mitos, tradiciones y ritos. Estos entornos también resultan invaluable para la educación, la investigación científica y el desarrollo de nuevos conocimientos sobre la ecología, la evolución y la biodiversidad.

Por último, los servicios de soporte, que incluyen el mantenimiento de los ciclos de nutrientes y la productividad primaria, consolidan las bases del funcionamiento de todos los ecosistemas del planeta. La fijación de carbono, el reciclaje de nutrientes y el sustento de una enorme diversidad de organismos forman redes tróficas complejas y equilibradas. Del mismo modo, la presencia de vegetación acuática, como manglares, marismas o praderas sumergidas, contribuye a la estabilización del suelo y protege las costas frente a la erosión, brindando barreras naturales que garantizan la integridad del paisaje costero.

En suma, las funciones y servicios ecosistémicos proporcionados por los sistemas acuáticos resultan insustituibles para el equilibrio planetario. La vulnerabilidad de estos entornos ante la contaminación, la sobreexplotación de recursos y el cambio climático subrayan la urgencia de implementar estrategias de conservación, manejo sostenible y restauración a fin de mantener la integridad de estos espacios. Preservar los ecosistemas acuáticos no solo es un imperativo ecológico, sino también una necesidad fundamental para salvar la salud, la seguridad alimentaria, las economías locales y la cultura de innumerables comunidades humanas.

Tipos de Eutrofización

La eutrofización natural es un proceso gradual que ocurre en los cuerpos de agua como parte de su evolución ecológica. Este fenómeno es consecuencia del enriquecimiento paulatino de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, que llegan al agua por medio de la erosión natural de suelos, el transporte de materiales orgánicos y el aporte de sedimentos ricos en nutrientes. Este proceso puede llevar millas de años y está asociado con la transición de un ecosistema acuático oligotrófico (con bajos niveles de nutrientes y alta calidad del agua) a uno eutrófico (rico en nutrientes). La eutrofización natural forma parte del ciclo de vida de lagos y ríos, donde la acumulación progresiva de materia orgánica y nutriente termina transformándolos en sistemas menos profundos y más ricos en biomasa vegetal.

Por otro lado, la eutrofización antropogénica es un proceso acelerado y causado directamente por actividades humanas que incrementan la carga de nutrientes en los cuerpos de agua de manera desproporcionada. Las principales fuentes de nutrientes provienen del uso intensivo de fertilizantes químicos en la agricultura, el vertido de aguas residuales sin tratar, la ganadería y las emisiones industriales. Este exceso de nutrientes llega rápidamente a los ecosistemas acuáticos a través de la escorrentía, las lluvias y los sistemas de alcantarillado. A diferencia del proceso natural, la eutrofización antropogénica ocurre en lapsos cortos, a menudo en cuestión de décadas o incluso años, provocando impactos negativos significativos, como la proliferación masiva de algas (floraciones algales), la pérdida de oxígeno en el agua y la muerte de especies acuáticas sensibles.

La principal diferencia entre ambos tipos radica en su velocidad y origen. Mientras que la eutrofización natural es un proceso lento y geológicamente inevitable, la antropogénica es rápida, severa y se debe a la acción humana. Además, la eutrofización antropogénica genera un desequilibrio ecológico que va más allá de las capacidades de recuperación del ecosistema, poniendo en riesgo la biodiversidad, la calidad del agua y los servicios ecosistémicos, lo que subraya la necesidad de mitigarla mediante prácticas sostenibles y regulaciones ambientales.

La eutrofización se encuentra estrechamente entrelazada con la dinámica de los ciclos del nitrógeno (N) y el fósforo (P), nutrientes esenciales para el desarrollo de algas y plantas acuáticas. En condiciones naturales, estos nutrientes se incorporan al medio acuático mediante procesos como la erosión de suelos, la división de materia orgánica y la fijación biológica, manteniendo así una relación equilibrada con las necesidades de los organismos fotosintéticos. Sin embargo, la introducción masiva de nitrógeno y fósforo por actividades humanas, principalmente a través de fertilizantes agrícolas, aguas residuales domésticas e industriales, detergentes ricos en fosfatos y emisiones provenientes de la quema de combustibles fósiles, ha roto el equilibrio previo. Esta sobredosis de nutrientes desencadena la proliferación de algas, alterando la dinámica interna de los cuerpos de agua y degradando la calidad del hábitat.

El fósforo suele ser el nutriente limitante en los sistemas de agua dulce, determinando el ritmo de la productividad primaria. Cuando su concentración se incrementa más allá de los niveles naturales, se desata un alga estallida que altera las comunidades biológicas y el

equilibrio ecosistémico. Por otro lado, en ambientes marinos y salobres, el nitrógeno adquiere un papel protagonista: su ingreso excesivo, motivado por la escorrentía agrícola y las emisiones industriales, potencia la formación de floraciones algales nocivas que agotan el oxígeno disuelto y generan condiciones hostiles para la vida. Acuáticas. De este modo, los ciclos del nitrógeno y el fósforo son fundamentales para entender la eutrofización, pues sus alteraciones generan un efecto cascada que involucra la proliferación excesiva de organismos fotosintéticos, el incremento de materia orgánica, la disminución del oxígeno disuelto y la liberación continua de nutrientes desde los sedimentos, perpetuando el estado eutrófico del cuerpo de agua.

En este proceso intervienen múltiples etapas biogeoquímicas. El fósforo, liberado de rocas y suelos, se acumula en el agua hasta saturar la capacidad de asimilación por parte de las plantas y las algas, quedando parte de él atrapado en sedimentos que, al volverse anóxicos, lo liberan nuevamente al medio. El nitrógeno, por su parte, ingresa en formas inorgánicas que las bacterias transforman a través de reacciones de nitrificación y desnitrificación. Cuando se rompe este ciclo natural, debido a la sobreoferta de nitrógeno, se multiplican organismos fotosintéticos hasta agotar el oxígeno por la destrucción masiva de su biomasa. Este consumo de oxígeno genera hipoxia o anoxia, ambientes carentes de oxígeno que no solo afectan a la fauna acuática, sino que también impulsan la liberación de más fósforo desde los sedimentos, intensificando aún más la eutrofización.

En suma, la relación entre la eutrofización y el ciclo de los nutrientes es un ejemplo paradigmático de cómo las alteraciones de procesos biogeoquímicos clave, mediante la acción humana, generan desequilibrios profundos en los ecosistemas acuáticos. La comprensión de estos ciclos y las reacciones en cadena que desatan resulta fundamental para diseñar estrategias de manejo, restauración y prevención que conserven la integridad ecológica y garanticen recursos hídricos saludables para las generaciones presentes y futuras.

La eutrofización natural es un proceso intrínseco a la dinámica ecológica y geológica de los ecosistemas acuáticos, en el cual el enriquecimiento gradual de nutrientes mantiene un equilibrio compatible con la función y la diversidad de la vida en estos medios. Entre las causas naturales más destacadas se encuentran las lluvias torrenciales y la escorrentía superficial, mecanismos que permiten el transporte de nitrógeno, fósforo y otros

compuestos nutritivos desde la superficie terrestre hacia lagos, ríos, humedales y otros cuerpos de agua. A diferencia de la eutrofización producida por actividades humanas, el influjo de nutrientes derivados de fenómenos naturales se integra a un ritmo generalmente lento y estable, lo que facilita la adaptación de las comunidades biológicas y la preservación de los procesos ecosistémicos.

Las lluvias torrenciales, al concentrar grandes volúmenes de agua en cortos lapsos de tiempo, sirven como agentes movilizadores de materia orgánica y partículas minerales cargadas de nitrógeno y fósforo. Estos nutrientes pueden originarse en el tratamiento de restos vegetales, la meteorización de suelos ricos en minerales o la liberación paulatina de sustancias almacenadas en la vegetación. La intensidad de las precipitaciones, combinada con la topografía y la capacidad de retención de los suelos, determina el caudal de nutrientes arrastrados al medio acuático. En zonas particularmente fecundas en materia orgánica o minerales, las lluvias torrenciales pueden incrementar momentáneamente la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo un repunte en la productividad primaria, aunque sin alcanzar la magnitud de las floraciones algales masivas asociadas a la contaminación antropogénica.

La escorrentía superficial, por su parte, se produce cuando el agua de lluvia no penetra a profundidad en el suelo y fluye sobre su superficie. Este fenómeno se acentúa en pendientes pronunciadas, suelos compactos y áreas con escasa cobertura vegetal. Al desplazarse, la corriente arrastra sedimentos, partículas orgánicas y compuestos inorgánicos desde la superficie terrestre hasta los sistemas acuáticos, incrementando su contenido nutricional. De este modo, se integra paulatinamente una mayor variedad de nutrientes, lo que facilita la sucesión ecológica natural y el mantenimiento de la productividad biológica, sin exceder en la mayoría de los casos la capacidad de asimilación del ecosistema.

En contextos particulares, como en regiones con suelos muy fértiles o cuencas cerradas que no cuentan con salidas naturales para la dispersión de nutrientes, las lluvias torrenciales y la escorrentía pueden originar episodios de mayor crecimiento de algas y menor disponibilidad de oxígeno, efectos semejantes a los de la eutrofización de origen humano. Sin embargo, esto suele ser la excepción más que la norma, y la mayor parte de los ecosistemas acuáticos se adapta a estas entradas periódicas de nutrientes gracias a una larga historia evolutiva que ha favorecido la resiliencia, el equilibrio en las tasas de elaboración y la diversidad de estrategias de alimentación y reproducción en las comunidades

biológicas.

En definitiva, las lluvias torrenciales y las escorrentías cumplen un papel imprescindible en la nutrición y la dinámica trófica de los ecosistemas acuáticos, aportando nutrientes que sostienen la complejidad del medio. Su acción, en términos generales, es moderada y parte del orden natural de las cosas, evidenciando la capacidad de la naturaleza para regular y mantener en funcionamiento sus procesos fundamentales. Sólo cuando estas entradas naturales de nutrientes se ven sobrecargadas por aportes antrópicos desmedidos, el equilibrio se desestabiliza y emerge el problema de la eutrofización crónica, subrayando la necesidad de comprender y respetar el equilibrio propio de los ciclos biogeoquímicos.

La eutrofización de origen antropogénico está estrechamente relacionada con el incremento excesivo de nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo, en los cuerpos de agua. A diferencia de los procesos naturales, este aumento no se da de manera gradual ni equilibrada, sino que se origina por la acción directa de las actividades humanas, alterando de forma rápida y drástica el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Dos causas fundamentales destacan en este sentido: el uso excesivo de fertilizantes agrícolas y la descarga de aguas residuales no tratadas. Estas prácticas liberan enormes cantidades de nutrientes al medio, superando la capacidad de asimilación del sistema y propiciando la proliferación de algas, el agotamiento del oxígeno disuelto, la pérdida de biodiversidad y la degradación de la calidad del agua.

La agricultura moderna, orientada a maximizar la productividad, recurre con frecuencia a la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos ricos en nitrógeno y fósforo. Cuando estos insumos se emplean sin un control adecuado, los cultivos no absorben la totalidad de los nutrientes añadidos, quedando un remanente que las lluvias y las escorrentías arrastran hacia ríos, lagos y aguas subterráneas. Este aporte continuo e intenso rompe el delicado equilibrio existente en el medio, disparando el crecimiento masivo de algas y fitoplancton. Regiones altamente agrícolas, donde la producción intensiva es la norma, experimentan con mayor dureza este fenómeno, pudiendo presentar “zonas muertas” en las desembocaduras de grandes cuencas, en las que el déficit de oxígeno limita o elimina la vida acuática. Las prácticas de riego por aspersión o inundación agravan este problema al facilitar aún más el transporte de los nutrientes hacia los cuerpos de agua.

Paralelamente, la descarga de aguas residuales no tratadas constituye otra vía principal de

enriquecimiento excesivo de nutrientes. En zonas urbanas e industriales sin sistemas de alcantarillado eficientes, el vertido directo de aguas domésticas e industriales contamina los cursos de agua con materia orgánica, fosfatos provenientes de detergentes y compuestos nitrogenados. Esta materia orgánica, al descomponerse, consume oxígeno y libera más nutrientes, intensificando la eutrofización. La alta densidad de población en ciudades y áreas metropolitanas cercanas a los cuerpos de agua potencia el impacto de estos vertidos, creando focos críticos de contaminación que afectan tanto la biodiversidad como la salud humana y las actividades económicas locales. La atención de tratamientos adecuados para estas aguas implica la perpetuación del ciclo nocivo, generando fuentes incesantes de nutrientes que degradan la calidad del medio acuático.

La combinación del uso excesivo de fertilizantes y la descarga de aguas residuales no tratadas origina un escenario devastador. El sistema recibe una sobrecarga simultánea de nitrógeno y fósforo, estimulando floraciones de algas masivas que impiden el paso de la luz solar hacia las plantas sumergidas, interrumpiendo la fotosíntesis y reduciendo el oxígeno disuelto. Conforme la biomasa generada se descompone, aumenta la demanda biológica de oxígeno, apareciendo condiciones de hipoxia o anoxia que resultan letales para la fauna acuática. Además, este proceso deteriora la calidad del agua, haciéndola inadecuada para el consumo humano, la recreación y la pesca, y ocasionando daños económicos, sociales y ecológicos a gran escala.

En definitiva, la eutrofización antropogénica no solo representa un problema ambiental, sino que se configura como una amenaza para el bienestar humano y la economía. Las actividades agrícolas sin una adecuada gestión de los fertilizantes, sumadas a las descargas de aguas residuales sin tratamiento, destruyen la cadena natural, alteran la alimentaria, contaminan el agua potable y comprometen el futuro de los recursos hídricos a nivel global. La comprensión de estas dinámicas y la implementación de políticas y prácticas sostenibles resultan esenciales para detener y revertir la degradación de los ecosistemas acuáticos.

La eutrofización de los ecosistemas acuáticos es un fenómeno estrechamente vinculado al incremento desproporcionado de nutrientes, entre ellos el nitrógeno y el fósforo, cuya presencia en el medio acuático suele ser resultado de múltiples intervenciones humanas. Uno de los factores más determinantes dentro de estas presiones antrópicas proviene de las actividades industriales, cuyas descargas, a menudo ricas en compuestos nitrogenados y

fosfatados, contribuyendo al desequilibrio trófico en ríos, lagos y zonas costeras.

Industrias dedicadas a la transformación alimentaria, la producción de fertilizantes, el procesamiento químico de materiales orgánicos o la fabricación textil suelen generar efluentes con una elevada concentración de nutrientes, resultado del uso intensivo de materia prima, aditivos y solventes, así como de prácticas ineficientes en la gestión del agua. Si bien existen normativas ambientales que regulan los niveles máximos de nitrógeno y fósforo en las descargas industriales, la aplicación deficiente de estas políticas, la carencia de tecnologías de tratamiento avanzado y la precariedad en la infraestructura de saneamiento perpetúan la introducción de altos volúmenes de nutrientes en el medio hídrico.

A lo anterior se suma el aporte de residuos orgánicos procedentes de fuentes domésticas, comunitarias e institucionales. La eliminación inadecuada de restos de alimentos, vegetales usados, aguas residuales municipales sin tratar y otros desechos con una alta carga orgánica incrementa la cantidad de nutrientes disponibles en el agua. Estos compuestos actúan como sustrato para el crecimiento exponencial de fitoplancton y algas, provocando dinámicas de florecimiento y acumulación superficial que alteran la estructura y función del ecosistema. En el caso de los detergentes, el fósforo ha ocupado históricamente un lugar central en su formulación por su eficacia en la eliminación de grasas y suciedad, sin embargo, el vertido incontrolado de estos productos ha potenciado la disponibilidad de fosfatos en el medio acuático. Esta situación facilita la superabundancia de nutrientes y exacerba la eutrofización, especialmente allí donde el tratamiento de aguas residuales resulta deficiente o incluso inexistente.

La conjunción de efluentes industriales y domésticos con exceso de nutrientes se desemboca en una serie de efectos colaterales adversos. Al incrementarse la proliferación de algas, se dificulta el ingreso de la luz solar a las capas profundas, afectando la fotosíntesis de macrófitas y otras plantas sumergidas. El resultado es la reducción del oxígeno disuelto y, en última instancia, la formación de condiciones hipóxicas o anóxicas, con el subsecuente detrimento en la biodiversidad acuática. La pérdida de especies sensibles, la proliferación de microorganismos oportunistas y las alteraciones de las cadenas tróficas generan efectos irreversibles a nivel ecosistémico, comprometen la calidad del agua para el consumo humano y limitan el uso recreativo y turístico de las masas de agua afectadas. Esto adquiere

una dimensión socioeconómica notable, pues eleva los costos de potabilización, restringe la pesca y la acuicultura y deteriora la calidad de vida de las comunidades ribereñas.

La incorporación de nutrientes a los ecosistemas acuáticos, particularmente de nitrógeno y fósforo, puede entenderse como un proceso complejo que involucra tanto factores naturales como actividades antrópicas. En entornos naturales, el nitrógeno y el fósforo provienen principalmente de la meteorización de rocas y suelos, la división de materia orgánica y el arrastre de partículas a través de las corrientes superficiales y subterráneas. Estos materiales ricos en nutrientes, impulsados por las lluvias, vientos y corrientes fluviales, se acumulan de forma paulatina en lagos, ríos, humedales y zonas costeras. A lo largo del tiempo, la lenta liberación de estos compuestos contribuye a un equilibrio dinámico en el que la disponibilidad de nutrientes limita o regula la productividad biológica, manteniendo así una relación armónica entre la entrada de nutrientes, la producción primaria y el deterioro de la materia orgánica.

Sin embargo, las acciones humanas han alterado esta dinámica ancestral, modificando la magnitud y frecuencia del transporte de nitrógeno y fósforo hacia las masas de agua. La introducción de grandes cantidades de fertilizantes agrícolas cargados con fosfatos y compuestos nitrogenados favorece la lixiviación de estos nutrientes desde los suelos hacia los cuerpos de agua subyacentes. Del mismo modo, el vertido de aguas residuales no tratadas y la deposición atmosférica de óxidos de nitrógeno, producto de la quema de combustibles fósiles, incrementa la entrada de nutrientes por vías tan diversas como los caudales fluviales, las infiltraciones subterráneas o la precipitación atmosférica. Estos aportes aceleran el tránsito de nitrógeno y fósforo, a menudo depositándolos en áreas donde antes la disponibilidad de nutrientes era baja, provocando con ello un aumento en la producción primaria y el inicio de procesos de eutrofización. La continuidad y la intensidad de este transporte se ven influenciadas no solo por la localización geográfica, la topografía y el tipo de suelo, sino también por las prácticas agrícolas y ganaderas, la densidad poblacional, la infraestructura de saneamiento, las condiciones climáticas y los patrones de cambio en el uso del territorio.

En consecuencia, las múltiples rutas de transporte, tanto naturales como antrópicas, hacen que el nitrógeno y el fósforo sean fácilmente movilizados, disueltos o adsorbidos a partículas, y eventualmente incorporados en flujos que conducen a su acumulación en

cuerpos de agua receptores. La magnitud, regularidad y persistencia de este transporte es un factor decisivo en la dinámica trófica, ya que determina la disponibilidad de nutrientes base y, por ende, el potencial de un ecosistema acuático para experimentar cambios drásticos en su estructura, función y estabilidad. La comprensión de estos procesos, su cuantificación y su regulación constituyen, por tanto, un elemento esencial para el desarrollo de estrategias de manejo integradas, la mitigación de la eutrofización y la conservación a largo plazo de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas acuáticos.

La proliferación masiva de algas, en particular de fitoplancton y cianobacterias, constituye uno de los rasgos más visibles de la eutrofización. Este proceso se desata cuando la disponibilidad de nutrientes, sobre todos los compuestos de nitrógeno y fósforo, supera con creces las condiciones naturales del ecosistema acuático. En presencia de altos niveles de estos nutrientes, el fitoplancton experimenta un rápido crecimiento celular y una aceleración de su metabolismo, lo que incrementa exponencialmente su densidad poblacional. Esto se observa principalmente en la capa superficial de la columna de agua, donde la luz solar penetra con mayor intensidad y se conjuga con el exceso de nutrientes, brindando las condiciones óptimas para la proliferación de algas.

La dinámica de crecimiento del fitoplancton se sustenta en un equilibrio delicado. De manera natural, la productividad primaria en los sistemas acuáticos está limitada por la disponibilidad de nutrientes, la intensidad luminosa, la temperatura y la presión que ejercen herbívoros zooplanctónicos y otros organismos filtradores. Sin embargo, la irrupción de grandes cantidades de nutrientes antropogénicos en el medio—derivados del uso excesivo de fertilizantes agrícolas, el vertido de aguas residuales sin tratar o las descargas industriales— rompe este equilibrio. Al liberarse las limitaciones nutricionales, las algas pueden replicarse a ritmos más acelerados que los niveles habituales, desplazando otras especies y modificando el equilibrio entre productores, consumidores y descomponedores. En el transcurso de la proliferación masiva de algas, las floraciones de algas se tornan visibles como manchas de color verde, pardo, rojizo o incluso azulado en la superficie del agua. Estas floraciones reducen la transparencia del medio, impiden la correcta penetración lumínica hacia las capas profundas e interfieren con el metabolismo de otras comunidades acuáticas. Aun cuando algunas especies de fitoplancton resultan inocuas, muchas

cianobacterias y dinoflagelados liberan toxinas, comprometiendo la calidad del agua para el consumo humano y afectando la salud de peces, mamíferos y aves. Con el paso del tiempo, la agotación de nutrientes, el consumo de oxígeno y la acumulación de biomasa muerta potencian los procesos de anáxis, creando ambientes hipóxicos o anóxicos que perjudican la biodiversidad. Esta relación entre alta disponibilidad de nutrientes, proliferación de algas, pérdida de oxígeno y deterioro de la calidad del hábitat constituye el núcleo del problema ecológico que caracteriza a la eutrofización y subraya la necesidad de entender y mitigar las causas de estos desequilibrios biogeoquímicos.

El bloqueo de la luz solar, consecuencia directa de las floraciones de algas y el incremento en la turbidez del agua, ejerce un impacto profundo sobre la vegetación sumergida y las comunidades bentónicas en ecosistemas acuáticos eutrofizados. Bajo condiciones normales, las macrófitas y plantas sumergidas requieren un nivel suficiente de irradiación para llevar a cabo la fotosíntesis, proceso esencial para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Sin embargo, a medida que la proliferación de algas reduce la penetración de la luz a través de la columna de agua, la intensidad luminosa que llega al sustrato disminuye dramáticamente. Esta reducción limita la producción primaria de las plantas sumergidas, las debilitaciones y, en casos extremos, causa su desaparición. Como consecuencia, se pierde la compleja arquitectura biológica que estas especies conforman y que sirven como hábitat, zona de alimentación y refugio para una gran variedad de organismos acuáticos.

La desaparición de la vegetación sumergida altera profundamente la dinámica de los ecosistemas bentónicos. Estas plantas desempeñan un papel clave en el ciclo de nutrientes, la estabilización del sedimento y el suministro de oxígeno en la zona bentónica, por lo que su ausencia se traduce en un deterioro de las condiciones ambientales. Al no contar con la protección que brinda las raíces y el follaje, el sedimento se vuelve más propenso a la resuspensión y se incrementa la concentración de partículas en suspensión, perpetuando la falta de claridad y enturbiando aún más el agua.

Del mismo modo, la ausencia de vegetación reduce la oferta de hábitats específicos, provocando una disminución en la diversidad de la fauna bentónica y en la complejidad de las interacciones tróficas. Todo ello contribuye a un círculo vicioso: la menor penetración lumínica y la reducción de la vegetación sumergida empeoran las condiciones ambientales, lo que a su vez facilita la persistencia de las floraciones algales y refuerza el estado eutrófico

del ecosistema. En este contexto, las comunidades bentónicas se ven forzadas a sobrevivir bajo condiciones más hostiles, con menos fuentes de alimento, mayor competencia por el espacio, menos oxígeno disuelto y una mayor vulnerabilidad a cambios puntuales en la calidad del agua, factores que a largo plazo pueden producir una degradación ecológica irreversible.

La degradación del oxígeno en los ecosistemas acuáticos es un proceso intrínsecamente ligado a la eutrofización, pues la proliferación excesiva de fitoplancton, algas y materia orgánica desencadena una cadena de eventos que culminan en la reducción de la concentración de oxígeno disuelto. Este fenómeno se inicia con el incremento sustancial en la producción primaria, alimentada por la abundancia de nutrientes disponibles. Las masas de algas crecen a un ritmo acelerado, pero tras su muerte, la biomasa resultante se deposita en el fondo, generando así una acumulación de detritos orgánicos. Esta materia orgánica, que incluye restos de algas, fitoplancton, zooplancton y otros organismos, constituye un sustrato rico en compuestos orgánicos fácilmente degradables por los microorganismos descomponedores.

A medida que las bacterias y otros organismos heterótrofos inician el proceso de descomposición, consumen el oxígeno disuelto en el agua para metabolizar la materia orgánica.

En situaciones de eutrofización severa, las tasas de respiración bacteriana y la demanda biológica de oxígeno aumentan de forma marcada, superando con facilidad la capacidad del ecosistema de reponer el oxígeno mediante intercambio con la atmósfera o a través de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. El resultado es una disminución progresiva de los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua, un fenómeno que se conoce como hipoxia cuando las concentraciones de oxígeno se vuelven críticamente bajas, y anoxia cuando se reduce prácticamente a cero.

La hipoxia y la anoxia alteran profundamente el equilibrio ecológico. Bajo estas condiciones, las especies más sensibles al estrés por falta de oxígeno desaparecen, mientras que solo unos pocos, más resistentes o adaptados a bajos niveles de oxígeno, logran persistir. Esta situación reduce la diversidad biológica, afecta la disponibilidad de alimentos en la cadena trófica, dificulta la supervivencia de peces y macroinvertebrados y puede incluso propiciar la liberación de nutrientes desde los sedimentos. Con ello se perpetúa el

círculo vicioso de la eutrofización, donde el aumento de la materia orgánica y la demanda biológica de oxígeno, sumado al declive en la calidad del hábitat, conforman un escenario de degradación progresiva que amenaza la funcionalidad, la resiliencia y la estabilidad de los ecosistemas acuáticos.

La eutrofización provoca una reorganización sustancial de las relaciones y flujos energéticos dentro de las comunidades acuáticas, lo que se traduce en una alteración significativa de las interacciones tróficas. Bajo condiciones naturales, la cadena alimentaria se sustenta en un delicado equilibrio entre productores primarios, consumidores y descomponedores. Sin embargo, cuando las concentraciones de nutrientes se incrementan de manera excesiva, el fitoplancton y las algas proliferan a tal punto que el perfil de productores cambia excesivamente. Este aumento desproporcionado de la biomasa algal desplaza a las especies de plantas sumergidas y macrófitas, cuya arquitectura proporciona refugio y áreas de alimentación para numerosos invertebrados y peces. La desaparición de estos hábitats estructurados dificulta el acceso a recursos alimenticios, modifica los patrones de depredación y reduce la diversidad de especies.

A nivel de consumidores primarios, el zooplancton se ve sometido a cambios en la calidad y cantidad de su alimento, ya que no todas las algas proliferantes son igualmente nutritivas o palatables. Algunas cianobacterias o dinoflagelados pueden ser tóxicos, lo que limita la disponibilidad de alimento adecuado y puede afectar negativamente la reproducción, crecimiento y supervivencia del zooplancton.

Esta situación repercute a su vez en los niveles tróficos superiores, puesto que los peces e invertebrados depredadores dependen de un zooplancton abundante y diverso para mantener poblaciones saludables. A medida que el zooplancton disminuye o modifica su composición, la oferta de presas para los depredadores se reduce, alterando las tasas de crecimiento, la dinámica de las poblaciones y la competencia interespecífica.

Como resultado, la cadena alimentaria se vuelve menos eficiente en la transferencia de energía, lo que favorece la dominancia de unas pocas especies oportunistas capaces de aprovechar las nuevas condiciones. Este empobrecimiento en las interacciones tróficas desestabiliza el ecosistema, altera su resiliencia frente a perturbaciones adicionales y compromete no solo la biodiversidad, sino también la producción pesquera, la calidad del agua y la capacidad del sistema para brindar servicios ecosistémicos fundamentales.

De este modo, la eutrofización trasciende el desequilibrio en la oferta de nutrientes y se manifiesta en un entramado complejo de cambios que afectan la funcionalidad y la sostenibilidad de las comunidades acuáticas a largo plazo.

La eutrofización conlleva una serie de impactos ecológicos que trastocan la estructura, función y resiliencia de los ecosistemas acuáticos. A medida que incrementa la disponibilidad de nutrientes y se promueven floraciones masivas de algas, se genera un escenario en el que las condiciones ambientales cambian de forma drástica y continuada. Uno de los efectos más notables radica en la pérdida de biodiversidad, fenómeno que se acentúa al modificarse las pautas de disponibilidad de luz, oxígeno y nutrientes.

En este contexto, desaparecerán gradualmente las especies más sensibles a las nuevas condiciones, generalmente aquellas que requieren altos niveles de oxígeno o que dependen de hábitats con vegetación sumergida establecida. Estas especies sensibles, a menudo nativas y con ciclos de vida especializados, no logran competir ni adaptarse a la falta de luz, a la disminución del oxígeno disuelto o la variación abrupta en la composición de su alimento, lo que se traduce en una pérdida irreparable de riqueza biológica.

La degradación del ecosistema, sumada a la pérdida de especies clave, favorece la proliferación de organismos oportunistas que se encuentran en el ambiente eutrófico un nicho ideal para expandirse. Entre estos se incluyen las especies invasoras, que aprovechan la desaparición o reducción de las especies locales para ocupar nichos vacantes, desestabilizando aún más el equilibrio ecológico. Estas especies invasoras suelen presentar rasgos biológicos que les confieren ventajas competitivas, tales como tasas de reproducción más elevadas, tolerancia a condiciones ambientales fluctuantes o la capacidad de explotar con mayor eficiencia los recursos alimenticios disponibles.

En consecuencia, la comunidad se homogeniza, disminuye su complejidad trófica y se vuelve más vulnerable a perturbaciones adicionales. La transformación del ecosistema acuático bajo un régimen eutrófico produce así un empobrecimiento general de las interacciones bióticas, reduciendo la capacidad del medio para mantener procesos ecológicos esenciales, resiliencia frente a los cambios ambientales y la prestación de servicios ecosistémicos fundamentales para las comunidades humanas.

La eutrofización, al deteriorar la calidad del agua y la estabilidad ecológica de los ambientes acuáticos, conlleva importantes repercusiones económicas que se hacen evidentes a medio

y largo plazo. En primer lugar, el aumento en la concentración de nutrientes, la proliferación de algas y la acumulación de materia orgánica complican las tareas de potabilización del agua. Para alcanzar estándares aptos para el consumo humano, las plantas de tratamiento se ven obligadas a implementar técnicas más complejas y costosas, tales como filtraciones adicionales, empleo de carbón activado, ozonización u otros procedimientos avanzados.

Este incremento en las exigencias técnicas y el uso de reactivos más costosos se refleja directamente en mayores costos de producción, que tarde o temprano repercuten en las tarifas pagadas por los consumidores, así como en el presupuesto de instituciones encargadas de gestionar el suministro de agua potable.

Asimismo, la eutrofización incide negativamente en la pesca y la acuicultura. La pérdida de especies sensibles y las alteraciones de las comunidades acuáticas reducen la diversidad y la abundancia de peces, mariscos y otros recursos valiosos, dificultando así la extracción sostenible y reduciendo los rendimientos anuales. Además, las floraciones de algas tóxicas pueden contaminar organismos acuáticos, limitando su comercialización e incrementando el riesgo de problemas de salud en los consumidores.

Este panorama perjudica no solo a los pescadores artesanales y empresas dedicadas a la acuicultura, sino también a las economías regionales que dependen de la pesca como un sector estratégico. Con el tiempo, el declive en la producción pesquera y acuícola repercute en la estabilidad laboral, la competitividad de las empresas locales y las cadenas de valor asociadas, generando presiones adicionales sobre la gobernanza del agua, la formulación de políticas públicas y la necesidad de adoptar. Medidas urgentes para mitigar los efectos de la eutrofización.

La eutrofización no solo afecta el equilibrio ecológico y las actividades productivas, sino que también acarrea consecuencias sociales y sanitarias que inciden sobre el bienestar de las comunidades. Cuando las condiciones de eutrofización promueven floraciones de algales masivas, algunas especies de cianobacterias, dinoflagelados u otros microorganismos pueden producir toxinas que se liberan al medio acuático. Estas sustancias, invisibles a simple vista, se acumulan con facilidad en el agua potable y en los tejidos de los peces y otros organismos destinados al consumo humano.

Tal situación implica un riesgo para la salud pública, ya que la ingesta de agua o alimentos contaminados puede provocar enfermedades gastrointestinales, daños hepáticos, problemas

neurrológicos e incluso casos de mayor gravedad, afectando particularmente a poblaciones más vulnerables, como niños y personas con sistemas inmunológicos debilitados.

Más allá de las consideraciones sanitarias, las repercusiones sociales son considerables cuando las masas de agua pierden su calidad y atractivo. Las áreas destinadas a la recreación, el turismo y las actividades deportivas acuáticas se ven limitadas por la presencia de algas, malos olores, turbiedad y bajas concentraciones de oxígeno. Estas condiciones disuaden a los visitantes, reducen las oportunidades recreativas y obstaculizan el disfrute del paisaje natural. El sector turístico, que depende en gran medida de la imagen y la calidad de los recursos hídricos, experimenta pérdidas económicas y una merma en su competitividad.

La población local, por su parte, ve restringidas sus opciones de esparcimiento y su contacto con un medioambiente saludable, generando un impacto directo en su calidad de vida y en la percepción de la salud del entorno. De esta manera, la eutrofización compromete no solo la integridad del ecosistema, sino también el tejido social y la salud integral de las comunidades que dependen de los recursos acuáticos.

Los métodos de monitoreo y evaluación de la eutrofización involucran un conjunto de indicadores multidimensionales que permiten comprender la compleja relación entre las condiciones fisicoquímicas del agua, la presencia de algas nocivas y las repercusiones sociales y sanitarias asociadas. En primer lugar, los indicadores físico-químicos, como la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo), la medición del oxígeno disuelto, la transparencia del agua y el nivel de clorofila *a*, proporcionan un panorama inicial de la magnitud del fenómeno. Estos datos permiten identificar las variaciones estacionales, la frecuencia e intensidad de las floraciones algales, así como la tendencia a largo plazo del estado trófico del cuerpo de agua. Sin embargo, la vigilancia no puede limitarse a los parámetros básicos, pues las implicaciones sociales y de salud pública requieren atención especial. La detección y cuantificación de toxinas producidas por algas nocivas, como las cianotoxinas, constituye un indicador crítico que señala el nivel de riesgo para las comunidades que dependen del agua para su consumo diario. El análisis de muestras de agua y tejidos de peces bajo protocolos normalizados y el uso de técnicas cromatográficas, inmunológicas o moleculares son esenciales para determinar la presencia de compuestos tóxicos que puedan comprometer la calidad del agua potable y la inocuidad de los productos

pesqueros.

Paralelamente, la evaluación de los efectos sociales incluye el seguimiento de las restricciones en actividades recreativas y turísticas. El cierre temporal de playas, la cancelación de actividades acuáticas, la advertencia a visitantes y residentes sobre la conveniencia de evitar el contacto con el agua, así como la percepción ciudadana de inseguridad frente al recurso hídrico, conforman un conjunto de indicadores cualitativos y cuantitativos que reflejando el impacto de la eutrofización en la calidad de vida y el bienestar social. Este monitoreo holístico, que integra parámetros biofísicos con indicadores sociales y sanitarios, permite a las autoridades ambientales, sanitarias y responsables de la gestión de los recursos hídricos tomar decisiones informadas, implementar estrategias de mitigación y protección, y promover la adopción de políticas y prácticas más sostenibles que garantizan la seguridad del agua y la protección de la salud pública.

Figura 73

Proceso de eutrofización en cuerpos de agua



Nota. La imagen ilustra el proceso de eutrofización, en el cual el exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo provoca un crecimiento excesivo de algas. Esto conduce a una reducción del oxígeno disponible, la muerte de organismos acuáticos y la descomposición de materia orgánica. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y consecuencias de este fenómeno ambiental y su relación con actividades humanas como la agricultura y la urbanización.

Los indicadores químicos, particularmente los niveles de nitrógeno, fósforo y oxígeno disuelto, ofrecen una imagen clara sobre el estado trófico de los ecosistemas acuáticos y la

magnitud de la eutrofización. El análisis de nitrógeno y fósforo permite evaluar el potencial productivo del medio, pues concentra la atención en aquellos nutrientes que, al presentarse en exceso, desencadenan proliferaciones de algales y alteran la estructura ecológica. Las mediciones se efectúan mediante técnicas analíticas, como la espectrofotometría o la cromatografía, cuyos resultados proporcionan datos cuantitativos que pueden compararse con estándares de referencia o valores históricos, identificando así tendencias y variaciones estacionales o eventuales picos anómalos.

La concentración de oxígeno disuelto, por su parte, constituye un indicador clave de la salud del ecosistema. Un nivel adecuado de oxígeno es indispensable para la respiración de la fauna acuática y el equilibrio equilibrado de la materia orgánica. En contextos eutróficos, el consumo excesivo de oxígeno por las bacterias que degradan la abundante biomasa algal provoca la aparición de zonas hipóxicas o anóxicas, poniendo en riesgo las comunidades biológicas. El monitoreo del oxígeno disuelto se realiza combinado mediante sondas multiparámetro o a través de la titulación con reactivos específicos, cuyos resultados señalan el grado de estrés que la eutrofización ejerce sobre el ecosistema.

Al integrar estos indicadores químicos, las autoridades y especialistas pueden establecer líneas base, diseñar umbrales de acción y adoptar medidas preventivas o correctivas. De esta forma, la cuantificación de nitrógeno, fósforo y oxígeno disuelto no solo facilita la detección temprana de la eutrofización, sino que también contribuye al desarrollo de políticas de manejo más eficaces, la implementación de prácticas sostenibles en el uso del suelo y el agua y el reforzamiento de normas ambientales orientadas a la protección y recuperación de los recursos hídricos.

El monitoreo biológico desempeña un papel fundamental en la evaluación de la eutrofización, ya que la presencia, abundancia y diversidad de ciertas especies de algas y macrófitas actúan como indicadores directos de la calidad del hábitat acuático. En condiciones cercanas a la naturalidad, las comunidades de algales presentan una composición equilibrada, con proporciones estables entre fitoplancton, fitobentos y macrófitas sumergidas. Sin embargo, ante un incremento desproporcionado de nutrientes, las especies oportunistas y con alta tolerancia al enriquecimiento proliferan, desplazando a las más sensibles y especializadas. Este cambio se refleja en la presencia dominante de cianobacterias tóxicas, dinoflagelados o algas filamentosas, mientras que las plantas

sumergidas van perdiendo cobertura, reduciendo la complejidad estructural que ofrece el hábitat y afectado la provisión de servicios ecosistémicos.

La composición de especies permite, por lo tanto, inferir las condiciones tróficas y el impacto de las actividades humanas en la dinámica de los ecosistemas acuáticos. La reducción en la diversidad, el predominio de especies invasoras o tolerantes a condiciones de hipoxia, así como la pérdida de macrófitas sensibles a la falta de luz y al exceso de sedimentos orgánicos, constituyen señales claras de eutrofización. Esta información se obtiene mediante muestreos sistemáticos de la biota, análisis taxonómicos y el empleo de índices bióticos que correlacionan la presencia de determinadas especies con la calidad del agua.

De esta manera, los indicadores biológicos complementan el análisis químico-físico y contribuyen a un diagnóstico más integral del estado del ecosistema, orientando la toma de decisiones en cuanto a restauración, manejo y prevención de la eutrofización.

CAPÍTULO VII
EL EFECTO INVERNADERO Y LA CONTAMINACION QUIMICA

7.1. EL EFECTO INVERNADERO

El efecto invernadero es como una especie de manta gigante que tiene la Tierra para mantenerla a una temperatura estable. Este fenómeno ocurre gracias a ciertos gases en la atmósfera, conocidos como gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el vapor de agua, que atrapan parte del calor que llega del sol. Sin esta "manta", la Tierra sería súper fría y no habría forma de que la vida, como la conocemos, pudiera existir.

Figura 74

Amanecer sobre el planeta Tierra



Nota. La imagen muestra un amanecer visto desde el espacio, destacando la belleza y fragilidad de nuestro planeta. Este tipo de representación enfatiza la necesidad de cuidar los recursos naturales y preservar el equilibrio ecológico para garantizar un futuro sostenible. Utilizada con fines educativos para reflexionar sobre la interconexión entre el medio ambiente y las actividades humanas.

Todo empieza cuando la luz del sol llega a la Tierra. Parte de esa energía calienta el suelo y los océanos, mientras que otra parte intenta volver al espacio como calor (radiación infrarroja).

Ahí es donde entran los gases de efecto invernadero, que no dejan que todo ese calor escape, devolviéndolo hacia la superficie terrestre. Esto mantiene el planeta a una temperatura agradable.

Aunque este fenómeno es natural y necesario, las actividades humanas han incrementado significativamente la concentración de estos gases, intensificando el efecto invernadero y provocando el calentamiento global. Imaginemos un invernadero, esos lugares que usan los agricultores para cultivar plantas. Tienen paredes y techos de vidrio o plástico transparente

que dejan pasar la luz del sol. Esa luz calienta el aire y el suelo dentro del invernadero, pero el calor no puede escaparse fácilmente porque el vidrio lo atrapa. Así, la temperatura dentro del invernadero se mantiene más cálida que afuera, creando el ambiente perfecto para las plantas. El efecto invernadero funciona similar, solo que, en vez de vidrio, son los gases de la atmósfera los que atrapan el calor. La luz del sol llega, calienta la superficie de la Tierra, y cuando ese calor intenta volver al espacio, los gases lo absorben y lo rebotan de vuelta. Es como si la atmósfera tuviera un "techo invisible" que retiene el calor.

En un nivel más detallado, el gas metano juega un papel destacado debido a su alto potencial de calentamiento global, superando incluso al CO₂ a corto plazo. Su origen principal proviene de actividades humanas como la ganadería y la agricultura, y representa un objetivo importante para estrategias de mitigación, como la modificación de dietas en animales de producción (Peralta et al., 2018).

Las emisiones de gases de efecto invernadero también están vinculadas a la quema de combustibles fósiles. En México, por ejemplo, el sector energético ha sido identificado como uno de los mayores emisores. Estas emisiones se generan principalmente a través de procesos de generación de energía y transporte, lo que resalta la necesidad de transitar hacia fuentes más limpias (Flores-Velázquez et al., 2010).

La contribución del efecto invernadero al cambio climático es un tema crítico en diversas regiones del mundo. En la Península Ibérica, las investigaciones destacan cómo el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero está relacionado con impactos como el aumento de las temperaturas y alteraciones en los patrones climáticos, subrayando la importancia de políticas de mitigación eficaces (Cortés et al., 1998).

Por último, estudios en Venezuela sobre la generación de electricidad entre 2006 y 2017 muestran cómo el uso de combustibles fósiles sigue siendo un factor clave en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que resalta la necesidad de una transición hacia energías renovables para cumplir con los objetivos climáticos globales (Pérez & Osal, 2019).

Por otro lado, los GEI, como ya se sabe, desempeñan un papel esencial en la regulación de la temperatura del planeta al permitir la entrada de radiación solar, pero dificultar la salida de radiación infrarroja. Sin embargo, las actividades humanas han incrementado significativamente las concentraciones de estos gases en la atmósfera, intensificando el calentamiento global.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Uno de estos gases es el dióxido de carbono, el cual es el gas de efecto invernadero más relevante debido a su abundancia y persistencia en la atmósfera. Aunque se produce naturalmente a través de procesos como la respiración y la descomposición de materia orgánica, las actividades humanas son las principales responsables del aumento de sus niveles. Una de sus fuentes principales es la quema de combustibles fósiles, la cual es el principal contribuyente, relacionado con la generación de electricidad, el transporte y la industria. El CO₂ emitido por actividades humanas representa una fracción significativa del forzamiento radiactivo global (Mendoza et al., 2015).

Otro de los principales gases es el metano, el cual es un gas de efecto invernadero extremadamente potente, con un potencial de calentamiento global 25 veces mayor que el del CO₂ en un horizonte de 100 años. A pesar de su vida más corta en la atmósfera, su impacto es mucho mayor debido a su alta capacidad para atrapar calor. Una de sus fuentes principales es la ganadería, específicamente la fermentación entérica en rumiantes, como vacas y ovejas, la cual es una de las mayores fuentes de metano (Peralta et al., 2018).

Figura 75

Modelo molecular del metano (CH₄)



Nota. La imagen muestra la estructura tridimensional del metano, un hidrocarburo simple compuesto por un átomo de carbono (C) central y cuatro átomos de hidrógeno (H) unidos mediante enlaces covalentes. Este gas es un importante combustible fósil y uno de los principales gases de efecto invernadero. Utilizada con fines educativos para analizar su estructura química y su impacto ambiental.

El óxido de dinitrógeno es otro gas de efecto invernadero clave, con un potencial de calentamiento global 298 veces superior al del CO₂ en un período de 100 años. Su presencia en la atmósfera está asociada principalmente a actividades agrícolas e industriales. Una de

sus fuentes principales son los fertilizantes nitrogenados que son utilizados en la agricultura y liberan grandes cantidades de N_2O debido a procesos microbianos en el suelo (Haas, 2016).

Por último, el vapor de agua es el gas de efecto invernadero más abundante en la atmósfera, pero su concentración no está directamente controlada por actividades humanas. Sin embargo, su dinámica está vinculada a otros gases de efecto invernadero, como el CO_2 (Rivas Cobo et al., 2020).

7.2. CAUSAS NATURALES DEL EFECTO INVERNADERO

En la Tierra, todo está conectado, y uno de los grandes protagonistas de esta red es el carbono. Este elemento, aunque muchas veces pase desapercibido, es una pieza clave para la vida y el equilibrio del planeta. A través de su ciclo natural, el carbono se mueve constantemente entre el aire, los océanos, el suelo y los seres vivos, asegurándose de que todo funcione como debe. Pero aquí viene lo interesante: este ciclo también está muy relacionado con el efecto invernadero.

El efecto invernadero, como sabemos, es lo que mantiene a nuestro planeta lo suficientemente cálido para que la vida exista. Sin embargo, gran parte de este fenómeno depende de los gases que están en la atmósfera, entre ellos el dióxido de carbono (CO_2). Lo que muchas veces olvidamos es que el CO_2 no está ahí por casualidad: es el resultado de un proceso natural, el ciclo del carbono, que lleva ocurriendo millones de años.

En este capítulo, exploraremos cómo el ciclo natural del carbono contribuye al efecto invernadero, pero también cómo, en condiciones normales, este proceso mantiene el equilibrio del clima terrestre. Desde los volcanes que emiten gases a la atmósfera hasta los océanos y bosques que actúan como enormes "pulmones" que absorben el CO_2 , veremos cómo la naturaleza ha encontrado su propio sistema para regular el clima. Antes de sumergirnos en las causas humanas del cambio climático, es importante entender que la naturaleza también tiene su papel en este entorno. Y todo empieza con el carbono moviéndose a través de nuestro "mundo cambiante".

El ciclo del carbono es un proceso de gran importancia que regula el flujo de carbono entre la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera y la litosfera, manteniendo el equilibrio de este elemento en el planeta. Los ecosistemas naturales, los suelos y los océanos influyen en gran

medida en este ciclo al capturar, almacenar y liberar carbono a través de diversos procesos. En los ecosistemas terrestres, los bosques y los suelos son grandes almacenes de carbono. Las plantas absorben dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera mediante la fotosíntesis y lo convierten en biomasa. Este carbono almacenado puede permanecer en árboles, arbustos y suelos durante décadas o siglos.

- **Bosques Andinos:** Los bosques andinos pueden almacenar grandes cantidades de carbono, no solo en árboles y arbustos, sino también en necromasa (materia orgánica muerta) y hierbas. En un bosque de 12,93 hectáreas, se estimó un almacenamiento total de 546,86 MgC/ha, lo que resalta su papel como sumideros de carbono (Aguirre et al., 2018).

Figura 76

Ecosistema de bosque con corriente de agua



Nota. La imagen muestra un ecosistema de bosque donde fluye una corriente de agua limpia, representando la biodiversidad y la importancia de estos entornos naturales para la regulación del ciclo hidrológico y el sustento de la vida silvestre. Utilizada con fines educativos para analizar los servicios ecosistémicos y la necesidad de conservar estos espacios para mitigar el impacto del cambio climático.

- **Suelos Forestales:** En México, se observó que el carbono en los suelos forestales varía según la roca madre y la vegetación. Los suelos bajo bosques de Abies almacenan más carbono que aquellos bajo Pinus, destacando la influencia de la diversidad vegetal en el ciclo del carbono (Cruz-Flores & Etchevers-Barra, 2011).
- **Manglares:** Los manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta en Colombia almacenan carbono tanto en su biomasa aérea como en el suelo. Dependiendo de la zona y las especies, pueden almacenar entre 6,9 y 45,7 tC/ha, lo que refuerza su papel

en la regulación del carbono y la mitigación del cambio climático (De la Peña et al., 2010).

- **Cocolitóforos y el Océano:** Los cocolitóforos, algas calcáreas unicelulares, contribuyen al ciclo del carbono al absorber carbono de las aguas superficiales para la fotosíntesis y calcificación. Este carbono se transfiere al océano profundo, actuando como un mecanismo de regulación del CO₂ atmosférico.

La descomposición de la materia orgánica en los suelos libera carbono en forma de CO₂. Este proceso depende de factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas y la actividad microbiana.

- **Pastos Altoandinos:** En los Andes peruanos, los pastos naturales almacenan carbono en la biomasa aérea y radicular. La descomposición de estos pastos regula la cantidad de carbono liberado al ambiente, influyendo directamente en el ciclo del carbono (Yaranga & Custodio).
- **Agricultura y Suelos:** La labranza y el pastoreo intensivo pueden alterar el equilibrio del carbono en el suelo, aumentando su liberación al aire. En Brasil, se encontró que los suelos gestionados con prácticas de conservación almacenan más carbono que los sujetos a labranza convencional (Loss et al., 2014).

Tras explorar el ciclo natural del carbono y su influencia en el efecto invernadero, es fundamental considerar otro factor natural que también impacta significativamente el clima terrestre: las emisiones volcánicas.

Aunque las erupciones volcánicas son fenómenos de menor frecuencia en comparación con los procesos biogeoquímicos del ciclo del carbono, su capacidad para liberar grandes cantidades de gases y partículas en la atmósfera puede alterar temporalmente las concentraciones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂) y el dióxido de azufre (SO₂). Este tema nos llevará a analizar cómo las emisiones volcánicas, a través de su interacción con la atmósfera, contribuyen tanto al calentamiento como al enfriamiento del planeta, complementando así los procesos naturales que rigen el clima.

Las emisiones volcánicas juegan un papel crucial en el sistema climático global, ya que afectan tanto al efecto invernadero como a la dinámica atmosférica. A través de la liberación de gases y partículas, los volcanes tienen la capacidad de alterar la temperatura terrestre, provocando tanto episodios de calentamiento como de enfriamiento. Este impacto es

complejo, ya que los componentes emitidos interactúan con la atmósfera de maneras que pueden modificar el clima global de forma temporal y a veces incluso de manera duradera. Uno de los gases más importantes liberados por los volcanes es el dióxido de carbono (CO_2). Aunque el CO_2 es un gas de efecto invernadero que atrapa calor en la atmósfera, las emisiones volcánicas de este gas representan menos del 1% de las emisiones antropogénicas anuales. Esto indica que, si bien contribuyen al calentamiento global, su impacto es modesto en comparación con las emisiones generadas por actividades humanas. Un ejemplo de la capacidad de los volcanes para liberar CO_2 es el caso de La Soufrière en Guadalupe, donde se liberaron alrededor de 15 toneladas diarias de CO_2 en 2012, lo que muestra cómo estas erupciones pueden incrementar los gases de efecto invernadero a nivel local, aunque en una escala menor a la de las fuentes humanas (Allard et al., 2014).

Otro gas significativo emitido por los volcanes es el dióxido de azufre (SO_2), que tiene efectos duales en el clima. Cuando el SO_2 se combina con el agua en la atmósfera, forma aerosoles de sulfato, los cuales reflejan la luz solar y pueden generar un enfriamiento global. Este fenómeno se observó claramente después de la erupción del Monte Pinatubo en 1991, que redujo la temperatura global en aproximadamente $0,5^\circ\text{C}$ durante varios años. Además, se realizan estudios continuos sobre las emisiones de SO_2 en volcanes activos como el Popocatepetl en México, utilizando herramientas como imágenes satelitales y espectroscopia terrestre para evaluar su impacto en el clima global y local (Escalona et al., 2018).

El vapor de agua (H_2O) es otro gas crucial en las erupciones volcánicas, y su impacto depende en gran medida de la altitud a la que se libere. En la troposfera, el vapor de agua contribuye al calentamiento global al actuar como un potente gas de efecto invernadero. Sin embargo, en la estratosfera, puede influir en la formación de nubes y alterar los ciclos hidrológicos, modificando el comportamiento del clima de maneras más complejas. Por otro lado, las partículas de sulfato generadas por el SO_2 tienen un efecto de "pantalla", ya que reflejan la radiación solar y provocan un enfriamiento global temporal. Este fenómeno es evidente después de grandes erupciones, como las del Monte Agung en 1963 y el Pinatubo, que causaron una disminución de las temperaturas globales durante varios años (Antuña et al., 2009).

Los efectos de las erupciones volcánicas pueden tener implicaciones tanto a nivel temporal

como regional. A corto plazo, las erupciones pueden enfriar el clima global debido a la liberación de aerosoles, como ocurrió con las erupciones del Monte Pinatubo y el Monte Agung, que causaron descensos en la temperatura media global, especialmente en las regiones cercanas.

Figura 77

Erupción volcánica



Nota. La imagen muestra un volcán en erupción, liberando lava, gases y ceniza hacia la atmósfera. Este fenómeno natural, aunque destructivo, desempeña un papel fundamental en la formación de paisajes y la fertilización del suelo, pero también representa riesgos significativos para las comunidades cercanas. Utilizada con fines educativos para analizar los procesos geológicos y el impacto ambiental de las erupciones volcánicas.

Aunque estos efectos suelen ser temporales, el impacto local puede ser más significativo, con un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero, como el CO₂, en áreas cercanas a los volcanes activos. Sin embargo, estos aumentos son generalmente limitados en el tiempo y no tienen efectos prolongados en el clima global (Escalona et al., 2018).

Además, las partículas volcánicas tienen la capacidad de alterar los patrones de precipitación al actuar como núcleos de condensación en la formación de nubes. Este fenómeno puede modificar tanto los patrones locales como globales de lluvia, afectando el ciclo hidrológico y contribuyendo a cambios en los climas regionales (Antuña et al., 2009). Aunque estos efectos son importantes, su impacto tiende a ser más notable en el corto plazo. A largo plazo, las emisiones volcánicas tienen un efecto acumulativo que puede influir en el cambio climático global. Aunque las erupciones individuales tienen un impacto limitado en la concentración de CO₂, las emisiones acumuladas a lo largo de millones de años han jugado un papel importante en los cambios climáticos históricos y en la regulación del clima

planetario (Allard et al., 2014). En este contexto, el monitoreo y la predicción climática se han vuelto esenciales para comprender cómo las erupciones volcánicas pueden afectar tanto el clima local como el global. Las tecnologías avanzadas, como el monitoreo por satélite y el análisis isotópico, han mejorado significativamente nuestra capacidad para predecir los efectos de las erupciones volcánicas y mejorar la comprensión del impacto que tienen en el sistema climático global (Escalona et al., 2018).

7.3. EFECTO INVERNADERO ACELERADO POR LA ACTIVIDAD HUMANA

Desde la Revolución Industrial, los combustibles fósiles han sido el motor de las sociedades modernas. Gracias a ellos, hemos logrado un desarrollo industrial sin precedentes y un suministro de energía a gran escala que transformó nuestra forma de vivir. Sin embargo, este progreso tiene un costo ambiental altísimo. El uso intensivo de combustibles fósiles ha disparado las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) a niveles alarmantes: en 2019, estas emisiones alcanzaron 36,44 gigatoneladas, una cifra que triplica las registradas en 1960 (Ruiz et al., 1996).

En nuestras ciudades, el transporte terrestre destaca como una de las principales fuentes de contaminación.

Cada vehículo que utiliza gasolina o diésel contribuye no solo al CO_2 , sino también a la liberación de contaminantes como el óxido de nitrógeno (NO_x) y el monóxido de carbono (CO). En Lima Metropolitana, se estima que hasta el 40% de las emisiones urbanas provienen del transporte, y esta cifra sigue creciendo con el aumento del parque automotor (Romero et al., 2020).

Figura 78

Congestión vehicular en áreas urbanas



Nota. La imagen muestra una congestión vehicular típica en áreas urbanas, reflejando los problemas asociados con el aumento del parque automotor y la falta de planificación en el transporte público. Este fenómeno contribuye a la contaminación ambiental, pérdida de tiempo y estrés en las personas. Utilizada con fines educativos para analizar las soluciones de movilidad sostenible y la gestión eficiente del tráfico.

La generación de electricidad también juega un papel importante en esta problemática. Muchas plantas termoeléctricas, dependientes de carbón, petróleo y gas natural, liberan grandes cantidades de CO₂ y otros contaminantes. En el caso del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) de Perú, las emisiones asociadas a estas plantas alcanzaron niveles preocupantes entre 2016 y 2019 (Sarango et al., 2021).

Por su parte, el sector industrial suma otra gran cuota de emisiones. Actividades como la fabricación de cemento, la minería y la refinación de petróleo generan miles de toneladas de gases de efecto invernadero cada año. Según un inventario de emisiones en Perú, este sector responsable de más de 18,000 gigagramos de CO₂ anualmente, lo que subraya su impacto en el problema global (Ruiz et al., 1996).

El impacto de este uso desmedido de combustibles fósiles es innegable. En el panorama global, el dióxido de carbono representa aproximadamente el 76% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero, seguido de cerca por el metano y el óxido nitroso (N₂O). Estos gases no solo impulsan el cambio climático, sino que también tienen efectos directos en nuestras vidas.

El cambio climático es la manifestación más evidente de este fenómeno. La acumulación de GEI en la atmósfera está aumentando la temperatura global, alterando ecosistemas y patrones climáticos. En Perú, esta realidad se traduce en el retroceso de los glaciares andinos, una situación que compromete el suministro de agua tanto para consumo humano como para la agricultura (Ruiz et al., 1996).

La contaminación del aire derivada de las emisiones también afecta directamente nuestra salud. En ciudades densamente pobladas como Lima, la exposición a partículas finas (PM_{2.5}) y gases como el monóxido de carbono está asociada con un incremento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, además de un aumento en las muertes prematuras (Rojas et al., 2019).

Asimismo, la calidad del aire urbano está bajo constante amenaza. En Lima, los niveles de

NO_x y PM_{2.5} han superado los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud, lo que afecta no solo a las personas, sino también a los ecosistemas que rodean la ciudad (Romero et al., 2020). Adicionalmente, las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno contribuyen a la formación de lluvia ácida, que daña suelos, cuerpos de agua y cultivos.

Aparte de esto, existe una problemática de igual o mayor preocupación. La deforestación y la pérdida de sumideros de carbono son problemas críticos que afectan tanto a Perú como al resto del mundo, especialmente en regiones tropicales como la Amazonía. Estos fenómenos, impulsados principalmente por actividades humanas como la minería, la expansión agrícola y la tala de bosques, tienen profundas implicaciones para la biodiversidad, el clima global y las comunidades locales que dependen de los ecosistemas forestales.

En Perú, la Amazonía enfrenta una intensa presión debido a la minería artesanal y de pequeña escala, particularmente la extracción de oro. Un estudio analizó los impactos de esta actividad en el sur de la Amazonía peruana entre 1984 y 2017, detectando cerca de 100,000 hectáreas deforestadas. Este fenómeno no solo altera la cobertura forestal, sino que también contribuye significativamente a las emisiones de carbono y a la contaminación por mercurio, exacerbando los problemas de salud y ambientales en la región. En años recientes, como 2017, se registraron niveles récord de deforestación vinculados a esta actividad, lo que destaca la necesidad urgente de una regulación más estricta y efectiva en esta industria (Caballero Espejo et al., 2018).

A nivel regional, en América del Sur, la expansión de pastizales y cultivos comerciales como la soja y el maíz ha sido identificada como la principal causa de deforestación. Esta transformación del uso de la tierra explica aproximadamente el 85% de la pérdida de bosques en la región. Los pastizales, en particular, contribuyen de manera desproporcionada a la pérdida de carbono almacenado en biomasa, lo que subraya el impacto ambiental de la ganadería extensiva (Sy et al., 2015).

La Amazonía, históricamente considerada uno de los mayores sumideros de carbono del planeta, está experimentando un cambio alarmante hacia ser una fuente neta de emisiones de carbono. Un análisis de las emisiones en esta región identificó que el sureste de la Amazonía, particularmente afectado por el estrés hídrico, incendios forestales y la

intensificación de la temporada seca, ha pasado a liberar más carbono del que puede absorber. Este cambio se atribuye principalmente a la combinación de deforestación y los efectos del cambio climático, que están amplificando la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales (Gatti et al., 2021).

A pesar de los esfuerzos por mitigar estas tendencias, como los proyectos REDD+ en Perú, persisten desafíos significativos. Estos proyectos, diseñados para reducir emisiones mediante la conservación forestal y el manejo sostenible, enfrentan incertidumbres en los costos de implementación y en la eficacia de las estrategias adoptadas. Además, su éxito depende de una adecuada articulación con las políticas nacionales y locales, así como de la participación activa de las comunidades indígenas y locales que habitan estas áreas (Thompson et al., 2013).

Otro aspecto crítico es la conversión de bosques naturales a plantaciones de cultivos agroforestales, como el cacao y la palma aceitera. Estudios realizados en regiones tropicales, incluyendo Perú, han demostrado que este tipo de actividades puede reducir hasta un 50% del carbono orgánico almacenado en los suelos, exacerbando las emisiones de gases de efecto invernadero. La magnitud de estas pérdidas depende del contenido inicial de carbono del suelo antes de la conversión, siendo las áreas con suelos ricos en carbono las más vulnerables (van Straaten et al., 2015).

La agricultura intensiva es una de las actividades humanas más relevantes en términos de emisiones de metano (CH_4), un gas de efecto invernadero con un impacto climático significativo. Este problema tiene dimensiones locales y globales, con implicaciones particulares en regiones como Perú, donde la agricultura desempeña un papel crucial en la economía y la subsistencia, y en el resto del mundo, donde la intensificación agrícola sigue creciendo para satisfacer las demandas alimentarias de una población en aumento.

En Perú, las prácticas agrícolas intensivas, como el cultivo de arroz y la ganadería, son fuentes importantes de emisiones de metano. En las regiones norteñas del país, la producción de arroz mediante sistemas de riego continuo ha sido identificada como una de las principales actividades emisoras de metano debido a las condiciones anaeróbicas que se generan en los campos inundados.

Figura 79

Agricultor inspeccionando su cultivo



Nota. La imagen muestra a un agricultor evaluando el estado de su cultivo, una práctica esencial para garantizar el rendimiento agrícola y la detección temprana de problemas como plagas o enfermedades. Este escenario resalta la importancia de las actividades agrícolas en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. Utilizada con fines educativos para analizar el rol de la agricultura en la sostenibilidad económica y ambiental.

Sin embargo, se han investigado alternativas como la irrigación intermitente o "alternate wetting and drying" (AWD), que demuestran una reducción significativa en las emisiones de CH_4 , de hasta un 99%. Este método permite además un uso más eficiente del agua, lo que es crucial en regiones con disponibilidad limitada del recurso. Sin embargo, esta técnica puede tener efectos adversos, como el aumento de las emisiones de óxido nitroso (N_2O), un gas de efecto invernadero aún más potente, lo que plantea la necesidad de una evaluación cuidadosa de sus implicaciones ambientales generales (Echegaray-Cabrera et al., 2024).

En el ámbito de la ganadería, las emisiones entéricas de metano de los rumiantes representan otro desafío considerable en el Perú. Estudios realizados en los Andes han mostrado que las prácticas de pastoreo intensivo en pasturas cultivadas, en comparación con el uso de pasturas nativas, resultan en un mayor nivel de emisiones debido al contenido más alto de materia orgánica digerible en los alimentos proporcionados a los animales. Esto evidencia cómo las decisiones de manejo afectan significativamente el balance de gases de efecto invernadero y destaca la importancia de adoptar estrategias de alimentación y manejo más sostenibles para mitigar estas emisiones (Alvarado-Bolovich et al., 2021).

Los ecosistemas naturales de Perú también contribuyen a la dinámica de las emisiones de

metano. Las turberas amazónicas, por ejemplo, son sumideros naturales de carbono, pero también producen metano debido a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. Sin embargo, actividades humanas como el drenaje para la agricultura o el cambio en los patrones de uso de la tierra pueden alterar estos sistemas, aumentando las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso mientras disminuyen las emisiones de metano. Esto crea un balance delicado en el que las alteraciones antropogénicas podrían exacerbar los efectos del cambio climático (Pärn et al., 2021).

A nivel global, la agricultura intensiva es responsable de aproximadamente un tercio de las emisiones antropogénicas de metano. Las principales fuentes incluyen la fermentación entérica en el ganado, los campos de arroz inundados y la gestión de residuos animales. En regiones como América Latina, donde la producción ganadera es significativa, se han desarrollado estrategias como la mejora en la digestibilidad de los alimentos para reducir la producción de metano en los rumiantes. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías enfrenta barreras económicas y culturales, lo que limita su adopción generalizada (Arango et al., 2020).

En el caso del arroz, las prácticas tradicionales de inundación continua son especialmente problemáticas, ya que generan condiciones ideales para la producción de metano por parte de microorganismos anaeróbicos. Aunque las alternativas como la irrigación intermitente han demostrado ser eficaces, su implementación a gran escala requiere cambios significativos en las prácticas agrícolas tradicionales y un soporte técnico y económico adecuado. Estas mismas dinámicas son observables en regiones como Asia, donde el arroz es un cultivo dominante, amplificando el impacto de esta actividad sobre el cambio climático global (Mosier et al., 1998).

Además de las emisiones directas de las prácticas agrícolas, las interacciones entre los sistemas agrícolas y los ecosistemas naturales también son significativas. Por ejemplo, en Brasil, la transición de prácticas de tala y quema hacia sistemas de corte y mantillo ha mostrado reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero, incluyendo metano. Aunque estas prácticas requieren mayores insumos, también contribuyen a la sostenibilidad a largo plazo al preservar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos (Davidson et al., 2008).

7.4. CONSECUENCIAS DEL EFECTO INVERNADERO

El aumento de las temperaturas globales es una de las manifestaciones más evidentes del cambio climático, con impactos significativos en regiones vulnerables como Perú y en el resto del mundo. Este fenómeno, impulsado por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y las emisiones de gases de efecto invernadero, ha provocado cambios en los patrones climáticos, la biodiversidad y los sistemas socioeconómicos.

En el caso de Perú, los efectos del aumento de las temperaturas son particularmente preocupantes debido a su diversidad geográfica y climática. Entre 1964 y 2014, se registró un incremento generalizado de las temperaturas del aire superficial en el país, con un calentamiento más pronunciado en las regiones de alta altitud. Las temperaturas máximas aumentaron especialmente durante el verano austral, mientras que las temperaturas mínimas mostraron un calentamiento notable en invierno.

Este fenómeno ha tenido consecuencias significativas, como el retroceso acelerado de los glaciares andinos, que son una fuente crítica de agua para la población y la agricultura. Por ejemplo, la Cordillera Blanca, que alberga la mayor cantidad de glaciares tropicales del mundo, ha perdido alrededor del 40.5% de su cobertura glaciar total en las últimas décadas. Esta pérdida no solo amenaza la disponibilidad de agua para las comunidades locales, sino que también aumenta el riesgo de desastres naturales como inundaciones y aluviones debido a la liberación repentina de agua glacial (Vicente-Serrano et al., 2018).

Además, el fenómeno de las islas de calor urbano es cada vez más evidente en ciudades como Lima. Las áreas urbanas, debido a la falta de vegetación y la abundancia de superficies impermeables como concreto y asfalto, experimentan temperaturas más altas en comparación con las zonas rurales circundantes. Este fenómeno afecta de manera desproporcionada a las comunidades con bajos ingresos, que suelen vivir en áreas con menor cobertura de árboles y menos acceso a recursos para mitigar el calor. En Lima, un estudio encontró que los bloques urbanos con menor nivel socioeconómico están expuestos a temperaturas promedio más altas, intensificando las desigualdades sociales existentes (Ascencio et al., 2023).

A nivel global, el aumento de las temperaturas afecta los patrones climáticos de maneras diversas. Las proyecciones climáticas indican que incluso si se limitan los aumentos a 1.5

°C o 2 °C, como establece el Acuerdo de París, muchas regiones experimentarán incrementos locales mayores. En Sudamérica, por ejemplo, se espera un aumento adicional de hasta +0.5°C en algunas áreas, lo que exacerbará los efectos del cambio climático en la agricultura, la biodiversidad y los recursos hídricos. Este calentamiento también intensifica fenómenos climáticos extremos como El Niño- Oscilación del Sur (ENSO), que provoca inundaciones severas en las zonas costeras y sequías prolongadas en otras áreas, afectando la seguridad alimentaria y los medios de vida de millones de personas (Torres et al., 2021). El impacto social y económico del cambio climático es igualmente alarmante. En Perú, se estima que el calentamiento futuro podría reducir ligeramente la expectativa de vida promedio, pero con efectos mucho más pronunciados en las regiones cálidas y vulnerables. Además, el ingreso promedio podría disminuir en un 2.3%, con algunas áreas experimentando pérdidas de hasta el 20%. Estas disparidades subrayan cómo los efectos del cambio climático agravan las desigualdades existentes, afectando desproporcionadamente a las comunidades más pobres y menos resilientes. A esto se suma la amenaza para la seguridad alimentaria, ya que los cambios en las temperaturas y los patrones de precipitación afectan la productividad agrícola, aumentando el riesgo de hambre y malnutrición en regiones rurales (Andersen et al., 2009).

El cambio en los patrones climáticos y el incremento de fenómenos meteorológicos extremos son dos de las manifestaciones más preocupantes del cambio climático, tanto en Perú como en el mundo. A continuación, se presentan hallazgos clave basados en investigaciones relevantes que describen las causas, características e impactos de estos fenómenos.

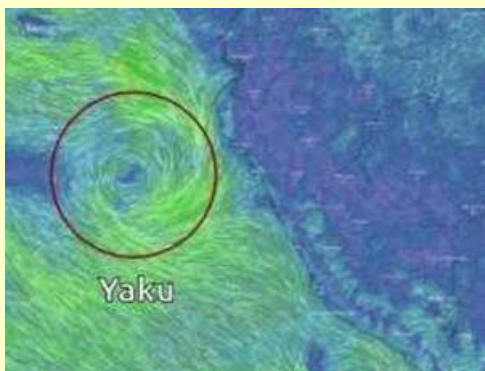
En Perú, los cambios en los patrones climáticos son particularmente notables debido a la influencia del océano Pacífico y la cordillera de los Andes. Las anomalías en la temperatura de la superficie del mar (TSM) han intensificado fenómenos como el Niño Costero, asociado a precipitaciones extremas y devastadoras. Por ejemplo, el evento de 2017 causó graves inundaciones que afectaron a más de un millón de personas y ocasionaron daños económicos superiores a los 3.1 mil millones de dólares. Este evento fue causado por un calentamiento anómalo de las TSM frente a la costa peruana, lo que intensificó las lluvias en regiones normalmente áridas (Christidis et al., 2019).

Otro ejemplo reciente fue el ciclón Yaku en 2023, que generó lluvias extremas en el

noroeste de Perú. Estas precipitaciones contribuyeron al brote de dengue más grave en la historia del país, con un aumento significativo de casos debido a la proliferación de hábitats para mosquitos transmisores. Este fenómeno refleja cómo los eventos meteorológicos extremos no solo afectan la infraestructura, sino que también exacerban problemas de salud pública (Harris et al., 2024).

Figura 80

Fenómeno meteorológico Yaku



Nota. La imagen muestra una representación gráfica del ciclón Yaku, un fenómeno meteorológico caracterizado por la formación de un sistema de baja presión frente a las costas de Perú. Este evento ha generado lluvias intensas y alteraciones climáticas significativas en la región. Utilizada con fines educativos para analizar los impactos de los ciclones en el clima y los desafíos para la adaptación y mitigación de desastres naturales.

A nivel global, el cambio climático ha incrementado la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos como sequías, huracanes e inundaciones. En Sudamérica, el Oscilación del Sur-El Niño (ENSO) tiene un impacto significativo en los patrones de lluvia y temperatura. Los eventos de El Niño están asociados con sequías en la Amazonía y el noreste del continente, mientras que las regiones costeras de Perú y Ecuador enfrentan inundaciones severas. Estas dinámicas se ven amplificadas por el calentamiento global, que intensifica los extremos climáticos y modifica los ciclos hidrológicos (Cai et al., 2020).

En Lima, los patrones climáticos cambiantes han exacerbado fenómenos como la escasez de agua y las olas de calor. Esto afecta de manera desproporcionada a comunidades con menos recursos, que tienen menor capacidad de adaptación. La percepción pública en las zonas urbanas indica una preocupación creciente por la disponibilidad de agua potable y los impactos en la salud, especialmente en las áreas más vulnerables socioeconómicamente.

(Siñaet al., 2016).

En los Andes del norte de Perú, se han observado cambios en los patrones de precipitación, incluyendo un aumento en eventos de lluvia extrema durante la última década. Estas alteraciones tienen implicaciones directas en la agricultura y los recursos hídricos, exacerbando la inseguridad alimentaria y la vulnerabilidad de las comunidades rurales. Los índices de sequía y lluvia extrema muestran una clara tendencia hacia mayor variabilidad climática, lo que dificulta la planificación agrícola y la gestión del agua (Rascón et al., 2021).

Perú, un país megadiverso, está experimentando cambios significativos en sus ecosistemas debido al cambio climático. En los Andes peruanos, el aumento de la temperatura está impulsando el desplazamiento de los ecosistemas hacia mayores altitudes. Estudios en los bosques montanos indican que aproximadamente el 58% de estas áreas podría volverse climáticamente inadecuada para 2070, especialmente en altitudes entre 800 y 1200 metros. Estas áreas son esenciales para la biodiversidad local y albergan especies endémicas cuya supervivencia depende de condiciones climáticas específicas. Además, un 64% de los bosques montanos dentro de áreas protegidas enfrenta altas probabilidades de impacto, lo que subraya la necesidad de incorporar estrategias de conservación adaptativas que incluyan restauración y mitigación de presiones humanas, como la deforestación (Bax et al., 2021). Otro ecosistema crítico afectado en Perú son los glaciares y los humedales altoandinos, que desempeñan un papel vital en la regulación hídrica y climática. Según proyecciones, más del 50% de estas áreas podría desaparecer para mediados de siglo debido al calentamiento y la pérdida de humedad. Esto no solo afecta a las especies que dependen de estos hábitats, sino también a comunidades humanas que utilizan los servicios ecosistémicos proporcionados, como el agua potable y la irrigación agrícola (Zevallos & Lavado-Casimiro, 2022).

En la Amazonía peruana, el cambio climático está afectando gravemente a especies clave en la dispersión de semillas, como aves frugívoras, lo que podría alterar la regeneración natural de los bosques. Las áreas más vulnerables son aquellas en transición hacia condiciones más secas, lo que limita la capacidad de los ecosistemas para adaptarse y mantener su funcionalidad (Miranda et al., 2019).

A nivel mundial, el cambio climático está reconfigurando los patrones de distribución de

especies y los límites de los ecosistemas. Las especies están migrando hacia mayores altitudes y latitudes para mantenerse dentro de sus rangos de tolerancia climática, mientras que otras enfrentan contracciones de hábitat en regiones más cálidas. Estas redistribuciones están creando nuevas interacciones ecológicas y alterando comunidades biológicas preexistentes, lo que podría tener consecuencias impredecibles para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, se proyecta que el 43% de las especies en la Amazonía podría volverse inviable debido a cambios en su distribución potencial hacia 2095. Los impactos son más graves para especies con rangos geográficos pequeños y ciclos de vida cortos, que son menos capaces de adaptarse rápidamente a condiciones cambiantes (Miles et al., 2004).

En ecosistemas alpinos tropicales, como los páramos y los humedales altoandinos, el cambio climático está desplazando los límites ecológicos y reduciendo áreas críticas para la biodiversidad. Estas regiones, que son grandes almacenadoras de carbono en el suelo, están liberando carbono debido a temperaturas más altas y suelos más secos, lo que agrava aún más el calentamiento global. Además, los cambios en los patrones de precipitación y el aumento de la evapotranspiración están afectando gravemente la disponibilidad de agua en estas áreas, poniendo en riesgo a las comunidades que dependen de estos recursos para su subsistencia (Buytaert et al., 2011).

El impacto en los océanos es igualmente preocupante. Las especies marinas también están redistribuyéndose, moviéndose hacia aguas más frías y profundas, lo que afecta las dinámicas tróficas y los ecosistemas costeros. Estas redistribuciones están alterando la productividad de la pesca, con implicaciones para la seguridad alimentaria de millones de personas que dependen de los océanos como fuente primaria de proteínas (Pecl et al., 2017).

7.5. DERRAMES DE PETROLEO, LOS RESTOS QUIMICOS DE LABRATORIOS, EMPRESAS, HOSPITALES, MEDICAMENTOS Y RESIDUOS REACTIVOS

Los derrames de petróleo y la contaminación por residuos químicos son problemas ambientales que continúan siendo motivo de preocupación mundial. Estos desastres tienen consecuencias devastadoras para los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana. Aunque la tecnología y las normativas han avanzado para mitigar estos riesgos, la frecuencia e impacto de estos incidentes demuestran que aún queda mucho por hacer. Las

industrias, especialmente las petroleras, químicas y farmacéuticas, deben asumir una mayor responsabilidad, mientras que los gobiernos y la sociedad civil deben colaborar activamente en la búsqueda de soluciones sostenibles. Los derrames de petróleo y los residuos químicos representan una amenaza importante para los ecosistemas acuáticos y terrestres.

El petróleo derramado en cuerpos de agua forma una capa que impide la penetración de luz solar, afectando la fotosíntesis de las plantas acuáticas y alterando el equilibrio de la cadena alimentaria. Este tipo de contaminación tiene efectos devastadores inmediatos sobre la fauna acuática, como peces y aves marinas, que pueden morir debido a la ingestión de petróleo o la pérdida de hábitats vitales para su supervivencia. Los estudios muestran que los ecosistemas más afectados por estos derrames suelen ser los marinos y costeros, donde las especies están más expuestas al contacto directo con los contaminantes (Kuhn et al., 2021).

Los derrames también pueden tener un impacto significativo en las actividades humanas que dependen de estos ecosistemas, como la pesca y el turismo. A largo plazo, los residuos de petróleo pueden quedar en el fondo marino, liberándose lentamente y afectando la calidad del agua y los recursos naturales. La recuperación de estos ecosistemas tras un derrame es un proceso largo y costoso, que involucra tanto la limpieza del petróleo como la restauración de las especies afectadas (Kuhn et al., 2021).

Figura 81

Derrame de petróleo en el medio ambiente



Nota. La imagen muestra un derrame de petróleo asociado a barriles y la contaminación ambiental causada, destacando los impactos negativos de este tipo de incidentes en los ecosistemas marinos y terrestres. Este tipo de eventos genera daños a la biodiversidad,

afecta a las comunidades locales y plantea desafíos en la gestión y regulación ambiental. Utilizada con fines educativos para analizar las consecuencias de los derrames de petróleo y la importancia de la prevención y mitigación.

El impacto ambiental: ecosistemas en crisis

Cuando ocurre un derrame de petróleo, los ecosistemas marinos y terrestres sufren daños inmediatos y a largo plazo. El petróleo derramado crea una capa en la superficie del agua que bloquea la luz solar, interrumpiendo el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas y afectando a la cadena alimentaria. Animales como aves, peces y mamíferos marinos quedan cubiertos de petróleo, lo que les dificulta moverse, alimentarse y mantener la temperatura corporal. Por su parte, los residuos químicos, como metales pesados y productos farmacéuticos, se filtran en el suelo y las aguas subterráneas, alterando la composición química del ecosistema. Los manglares, arrecifes de coral y bosques tropicales son especialmente vulnerables, ya que su recuperación puede tardar décadas o incluso ser imposible.

Figura 82

Limpieza de derrame de petróleo en la costa



Nota. La imagen muestra a equipos de trabajo realizando labores de limpieza tras un derrame de petróleo en la costa. Estas acciones son fundamentales para mitigar los impactos ambientales y recuperar los ecosistemas afectados. Sin embargo, estos eventos suelen dejar daños persistentes en la flora, fauna y comunidades locales. Utilizada con fines educativos para analizar las estrategias de respuesta ante desastres ambientales y la importancia de la prevención.

Consecuencias para la salud humana

La contaminación por petróleo y residuos químicos también tiene un impacto directo en la salud humana. Las personas expuestas a estas sustancias, ya sea por contacto directo,

consumo de agua contaminada o inhalación de vapores tóxicos, pueden sufrir problemas respiratorios, irritaciones en la piel, daños neurológicos y enfermedades crónicas como el cáncer. Las comunidades que viven cerca de zonas afectadas suelen ser las más perjudicadas, ya que dependen de los recursos naturales para su subsistencia. Además, los residuos farmacéuticos, como antibióticos y hormonas, pueden alterar el equilibrio biológico de los cuerpos de agua, aumentando el riesgo de resistencia a los medicamentos y afectando indirectamente a la salud pública.

Regulación y prevención: el papel de los gobiernos

La regulación es esencial para prevenir y manejar los derrames de petróleo y la liberación de residuos químicos. Los gobiernos deben establecer normativas estrictas que obliguen a las industrias a adoptar prácticas responsables. Esto incluye la implementación de tecnologías de prevención, la supervisión constante de instalaciones industriales y la imposición de sanciones severas en caso de incumplimiento. Sin embargo, muchas veces estas regulaciones no se aplican de manera efectiva debido a la falta de recursos o corrupción. Una mayor transparencia y colaboración entre los sectores público y privado es clave para garantizar que las políticas se traduzcan en acciones concretas.

Figura 81

Derrame de petróleo en áreas naturales



Nota. La imagen muestra un derrame de petróleo en un entorno natural, donde se observa a un trabajador evaluando el impacto en el agua. Estos eventos afectan gravemente la biodiversidad, contaminan los cuerpos de agua y generan problemas a las comunidades locales. Utilizada con fines educativos para analizar las consecuencias ambientales de los derrames de petróleo y la necesidad de una regulación y prevención más estrictas.

La tecnología como aliada en la remediación

El desarrollo tecnológico ha permitido avances significativos en la prevención y limpieza de derrames. Técnicas como las barreras flotantes, los absorbentes especializados y la biorremediación son herramientas valiosas para minimizar el impacto ambiental. La biorremediación, en particular, utiliza microorganismos para descomponer los contaminantes en componentes menos dañinos, representando una opción más sostenible. Sin embargo, estas tecnologías tienen limitaciones, ya que su efectividad depende de factores como la magnitud del derrame y las características del entorno afectado. Por eso, es fundamental seguir invirtiendo en investigación para mejorar estos métodos y hacerlos más accesibles.

Residuos farmacéuticos: un desafío invisible

Los medicamentos caducados o no utilizados representan un problema ambiental menos visible pero igualmente grave. Cuando estos residuos no se gestionan adecuadamente, pueden terminar en vertederos o cuerpos de agua, afectando a los ecosistemas y a la salud humana. Por ejemplo, los antibióticos en los ríos pueden promover el desarrollo de bacterias resistentes, mientras que las hormonas alteran el comportamiento reproductivo de la fauna acuática. Las empresas farmacéuticas, hospitales y farmacias deben implementar sistemas de recolección y destrucción segura de estos productos. Además, las campañas de concienciación dirigidas a la población pueden reducir la cantidad de medicamentos desechados de forma inadecuada.

Figura 82

Contenedores de residuos de petróleo en un área contaminada



Nota. La imagen muestra un derrame de petróleo en un entorno natural, donde se observan contenedores utilizados para almacenar el crudo recuperado del área afectada. Estos eventos afectan gravemente la biodiversidad, contaminan los cuerpos de agua y generan problemas a las comunidades locales. Utilizada con fines educativos para analizar las consecuencias ambientales de los derrames de petróleo y la necesidad de una regulación y prevención más estrictas.

La educación como herramienta de cambio

La educación ambiental es un pilar fundamental para prevenir la contaminación. Al enseñar a las comunidades y a los trabajadores industriales sobre los riesgos asociados con los residuos peligrosos y cómo manejarlos adecuadamente, se pueden reducir significativamente los accidentes. Además, la sensibilización de la población general fomenta una mayor presión social hacia las empresas y gobiernos para que adopten prácticas más sostenibles. La educación también ayuda a las personas a comprender la importancia de reducir el uso de productos tóxicos y optar por alternativas más seguras.

El rol de la cooperación internacional

La contaminación por petróleo y productos químicos no reconoce fronteras, lo que hace que la cooperación internacional sea crucial. Convenios como el de Estocolmo y el de Basilea buscan establecer estándares globales para el manejo de sustancias peligrosas, pero su implementación depende del compromiso de cada país. La colaboración entre naciones también puede facilitar el intercambio de tecnologías y recursos para enfrentar estos desafíos. Sin embargo, es necesario fortalecer estos acuerdos y garantizar su cumplimiento para lograr un impacto real en la reducción de la contaminación global.

La restauración de los ecosistemas dañados

La recuperación de los ecosistemas afectados por derrames de petróleo y residuos químicos es un proceso largo y costoso. La limpieza inicial puede remover la mayoría de los contaminantes, pero restaurar el equilibrio natural puede tardar décadas. En muchos casos, el daño es irreversible, especialmente en ecosistemas complejos como los arrecifes de coral. Las iniciativas de restauración deben incluir no solo la remediación ambiental, sino también el apoyo a las comunidades locales afectadas, para garantizar que puedan reconstruir sus vidas y medios de subsistencia.

Un enfoque integral para un futuro sostenible

Enfrentar los derrames de petróleo y la contaminación por residuos químicos requiere un enfoque integral que combine tecnología, regulación, educación y cooperación internacional. Las industrias deben asumir su responsabilidad y adoptar prácticas más limpias, mientras que los gobiernos deben garantizar la aplicación efectiva de las normativas. La sociedad civil también tiene un papel importante, exigiendo transparencia y sostenibilidad en las actividades industriales. Solo a través de esfuerzos conjuntos será posible proteger el medioambiente y garantizar un futuro más seguro y saludable para las generaciones venideras.

El petróleo como principal contaminante

El petróleo es una de las sustancias más utilizadas en el mundo, pero también una de las más peligrosas cuando se libera al medio ambiente. Los derrames suelen ocurrir durante el transporte, ya sea por accidentes marítimos, terrestres o fugas en oleoductos. Cuando el petróleo llega al agua, forma una capa viscosa que afecta la vida marina al bloquear la entrada de oxígeno y luz. Esto no solo impacta a los organismos acuáticos, sino también a las aves que dependen del agua para alimentarse y reproducirse. Los ecosistemas costeros, como manglares y marismas, son especialmente vulnerables, ya que el petróleo puede impregnarse en sus suelos, dificultando su recuperación.

Además de los derrames de petróleo, las actividades industriales y hospitalarias también contribuyen a la contaminación química en el medio ambiente. Los hospitales y laboratorios generan grandes cantidades de residuos peligrosos, incluidos productos farmacéuticos, antibióticos y otros compuestos químicos que pueden filtrarse en los sistemas de aguas residuales y contaminar fuentes de agua. Un área especialmente preocupante es la presencia de antibióticos en los efluentes hospitalarios, que no solo representan un riesgo para la salud pública al contribuir a la resistencia bacteriana, sino que también alteran la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos. Estos residuos pueden interferir con la reproducción de organismos acuáticos y modificar las comunidades biológicas de los cuerpos de agua, lo que afecta su estabilidad ecológica (Börjesson et al., 2022).

El tratamiento de estos residuos en muchos lugares no es adecuado, y los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes no están diseñados para eliminar completamente estos compuestos. Como resultado, estos productos químicos llegan a los ecosistemas acuáticos y pueden tener efectos adversos tanto sobre la vida acuática como sobre los

humanos que consumen agua contaminada o productos pesqueros afectados. Esto plantea un desafío significativo para la gestión de residuos hospitalarios y farmacéuticos (Börjesson et al., 2022).

Residuos químicos industriales: una amenaza silenciosa

Figura 83

Trabajadores limpiando un derrame de petróleo en la costa



Nota. La imagen muestra a dos trabajadores equipados con trajes de protección mientras realizan labores de limpieza tras un derrame de petróleo en un entorno costero. Estos eventos no solo afectan a los ecosistemas marinos, sino que también representan un desafío para la recuperación ambiental y la salud de quienes participan en las labores de mitigación. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de la pronta respuesta ante derrames de petróleo y la necesidad de políticas preventivas y restaurativas más estrictas. Además del petróleo, los residuos químicos provenientes de industrias representan un grave riesgo para el medio ambiente. Estas sustancias que incluyen metales pesados, pesticidas y solventes, pueden filtrarse al suelo y las aguas subterráneas, contaminando fuentes de agua potable y poniendo en peligro la salud humana. Las plantas industriales deben cumplir con regulaciones estrictas para el manejo de estos desechos, pero en muchos casos, la falta de supervisión o el incumplimiento de las normas agravan el problema. Las comunidades cercanas a estas industrias suelen ser las más afectadas, enfrentándose a problemas de salud como intoxicaciones y enfermedades crónicas.

El costo económico de los derrames y la contaminación

Los impactos económicos de los derrames de petróleo y la contaminación por químicos son

significativos. En primer lugar, los costos de limpieza son elevados y requieren una inversión considerable de tiempo y recursos. Además, las comunidades afectadas, especialmente aquellas que dependen de la pesca o el turismo, sufren pérdidas económicas debido al daño ambiental. Las empresas responsables de los derrames también enfrentan sanciones legales y reputacionales, lo que puede afectar sus operaciones a largo plazo. Por tanto, prevenir estos desastres no solo es un acto de responsabilidad ambiental, sino también una estrategia económica sostenible.

Figura 84

Operación marítima de contención de derrame de petróleo



Nota. La imagen muestra una operación marítima con barcos especializados en la contención y recuperación de petróleo derramado en el mar. Este tipo de acciones son esenciales para mitigar los impactos en los ecosistemas marinos y en las actividades económicas que dependen de ellos, como la pesca y el turismo. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de una pronta respuesta ante derrames de petróleo y la implementación de tecnologías adecuadas para su contención y limpieza.

La resistencia de las comunidades locales

En muchos casos, las comunidades afectadas por la contaminación muestran una notable resiliencia y desempeñan un papel crucial en la recuperación de sus entornos. Estas comunidades, que suelen tener un conocimiento profundo de sus ecosistemas locales, pueden liderar esfuerzos de limpieza y restauración. Sin embargo, también necesitan apoyo gubernamental y acceso a recursos para enfrentar los desafíos. La participación activa de estas poblaciones en la toma de decisiones es clave para garantizar soluciones efectivas y

sostenibles.

El problema de los microplásticos y residuos químicos combinados

En los últimos años, la combinación de microplásticos y residuos químicos ha emergido como una amenaza ambiental creciente. Los microplásticos, provenientes de productos de consumo diario, como cosméticos y textiles, actúan como vehículos para transportar sustancias químicas peligrosas a través de los ecosistemas acuáticos. Estos contaminantes son ingeridos por la fauna marina, entrando en la cadena alimentaria y llegando incluso a los seres humanos. El impacto combinado de estos residuos es aún más difícil de mitigar, lo que exige una acción inmediata por parte de los gobiernos y la industria para reducir su producción y mejorar su manejo.

La responsabilidad de las grandes empresas

Aunque los consumidores tienen un papel en la gestión de residuos, gran parte de la responsabilidad recae en las grandes empresas. Las industrias deben adoptar prácticas sostenibles, como el desarrollo de tecnologías más limpias y el cumplimiento de regulaciones ambientales estrictas. Además, deben invertir en sistemas de emergencia para responder rápidamente en caso de accidentes, minimizando el impacto ambiental. Las empresas que demuestran un compromiso genuino con la sostenibilidad no solo protegen el medio ambiente, sino que también ganan la confianza de los consumidores.

Innovaciones en la gestión de residuos farmacéuticos

En el ámbito de los residuos farmacéuticos, se han desarrollado nuevas tecnologías para reducir su impacto ambiental. Por ejemplo, algunos países han implementado programas de recolección de medicamentos caducados para evitar que lleguen a vertederos o sistemas de drenaje. Además, se están desarrollando métodos de biodegradación que descomponen los compuestos farmacéuticos sin liberar sustancias tóxicas. Estas iniciativas deben ser complementadas con campañas de concienciación pública para garantizar su éxito.

El papel de las ONG y la sociedad civil

Las organizaciones no gubernamentales (ONG) y la sociedad civil desempeñan un papel fundamental en la lucha contra la contaminación. Estas entidades no solo realizan investigaciones y denuncian prácticas industriales dañinas, sino que también educan a las comunidades y promueven la adopción de políticas más estrictas. La presión ejercida por estos grupos ha sido clave para impulsar cambios legislativos y mejorar la transparencia en

el manejo de residuos.

Un futuro más sostenible: la economía circular

La economía circular se presenta como una solución prometedora para reducir la generación de residuos. Este modelo se basa en reutilizar, reciclar y rediseñar productos para minimizar el desperdicio y el uso de recursos naturales. En el caso de los residuos químicos y farmacéuticos, las empresas pueden adoptar procesos de reciclaje avanzados y desarrollar productos menos tóxicos. La transición hacia una economía circular requiere un cambio de mentalidad a nivel global, pero los beneficios para el medio ambiente y la economía son incuestionables.

La necesidad de una acción global inmediata

Los problemas asociados con los derrames de petróleo y la contaminación por químicos no pueden ser ignorados. La comunidad internacional debe actuar con urgencia para implementar soluciones efectivas y sostenibles. Esto incluye fortalecer los acuerdos internacionales, como el Convenio de Estocolmo, e invertir en tecnologías innovadoras. Solo a través de un esfuerzo conjunto será posible proteger el medio ambiente y garantizar un futuro saludable para las generaciones venideras.

CAPÍTULO VIII
LA BIODIVERSIDAD, UN RECURSO SERIAMENTE AMENAZADO

8.1. DESTRUCCION DE GRANDES EXTENSIONES DE SELVA TROPICAL

Las selvas tropicales representan uno de los ecosistemas más ricos y complejos del planeta, desempeñando roles vitales para el equilibrio climático, la biodiversidad y el bienestar humano. Estas áreas verdes actúan como sumideros de carbono al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno, mientras proporcionan refugio a innumerables especies de flora y fauna. Madre de Dios, una región peruana de la Amazonía, es especialmente significativa no solo por su biodiversidad, sino también por sus servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica, la producción de recursos naturales sostenibles y la estabilización del clima local y regional (Luque-Ramos, 2021).

A pesar de estos beneficios, las selvas tropicales enfrentan amenazas sin precedentes. Según el Instituto Nacional de Investigación de la Amazonía Peruana, entre 2001 y 2021, Perú perdió aproximadamente 2.3 millones de hectáreas de bosques amazónicos, con una gran parte de esta pérdida concentrada en Madre de Dios. Estas cifras reflejan el impacto combinado de actividades como la minería ilegal, la expansión agrícola y la construcción de infraestructura (Rojas et al., 2021).

8.1.1. Historia de la deforestación en Madre de Dios

En las primeras décadas del siglo XX, la deforestación en Madre de Dios estaba limitada principalmente a actividades de subsistencia y la explotación maderera de especies como la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro (*Cedrela odorata*). Estas prácticas eran selectivas y, aunque destructivas, tenían un alcance limitado debido a la falta de acceso a vastas áreas de la selva. Sin embargo, el panorama cambió radicalmente con el auge de la minería de oro en las décadas de 1980 y 1990, impulsada por el aumento en los precios internacionales del metal precioso.

La minería ilegal creció rápidamente debido a la falta de regulación y a los altos beneficios económicos, destruyendo miles de hectáreas de bosque en el proceso. En paralelo, la agricultura extensiva también comenzó a expandirse, especialmente con cultivos como cacao y palma aceitera, que requerían la conversión de grandes áreas forestales en tierras de cultivo. Para 2010, la inauguración de la Carretera Interoceánica marcó un punto de inflexión, ya que permitió un acceso sin precedentes a zonas anteriormente remotas, acelerando la deforestación (Engstrand et al., 2024a).

Madre de Dios no es un caso aislado en la Amazonía. En Brasil, la expansión de la frontera agrícola para la producción de soja ha llevado a tasas de deforestación similares, afectando directamente a especies transfronterizas como el jaguar (*Panthera onca*). Sin embargo, Perú enfrenta un desafío adicional: la presión combinada de múltiples sectores extractivos en una región de menor extensión territorial.

8.2. CAUSAS PRINCIPALES DE LA DESTRUCCIÓN DE SELVAS TROPICALES

8.2.1. Minería ilegal y contaminación por mercurio

La minería ilegal ha sido uno de los principales motores de deforestación en Madre de Dios, destruyendo no solo el bosque, sino también los ecosistemas acuáticos y terrestres. La minería aluvial, en particular, utiliza grandes cantidades de mercurio para separar el oro de los sedimentos, contaminando ríos y afectando la salud de las comunidades locales y la biodiversidad acuática (Timana-Mendoza et al., 2024).

Caso de estudio: La Pampa

La región de La Pampa en Madre de Dios es un ejemplo alarmante del impacto de la minería ilegal. Entre 2015 y 2019, se destruyeron más de 9,000 hectáreas de bosque, dejando un paisaje desolado y contaminado. Estudios recientes muestran que la recuperación ecológica en estas áreas podría tardar más de un siglo debido a la severa degradación del suelo (Chambi-Legoas et al., 2021a).

8.2.2. Expansión agrícola

La agricultura comercial ha desplazado a los ecosistemas forestales en favor de cultivos como el cacao, la palma aceitera y la ganadería. Aunque estos cultivos generan beneficios económicos a corto plazo, su impacto ambiental es devastador. Entre 2010 y 2020, la expansión agrícola en Madre de Dios contribuyó a la pérdida de 60,000 hectáreas de bosque, agravando la fragmentación del hábitat (Alarcon-Aguirre et al., 2023a).

8.2.3. Construcción de infraestructura

La Carretera Interoceánica ha facilitado el acceso a áreas remotas, fomentando la colonización y las actividades económicas en zonas antes protegidas. Esta infraestructura también ha llevado a un aumento en los conflictos por la tierra, ya que las comunidades

locales se ven desplazadas por actores externos (Sánchez-Cuervo et al., 2020).

8.2.4. Cambio climático

El cambio climático agrava los efectos de la deforestación al aumentar la vulnerabilidad de los bosques a incendios, sequías y tormentas extremas. Además, la deforestación misma contribuye al cambio climático, ya que libera enormes cantidades de dióxido de carbono almacenado en la biomasa de los árboles (Csillik & Asner, 2020).

8.3. IMPACTOS DE LA DEFORESTACIÓN

8.3.1. Impactos ecológicos

La fragmentación del bosque impide que las especies se desplacen entre hábitats, reduciendo sus poblaciones y aumentando el riesgo de extinción local. Especies emblemáticas como el tapir (*Tapirus terrestris*) y el águila harpía (*Harpia harpyja*) han sufrido declives drásticos en sus números (Chambi-Legoas et al., 2021b).

8.3.2. Impactos sociales

La contaminación por mercurio ha afectado la salud de las comunidades indígenas y ribereñas, especialmente en mujeres embarazadas y niños, aumentando los riesgos de enfermedades neurológicas y malformaciones congénitas (Pettigrew et al., 2022a).

8.4. SOLUCIONES E INICIATIVAS DE CONSERVACIÓN

8.4.1. Regeneración natural

La regeneración en áreas mineras mediante el uso de especies pioneras como *Ochroma pyramidale* ha mostrado resultados prometedores en la recuperación del suelo y la biodiversidad (Velásquez Ramírez et al., 2021a).

8.4.2. Implementación de REDD+

El programa REDD+ ha permitido compensar económicamente a comunidades locales para proteger sus bosques y reducir emisiones de carbono (Montoya-Zumaeta et al., 2022).

8.5. LA COMPLEJIDAD DE LOS ECOSISTEMAS EN MADRE DE DIOS

Madre de Dios alberga múltiples tipos de ecosistemas dentro de su extensión amazónica: bosques de terra firme, bosques inundables, pantanos de aguajales y áreas ribereñas. Cada uno de estos ecosistemas cumple funciones específicas en el equilibrio ecológico. Por ejemplo, los pantanos de aguajales, dominados por la palmera *Mauritia flexuosa*, son conocidos como sumideros de carbono de alta eficiencia y brindan alimento tanto a la fauna como a las comunidades locales (Ramos-Huapaya et al., 2024b).

Estos ecosistemas no funcionan de manera aislada; están interconectados a través de flujos de nutrientes, agua y especies animales que los recorren en busca de recursos. La deforestación interrumpe estas conexiones, provocando desequilibrios que afectan tanto a las especies dependientes de un ecosistema como a los humanos que dependen de sus servicios.

Impacto en la conectividad ecológica

Uno de los mayores efectos de la deforestación en Madre de Dios es la fragmentación del hábitat. Corredores ecológicos, como los que conectan los Parques Nacionales del Manu y Bahuaja-Sonene, están siendo fragmentados, reduciendo el área disponible para especies de gran tamaño, como jaguares y tapires, que requieren amplias extensiones de bosque para sobrevivir. Un estudio reciente señala que las áreas protegidas de Madre de Dios están perdiendo conectividad funcional, lo que afecta la migración y reproducción de estas especies (Chambi-Legoas et al., 2021c).

La minería ilegal: Un desafío persistente

La minería ilegal en Madre de Dios es considerada una de las actividades más destructivas para el medio ambiente amazónico. Según un estudio reciente, esta actividad ha afectado más de 100,000 hectáreas de bosque desde la década de 1980, convirtiéndose en el principal impulsor de la deforestación y la degradación del suelo en la región (Velásquez Ramírez et al., 2021b). Este aumento se relaciona directamente con:

- El incremento en los precios del oro, que durante la crisis económica de 2008-2012 alcanzó valores históricos.
- La falta de regulación efectiva, especialmente en zonas remotas donde las autoridades tienen poco alcance.
- El acceso facilitado por la infraestructura, como la Carretera Interoceánica, que ha

incrementado significativamente el movimiento de personas y maquinaria pesada en la región (Engstrand et al., 2024b).

Impacto de la minería repetitiva

Un análisis innovador sobre la minería repetitiva en Madre de Dios reveló que dos tercios de las actividades mineras en esta región involucran visitar áreas previamente explotadas. Esto ha aumentado la degradación del suelo y la deforestación en un 265% más de lo estimado previamente (Engstrand et al., 2024c). Además, estas áreas mineras sufren de pérdida permanente de biodiversidad y alteraciones severas en sus ciclos ecológicos.

Contaminación por mercurio

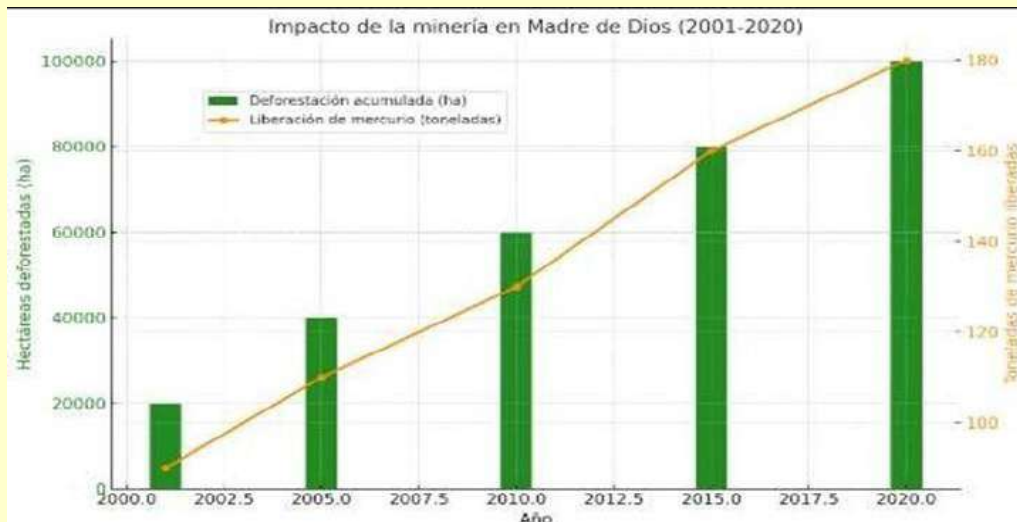
El mercurio es un subproducto altamente tóxico de la minería de oro, utilizado para amalgamar partículas de oro. Este compuesto no solo contamina los ríos y suelos, sino que también se bioacumula en la cadena alimenticia, afectando gravemente a la salud de las comunidades locales (Pettigrew et al., 2022b). Estudios recientes encontraron niveles de mercurio significativamente altos en peces y en las uñas de residentes locales, especialmente en áreas cercanas a minas activas (Feingold et al., 2020).

La minería ilegal no solo ha causado una devastación sin precedentes en los ecosistemas forestales, sino que también ha liberado cantidades alarmantes de mercurio en el medio ambiente. A continuación, el gráfico muestra la progresión de la deforestación acumulada y la liberación de mercurio en Madre de Dios entre 2001 y 2020, destacando la magnitud del problema y su tendencia creciente.

La Figura 10 muestra la progresión de la deforestación acumulada y la liberación de mercurio en Madre de Dios entre 2001 y 2020, evidenciando una correlación directa entre ambas variables (Velásquez Ramírez et al., 2021c; Engstrand et al., 2024d)."

Figura 85

Impacto de la minería en Madre de Dios (2001-2020)



Nota. La gráfica muestra la deforestación acumulada (en hectáreas) y la liberación de mercurio (en toneladas) en Madre de Dios entre 2001 y 2020, como consecuencia de la actividad minera. Los datos reflejan el crecimiento exponencial de los impactos ambientales asociados a esta actividad, afectando significativamente los ecosistemas locales y la salud humana. Utilizada con fines educativos para analizar los efectos de la minería en la Amazonía peruana y promover políticas sostenibles para la conservación ambiental y la reducción de la contaminación.

8.6. PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD Y DEFORESTACIÓN

La minería ilegal en regiones tropicales como Madre de Dios, Brasil y Colombia comparte un impacto común: la pérdida masiva de bosques. En todos los casos, la deforestación es impulsada por factores económicos (como el alza de los precios del oro), políticos (regulación débil) y sociales (presión económica sobre las comunidades).

- Madre de Dios: Más de 100,000 hectáreas han sido deforestadas por la minería ilegal desde 2001, afectando principalmente áreas protegidas como la Reserva Nacional Tambopata (Velásquez Ramírez et al., 2021e).
- Brasil: Entre 2017 y 2020, la minería ilegal incrementó la deforestación en un 90%, afectando 101.7 km² anuales, especialmente dentro de tierras indígenas (Siqueira-Gay & Sánchez, 2021).
- Colombia: En 20 años, la minería en Colombia ha contribuido a la pérdida de más de

400,000 hectáreas de bosque, con aumentos significativos en regiones como Antioquia y Chocó (González-González et al., 2021).

Propósito de la comparación: Esta similitud evidencia que la minería no es un problema aislado, sino una tendencia recurrente en regiones tropicales ricas en biodiversidad. La comparación ayuda a comprender que los factores estructurales, como la economía global y la debilidad en la regulación ambiental, son elementos comunes que perpetúan estos impactos.

Contaminación por mercurio

La contaminación por mercurio es otro denominador común entre las actividades mineras en diferentes regiones.

- Madre de Dios: Estudios reportan que el 42.7% de las mujeres en comunidades cercanas tienen niveles de mercurio superiores a los límites de la OMS, debido al consumo de peces contaminados (Pettigrew et al., 2022c).
- Brasil: El mercurio liberado por la minería ilegal afecta significativamente los ecosistemas fluviales y las comunidades indígenas en la Amazonía. En el estado de Pará, el 94% del mercurio detectado en los ríos proviene de actividades mineras (Mataveli et al., 2022a).
- Colombia: En el río Atrato, declarado sujeto de derechos, se han encontrado niveles críticos de mercurio debido a la minería artesanal, afectando la salud de las comunidades ribereñas y limitando su acceso a recursos alimentarios (Álvarez-Berrios et al., 2021a).

Propósito de la comparación: Contrastar el impacto del mercurio en diferentes regiones resalta la urgencia de adoptar regulaciones globales que prohíban su uso en la minería. Este enfoque permite demostrar que la problemática no es exclusivamente local, sino que afecta la salud y los ecosistemas en un nivel global.

8.7. DIFERENCIAS CLAVE SEGÚN EL CONTEXTO REGIONAL POLÍTICAS DE REGULACIÓN Y FORMALIZACIÓN

Los enfoques para regular la minería varían significativamente entre los países.

- Madre de Dios: Operativos como "Operación Mercurio" han intentado reducir la minería ilegal, pero su impacto ha sido limitado debido a la falta de monitoreo

continuo y al regreso de mineros ilegales a las áreas intervenidas (Dethier et al., 2023).

- Brasil: La política ambiental bajo ciertas administraciones ha sido permisiva hacia la minería en tierras indígenas, exacerbando la deforestación. En 2020, el gobierno aprobó más de 200 solicitudes de minería en reservas indígenas (Mataveli et al., 2022b).
- Colombia: En Colombia, la formalización de la minería artesanal ha tenido resultados mixtos. Aunque algunos mineros han obtenido licencias, otros han explotado nuevas áreas debido a los costos asociados con la formalización (Álvarez-Berrios et al., 2021b)

Propósito de la comparación: Contrastar las políticas de regulación ayuda a entender cómo los enfoques gubernamentales pueden mitigar o intensificar los impactos de la minería. Este análisis puede guiar recomendaciones para diseñar políticas más efectivas en otras regiones afectadas.

8.8. EL PAPEL DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EN LA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL

La agricultura y la ganadería son motores clave de la deforestación y la pérdida de biodiversidad a nivel global, especialmente en regiones tropicales como la Amazonía. Estas actividades, aunque fundamentales para la subsistencia económica, generan impactos ambientales graves, que incluyen la degradación de ecosistemas, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y la alteración de servicios ecosistémicos esenciales.

8.8.1. Monocultivos: Impactos en la biodiversidad y los ecosistemas Reducción de la Biodiversidad

La conversión de bosques nativos en monocultivos tiene un impacto significativo en la biodiversidad local. La transformación de bosques en plantaciones reduce la capacidad del suelo para soportar la regulación de patógenos, la simbiosis planta-suelo, el almacenamiento de carbono y el ciclo de nutrientes, afectando negativamente la biodiversidad del suelo (Qu et al., 2024). Además, la conversión a monocultivos disminuye la diversidad de macroinvertebrados del suelo, lo que indica una pérdida de biodiversidad taxonómica y trófica (Guarderas et al., 2022).

En los bosques tropicales de Borneo, la conversión a plantaciones de palma de aceite afecta la abundancia relativa de tipos de hongos micorrízicos, lo que tiene implicaciones para el almacenamiento de carbono en el suelo (Robinson, 2020).

8.8.2. Alteración de los Ciclos Biogeoquímicos

La deforestación y la conversión a monocultivos alteran significativamente los ciclos biogeoquímicos. La conversión de bosques a plantaciones reduce el carbono orgánico del suelo y el nitrógeno total, afectando la biomasa microbiana y la actividad enzimática (Wang et al., 2021). En las plantaciones de palma de aceite, la gestión centrada en la materia orgánica puede mejorar la capacidad de almacenamiento de carbono del ecosistema, aunque la conversión de sabanas a plantaciones también altera las propiedades biogeoquímicas del suelo (Quezada et al., 2022).

Además, la conversión de bosques nativos afecta la diversidad de macroinvertebrados del suelo y la calidad del suelo, lo que puede degradar los servicios ecosistémicos (Guarderas et al., 2022).

8.8.3. Impacto en el Agua y la Erosión

La conversión de bosques a monocultivos afecta los ciclos hidrológicos y aumenta la erosión del suelo. La deforestación altera la estructura del suelo, lo que puede aumentar la susceptibilidad a la erosión (Marsh et al., 2024). En los bosques tropicales de Borneo, la tala selectiva y la conversión a plantaciones de palma de aceite afectan la composición de las comunidades microbianas del suelo, lo que puede influir en los ciclos de nutrientes y la erosión (Robinson et al., 2024). Además, la variabilidad estacional en los parámetros microbianos del suelo es más pronunciada en las plantaciones que en los bosques, lo que puede comprometer la estabilidad de los ecosistemas tropicales a largo plazo (Krashevskaya et al., 2022).

8.9. PÉRDIDA DE RESILIENCIA ECOSISTÉMICA

Los monocultivos reducen la resiliencia ecosistémica en comparación con los sistemas agroforestales. La conversión de bosques a plantaciones disminuye la biomasa microbiana y la diversidad, lo que puede afectar la capacidad del ecosistema para recuperarse de

perturbaciones (Wang et al., 2021). En los Andes, las plantaciones de monocultivo de pino y aliso muestran diferencias en la estructura de la comunidad de mesofauna del suelo en comparación con los bosques primarios, lo que sugiere que las plantaciones pueden ser menos perjudiciales de lo que se pensaba, pero aun así menos resilientes que los sistemas agroforestales (Marian et al., 2020).

8.9.1. Ganadería Extensiva: Un Impulsor Silencioso de la Deforestación para la Expansión de Pastizales

La ganadería extensiva es una de las principales causas de la deforestación, ya que requiere grandes extensiones de tierra para el pastoreo. Este tipo de ganadería ha llevado a la conversión de bosques y otros ecosistemas naturales en pastizales, lo que resulta en la pérdida de biodiversidad y la degradación del hábitat (Li & Jiang, 2021; Modernel et al., 2016). En regiones como las Pampas y Campos de América del Sur, la expansión de la agricultura y la ganadería ha reducido significativamente las áreas de pastizales nativos, afectando la provisión de servicios ecosistémicos (Modernel et al., 2016).

Erosión y Degradación del Suelo

El pastoreo intensivo asociado con la ganadería extensiva contribuye a la erosión y degradación del suelo. La presión del pastoreo puede reducir la cobertura vegetal, lo que aumenta la susceptibilidad del suelo a la erosión y disminuye su capacidad para retener carbono (Maestre et al., 2022; Davidson et al., 2017). En los pastizales de América del Sur, el sobrepastoreo ha sido vinculado con la reducción de la diversidad de plantas y el aumento de la erosión del suelo (Modernel, 2018).

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

La ganadería es responsable de una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático. Se estima que el sector ganadero genera entre el 13% y el 18% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, principalmente a través de la fermentación entérica y la gestión del estiércol (Modernel, 2018; Solomon et al., 2023). Además, la conversión de bosques en pastizales reduce la capacidad de los ecosistemas para actuar como sumideros de carbono (Öllerer et al., 2019).

8.10. IMPACTO EN LA BIODIVERSIDAD

La ganadería extensiva tiene efectos negativos sobre la biodiversidad, afectando tanto a la flora como a la fauna. La pérdida de hábitat y la alteración de los ecosistemas naturales debido al pastoreo pueden reducir la abundancia y diversidad de especies (Li & Jiang, 2021; Tiainen et al., 2020). En particular, los ecosistemas de pastizales y bosques enfrentan presiones significativas que resultan en la disminución de especies de plantas, aves y mamíferos (Filazzola et al., 2020; Michalk et al., 2018).

8.10.1. Propuestas de Mitigación y Modelos Sostenibles

Beneficios de combinar cultivos con árboles:

Los sistemas agroforestales integran árboles con cultivos o ganado en la misma parcela de tierra, lo que permite un uso más eficiente de los recursos en comparación con el monocultivo. Esta integración proporciona servicios ecológicos relacionados con el suelo, como mejoras en la fertilidad y en las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo. Además, los sistemas agroforestales ayudan a controlar la erosión al reducir la escorrentía y unir las partículas del suelo (Fahad et al., 2022; Kuyah et al., 2019). También se ha demostrado que aumentan el rendimiento de los cultivos y mejoran la seguridad alimentaria y nutricional (Kuyah et al., 2019; Castle et al., 2021). En Europa, los sistemas agroforestales pueden mejorar la productividad agronómica, la biodiversidad del suelo y la retención de agua, además de reducir la erosión del suelo (Sollen-Norrlin et al., 2020).

8.10.2. Restricciones a la Expansión Ganadera Límites en áreas críticas para la ganadería

La integración de sistemas agroforestales en la ganadería puede mitigar los impactos ambientales negativos de la cría de rumiantes, mejorando la sostenibilidad de la producción de alimentos. La re-integración de ganado y árboles puede beneficiar la productividad y la economía de la ganadería, aunque los beneficios dependen del contexto local y de las sinergias y compensaciones específicas (Jordon et al., 2020). En regiones templadas, los sistemas agroforestales han demostrado ofrecer beneficios ambientales y económicos en comparación con los pastizales sin árboles (Jordon et al., 2020).

8.10.3. Incentivos para la Agricultura Sostenible Programas que fomenten prácticas sostenibles

Para fomentar la adopción de sistemas agroforestales, es crucial implementar políticas que ofrezcan incentivos financieros, como subsidios y pagos por servicios ecosistémicos. Además, es necesario aumentar la conciencia sobre los productos de los sistemas agroforestales y proporcionar más oportunidades de educación para los propietarios de tierras (Sollen-Norrin et al., 2020). En países de ingresos bajos y medios, se han invertido recursos significativos en políticas y programas de agroforestería para promover su adopción, aunque se necesita más investigación para evaluar su efectividad (Castle et al., 2021).

8.11. RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS

Estrategias para restaurar la funcionalidad ecológica del suelo

La agroforestería se ha identificado como un sistema viable para mitigar y recuperar áreas degradadas. Las técnicas agroforestales han demostrado mejorar la calidad del suelo y ser un camino seguro hacia la producción agrícola sostenible (Marques et al., 2022). Estas prácticas pueden enriquecer el carbono orgánico del suelo, mejorar la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad del suelo, y mejorar la dinámica microbiana del suelo, lo que influye positivamente en la salud del suelo (Dollinger & Jose, 2018). Además, los sistemas agroforestales pueden contribuir significativamente a la captura de carbono en el suelo a nivel global (Shi et al., 2018).

8.12. PÉRDIDA DE MILES DE PECES

8.12.1. Conceptos básicos de biodiversidad y extinción

La biodiversidad se refiere a la variedad de vida en la Tierra, incluyendo la diversidad de especies, genes y ecosistemas. No solo implica la cantidad de especies, sino también la diversidad funcional, filogenética y de interacciones dentro de los ecosistemas (Ceron et al., 2023; Turnhout & Purvis, 2020).

Figura 86

La biodiversidad y su relación con el equilibrio planetario



Nota. La imagen ilustra la interconexión entre la biodiversidad y el planeta Tierra, representando la importancia de los ecosistemas saludables para el equilibrio ambiental global. La protección de las especies y los hábitats naturales es esencial para garantizar la sostenibilidad de los recursos y la calidad de vida en el planeta. Utilizada con fines educativos para fomentar la conciencia sobre la conservación de la biodiversidad y su papel en el mantenimiento del equilibrio ecológico.

8.12.2. Características de la Pérdida de Especies

La pérdida de especies es un componente crítico de la pérdida de biodiversidad. Esta pérdida puede ser directa, como la extinción de especies, o indirecta, afectando la diversidad funcional y de interacciones en los ecosistemas (Ceron et al., 2023; Sandor et al., 2022). La pérdida de hábitat es una de las principales causas de extinción, ya que reduce las áreas de distribución de las especies y aumenta el riesgo de extinciones locales y regionales (Gonçalves-Souza et al., 2020; Mayani-Parás et al., 2020).

Extinción y Deuda de Extinción

La extinción no siempre es inmediata tras la pérdida de hábitat; a menudo hay un "deuda de extinción", donde las especies desaparecen gradualmente después de que su hábitat ha sido fragmentado o degradado (Halley & Pimm, 2023). Este fenómeno puede llevar a una pérdida de especies que inicialmente pasa desapercibida (Halley & Pimm, 2023).

- **Impacto de la Pérdida de Hábitat**

La destrucción de hábitats naturales es un factor clave en la crisis de biodiversidad actual. La expansión agrícola y el cambio de uso del suelo son amenazas significativas que podrían aumentar la extinción de especies en el futuro (Gonçalves-Souza et al., 2020; Hochkirch et al., 2023). Además, la pérdida de hábitat puede interrumpir las interacciones bióticas, dejando a algunas especies "huérfanas" y aumentando el riesgo de extinciones secundarias (Sandor et al., 2022).

- **Amenazas Globales y Conservación**

Las amenazas a la biodiversidad son globales y requieren esfuerzos de conservación bien dirigidos. La pérdida de hábitat, la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático son factores que contribuyen al riesgo de extinción (Hochkirch et al., 2023; Hirt et al., 2021). La conservación efectiva debe considerar no solo la protección de especies individuales, sino también la preservación de la diversidad funcional y de interacciones dentro de los ecosistemas (Ceron et al., 2023; Turnhout & Purvis, 2020).

8.12.3. Teorías de extinción

Cambio Climático y Extinción

El cambio climático es un factor crítico que influye en la extinción de especies. Se ha observado que las extinciones ocurren más frecuentemente en lugares donde hay un aumento significativo en las temperaturas máximas anuales, en lugar de cambios en la temperatura media anual. Esto sugiere que las especies que no pueden adaptarse a estas temperaturas extremas están en mayor riesgo de extinción. Además, se ha identificado que los cambios en los nichos ecológicos son más importantes que la dispersión para evitar la extinción (Román-Palacios & Wiens, 2020).

Competencia y Nichos Ecológicos

La competencia por recursos dentro de un nicho ecológico es otro factor que puede llevar a la extinción de especies. Las teorías basadas en nichos ecológicos sugieren que la competencia y las perturbaciones ambientales pueden desencadenar extinciones de diferentes severidades. Se han identificado tres escenarios de extinción: catastróficas, asimétricas y con probabilidades exponencialmente pequeñas, dependiendo de las propiedades del ruido ambiental y los límites de los nichos (Sudakov et al., 2020).

Deuda de Extinción

La pérdida de hábitat, ya sea por fragmentación o erosión lenta, puede llevar a una "deuda de extinción", donde las extinciones ocurren mucho después de la pérdida inicial de hábitat. Este fenómeno se caracteriza por una pérdida inicial rápida de especies, seguida de una pérdida más lenta a lo largo del tiempo (Halley & Pimm, 2023).

Destrucción y Degradación del Hábitat

La destrucción y degradación del hábitat son dos formas de cambio global que afectan a las especies de manera diferente. La destrucción del hábitat puede tener umbrales claros más allá de los cuales el impacto negativo supera al de la degradación. La degradación, por otro lado, causa un declive más rápido en las poblaciones cuando la reducción del hábitat es baja, siendo particularmente perjudicial para las especies raras (Walker & Gilbert, 2022).

Presión Humana y Extinción

La presión humana, como la pérdida de hábitat y el cambio climático, aumenta el riesgo de extinción al crear un desajuste entre los requerimientos de espacio de las especies y la disponibilidad real de hábitat. Esto es especialmente crítico para los grandes carnívoros, que requieren grandes áreas para sobrevivir (Hirt et al., 2021).

Tasa de extinción y su relación con el crecimiento poblacional

La tasa de extinción de especies está intrínsecamente relacionada con el crecimiento poblacional, y esta relación se ve influenciada por diversos factores ambientales y biológicos. A continuación, se exploran algunos de estos factores y su impacto en la extinción de especies.

Variabilidad Ambiental y Supervivencia

Los cambios ambientales actuales pueden aumentar la variabilidad temporal de los rasgos de historia de vida de las especies, afectando su tasa de crecimiento poblacional a largo plazo y el riesgo de extinción. La relación entre las varianzas ambientales y las tasas de supervivencia anual de las especies puede servir como guía para analizar el crecimiento poblacional y el riesgo de extinción, especialmente cuando faltan datos sobre varianzas ambientales (Pärt et al., 2024).

Vórtice de Extinción

El "vórtice de extinción" describe un proceso en el que factores abióticos y bióticos se refuerzan mutuamente, llevando a poblaciones pequeñas a una espiral descendente

catastrófica hacia la extinción. Las especies de menor tamaño corporal son particularmente propensas a este fenómeno, experimentando mayores tasas de declive poblacional y variabilidad en la tasa de crecimiento poblacional en comparación con especies de mayor tamaño (Williams et al., 2021).

Ruido Ambiental y Memoria Fenotípica

Las fluctuaciones ambientales aleatorias representan amenazas significativas para las poblaciones silvestres. La autocorrelación ambiental tiene una gran influencia en la dinámica poblacional y las tasas de extinción. Se ha demostrado experimentalmente que una menor autocorrelación ambiental está asociada con un menor crecimiento poblacional y un mayor número de extinciones (Rescan et al., 2020).

Rescate Evolutivo

El "rescate evolutivo" es un fenómeno donde las poblaciones amenazadas por un cambio ambiental abrupto pueden sobrevivir si poseen o generan combinaciones genéticas adaptadas a las nuevas condiciones. Sin embargo, el riesgo de extinción puede ser mayor en tamaños poblacionales intermedios, especialmente cuando el genotipo de supervivencia tiene un efecto deletéreo antes del cambio ambiental (Tanaka & Wahl, 2022).

Contaminación y Crecimiento Poblacional

La contaminación química es un factor que contribuye al declive de poblaciones de reptiles, aunque los vínculos directos son raramente reportados. Modelos poblacionales han mostrado que reducciones en los parámetros de supervivencia y reproducción debido a contaminantes pueden llevar a un declive en la tasa de crecimiento poblacional y aumentar el riesgo de extinción (Weir & Salice, 2020).

8.12.4. Determinantes de la pérdida de biodiversidad: Factores determinantes de la pérdida de biodiversidad

- **Pérdida de hábitat y fragmentación:** La pérdida de hábitat es uno de los principales factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad. La fragmentación de hábitats lleva a la "decadencia del ecosistema", donde los procesos ecológicos cambian en

hábitats más pequeños y aislados, resultando en una pérdida de especies mayor a la esperada solo por la pérdida de hábitat (Chase et al., 2020).

- **Cambio climático:** El cambio climático interactúa con la pérdida de hábitat para exacerbar la pérdida de biodiversidad. Las condiciones climáticas actuales y los cambios históricos en el clima son factores determinantes de los efectos negativos de la pérdida de hábitat sobre la densidad y diversidad de especies (Mantyka-Pringle et al., 2012).
- **Uso del suelo:** La conversión de tierras para agricultura, pastoreo y explotación forestal es un impulsor significativo de la pérdida de biodiversidad a nivel global. Este uso del suelo afecta a diversas especies, especialmente en países tropicales con baja producción de madera y una gran presencia de especies vulnerables (Chaudhary et al., 2016)
- **Especies invasoras y cambios en los regímenes de perturbación:** En regiones como Australia, la introducción de especies invasoras, junto con cambios en los regímenes de fuego y flujos de agua, ha acelerado la pérdida de biodiversidad (Legge et al., 2023).
- **Estructura trófica y tamaño corporal:** La pérdida de especies no es aleatoria; las especies grandes, que suelen ser consumidores importantes, son más vulnerables a la extinción. Esto puede desencadenar cascadas tróficas y afectar la funcionalidad de los ecosistemas (Brose et al., 2017; Duffy, 2003).

Consecuencias de la pérdida de especies

La pérdida de especies tiene efectos comparables a otros cambios ambientales globales, como el aumento de CO₂ y la contaminación por nutrientes, afectando procesos clave como la productividad y la descomposición en los ecosistemas (Hooper et al., 2012). Además, la pérdida de grandes consumidores puede alterar significativamente la estructura trófica y el funcionamiento del ecosistema (Duffy, 2003).

Figura 87

Toma de muestras de agua en un área afectada



Nota. La imagen muestra a un técnico realizando la toma de muestras de agua en un entorno natural posiblemente afectado por contaminación. Estas actividades son fundamentales para evaluar la calidad del agua, determinar el nivel de contaminación y diseñar estrategias para su mitigación. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia del monitoreo ambiental y la implementación de medidas para proteger los recursos hídricos.

8.13. HISTORIA DE LA PÉRDIDA DE ESPECIES EN PERÚ

8.13.1. Etapas de la historia natural en Perú

La historia natural de Perú, en el contexto de la pérdida de especies, se puede entender a través de varias etapas clave que han influido en la biodiversidad del país.

Etapas Clave de la Historia Natural en Perú Mioceno y Plioceno (23-2.5 millones de años atrás):

Durante estos períodos, la región conocida como la Provincia Peruana experimentó episodios repetidos de extinción que afectaron a varios gremios ecológicos, como los productores primarios y los herbívoros. Algunos grupos, como las algas marinas y las estrellas de mar depredadoras, son relativamente nuevos en la región (Vermeij et al., 2024).

Transición Pleistoceno/Holoceno

Esta transición marcó cambios significativos en el uso humano del paisaje, con la extinción de especies faunísticas y florísticas del Pleistoceno y su reemplazo por faunas modernas. Las adaptaciones humanas se vieron afectadas por estos cambios, especialmente en las tierras altas andinas (Aldenderfer, 1999).

Impacto Humano Precolombino

En las selvas de tierra firme del noreste de Perú, no se encontraron evidencias de alteraciones significativas por parte de sociedades precolombinas, lo que sugiere que estas poblaciones coexistieron con grandes extensiones de bosque relativamente no modificadas (Piperno et al., 2021).

Era Moderna y Conflictos de Uso de Suelo

En la actualidad, la biodiversidad en los Andes peruanos enfrenta conflictos con las industrias extractivas, lo que amenaza a las especies endémicas debido a la superposición de concesiones mineras y áreas protegidas (Bax et al., 2019).

Degradación y Fragmentación de Bosques

La Amazonía peruana ha experimentado disturbios forestales que afectan la biomasa y la biodiversidad. La recuperación de la biomasa es más rápida que la de la riqueza de especies, lo que indica un impacto duradero en la diversidad (Suarez et al., 2023).

8.13.2. Colonización y su impacto en la fauna

Cambios en la Biota Marina de la Provincia Peruana

La historia de la biota marina en la Provincia Peruana, que se extiende desde el sur de Perú hasta el sur de Chile, ha sido profundamente influenciada por eventos de extinción y colonización. Durante el Mioceno y el Plioceno, varias guildas ecológicas, como los productores primarios y los depredadores, experimentaron cambios significativos. La colonización desde el norte y la alta productividad de la región han dado forma a la composición actual de la biota, destacando la llegada de nuevos grupos como las algas y las estrellas de mar depredadoras intermareales (Vermeij et al., 2024).

Transformaciones del Plantationocene en la Costa Peruana

La colonización también trajo consigo la introducción de monocultivos coloniales, como el trigo y el algodón, que se entrelazaron con los sistemas agroalimentarios de grupos subalternos en la costa peruana. Estos monocultivos coloniales transformaron el paisaje y afectaron la biodiversidad local, al tiempo que los grupos subalternos, como los indígenas y los esclavizados, mantenían prácticas agrícolas diversas y resilientes (Zimmerer et al., 2023).

Revalorización de la Flora y Fauna en Cusco

En Cusco, la pérdida de especies endémicas se ha visto exacerbada por la deforestación y la introducción de especies no nativas. Un proyecto arquitectónico reciente propone un Centro de Interpretación para la revalorización de la flora y fauna local, utilizando estrategias de diseño bioclimático y urbano para preservar las especies endémicas y crear microclimas que favorezcan la biodiversidad (Esenarro et al., 2023).

8.14. REVOLUCIÓN AGRÍCOLA E INDUSTRIAL Y SU INFLUENCIA EN LA BIODIVERSIDAD

La revolución agrícola e industrial ha tenido un impacto significativo en la biodiversidad, especialmente en regiones como Perú. Aunque no se centra exclusivamente en Perú, se pueden observar tendencias generales que afectan la biodiversidad en el contexto de la historia de la pérdida de especies.

Impactos de la Revolución Agrícola e Industrial en la Biodiversidad

Deforestación y Pérdida de Hábitats: La expansión agrícola, especialmente en la Amazonía peruana, ha llevado a una significativa deforestación y fragmentación de hábitats. Esto se ha visto exacerbado por la construcción de infraestructuras como la Carretera Interoceánica, que ha facilitado el acceso a áreas previamente remotas, promoviendo la agricultura y la minería (Sánchez-Cuervo et al., 2020; Alarcón-Aguirre et al., 2023).

Reducción de la Agrobiodiversidad: En regiones como Ucayali, la expansión de cultivos comerciales ha reducido la diversidad agrícola y ha cambiado el acceso a alimentos, disminuyendo la variedad de dietas y aumentando la dependencia del mercado (Blundo-Canto et al., 2020). Esto refleja una tendencia hacia sistemas de producción más especializados y menos diversos.

Impacto de la Agricultura Industrial: La agricultura industrial, caracterizada por el uso intensivo de pesticidas y fertilizantes, ha sido identificada como un factor clave en la disminución de la biodiversidad. Aunque se argumenta que su alta productividad podría limitar la expansión agrícola, su impacto negativo en la biodiversidad es significativo (Wright, 2021).

Conservación y Manejo Sostenible: Se han propuesto enfoques como la agricultura

climáticamente inteligente y la conservación de la agrobiodiversidad para mitigar estos impactos. Estos enfoques buscan integrar prácticas sostenibles que promuevan la biodiversidad dentro de los paisajes agrícolas (Estrada-Carmona et al., 2022; Aguilar-Luis et al., 2024).

8.14.1. Explosión de la deforestación y la pérdida de especies en el siglo XX

La deforestación y la pérdida de especies en el siglo XX en Perú, especialmente en la Amazonía, han sido impulsadas por varios factores, incluyendo la expansión de infraestructuras, la minería, la agricultura y el crecimiento poblacional. Estos factores han contribuido significativamente a la degradación ambiental y a la pérdida de biodiversidad.

Factores de Deforestación

- **Infraestructura y Crecimiento Poblacional:** La pavimentación de la Carretera Interoceánica en 2010 en la región de Madre de Dios ha acelerado la deforestación debido al aumento de la población y la expansión urbana, afectando negativamente los esfuerzos de conservación (Sánchez-Cuervo et al., 2020).
- **Agricultura y Minería:** La expansión agrícola y la minería de oro son los principales impulsores de la deforestación en la Amazonía peruana. Estas actividades han fragmentado los hábitats y reducido las áreas forestales (Sánchez-Cuervo et al., 2020; Hänggli et al., 2023; Jancsó, 2020).
- **Explotación de Recursos Naturales:** Desde el siglo XIX, la explotación de recursos como el caucho, la madera y el petróleo ha llevado a la extinción de grupos étnicos y a la reducción significativa de áreas forestales (Jancsó, 2020).

Impactos en la Biodiversidad

- **Pérdida de Especies:** La deforestación ha tenido un efecto negativo en la riqueza de especies y en la biomasa forestal, afectando la capacidad de recuperación de los bosques y la composición de especies (Suarez et al., 2023).
- **Conflictos Sociales y Ambientales:** La extracción de recursos ha generado conflictos entre las comunidades locales y el gobierno, exacerbando la resistencia social y la protesta contrala deforestación (Jancsó, 2020).

Estrategias de Mitigación

- **Conservación y Restauración:** Se han propuesto estrategias de restauración

mediante plantaciones forestales y la implementación de políticas de conservación más efectivas para mitigar la deforestación y proteger la biodiversidad (Briceño et al., 2020; Ugarte et al., 2021).

- **Modelos Predictivos:** Se han desarrollado modelos predictivos para identificar áreas de alto riesgo de deforestación, lo que podría ayudar a mejorar las estrategias de conservación (Rojaset al., 2021).

8.14.2. Caza furtiva y tráfico de especies

La caza furtiva y el tráfico de especies son factores significativos que contribuyen a la pérdida de biodiversidad a nivel mundial. Estos fenómenos afectan a diversas especies y ecosistemas, exacerbando el riesgo de extinción y alterando el equilibrio ecológico.

Factores Contribuyentes

- **Presión de Caza y Comercio:** La caza furtiva y el comercio ilegal son impulsados por la demanda de carne, pieles, medicinas tradicionales y mascotas exóticas. Esto ha llevado a la disminución de poblaciones de primates, cactus en el desierto de Atacama, y pangolines, entre otros (Villalobo-Lopez et al., 2024; Becerra et al., 2022; Garber et al., 2024; Tinsman et al., 2023).
- **Corrupción y Redes Criminales:** La corrupción facilita el tráfico ilegal de vida silvestre, permitiendo que redes criminales operen con impunidad. Esto es evidente en el comercio de primates y pangolines, donde la corrupción juega un papel crucial en el tráfico transnacional (Geldenhuys, 2020; Tinsman et al., 2023).
- **Motivaciones Económicas y Culturales:** En regiones como el Lejano Oriente ruso, la caza furtiva de tigres de Amur está motivada por factores económicos y culturales, incluyendo la demanda de partes de tigre para la medicina tradicional (Skidmore, 2022). En el Cerrado brasileño, la caza furtiva está vinculada a condiciones de vida precarias y hábitos culturales (Paolino et al., 2024).

Impactos en la Biodiversidad

- **Riesgo de Extinción:** La caza furtiva incrementa el riesgo de extinción de especies al reducir sus poblaciones y diversidad genética. Esto es crítico para especies como los primates y el pangolín, que ya enfrentan amenazas significativas (Garber et al., 2024; Tinsman et al., 2023).

- **Conflictos Humanos y Fauna:** La interacción humana con la fauna, como la caza de cerdos salvajes en el Cerrado, puede llevar a conflictos y a la caza furtiva de otras especies (Paolino et al., 2024).
- **Pérdida de Hábitat y Salud del Ecosistema:** La caza furtiva y el tráfico contribuyen a la degradación del hábitat y afectan la salud del ecosistema, lo que puede tener efectos en cadena sobre otras especies y la biodiversidad en general (Villalobo-Lopez et al., 2024; Becerra et al., 2022; Ferrari et al., 2023).

Medidas de Conservación

- **Acciones de Conservación:** Las acciones de conservación, como el control de especies invasoras y la gestión sostenible, han demostrado ser efectivas en mejorar o al menos ralentizar el declive de la biodiversidad en la mayoría de los casos (Langhammer et al., 2024).
- **Indicadores de Efectividad:** Se han propuesto indicadores para medir la efectividad de las áreas protegidas, combinando productos derivados de datos remotos y observaciones de campo para mejorar la captura de datos a nivel nacional (Geldmann et al., 2020).
- **Estrategias de Datos:** Se ha desarrollado una estrategia de ocho puntos para cerrar las brechas de datos en grupos de biodiversidad poco estudiados, lo cual es crucial para mejorar las políticas de conservación (Hochkirch et al., 2020).

8.14.3. Planes de conservación en Perú

En Perú, los planes de conservación se centran en diversas estrategias y medidas para proteger la biodiversidad y los recursos naturales. A continuación, se presentan algunas de las proyecciones y medidas de conservación destacadas en el país:

Creación y Expansión de Áreas Protegidas

Desde los años 2000, ha habido un crecimiento significativo en las áreas protegidas privadas y comunales (PCPAs), aunque enfrentan desafíos como requisitos legales y económicos crecientes, y falta de apoyo estatal (Shanee et al., 2020). Se han propuesto sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, como en la región de Huancavelica, utilizando herramientas digitales para identificar áreas de conservación y amenazas (Varga et al., 2021).

Estrategias Nacionales de Biodiversidad

Las Estrategias Nacionales de Biodiversidad y Planes de Acción (NBSAPs) en Perú han sido criticadas por centrarse en narrativas capitalistas y no conectar adecuadamente con políticas sectoriales relevantes, lo que limita su efectividad (Zinngrebe, 2023)

Conservación Basada en Incentivos

Programas como el Programa Bosques han intentado evitar la deforestación mediante incentivos, aunque enfrentan altos costos de implementación y administración (Giudice & Börner, 2021).

Iniciativas de Pago por Servicios Ambientales (PES) y REDD+ han sido implementadas, pero con adopción limitada de prácticas recomendadas, lo que afecta su impacto ambiental y social (Montoya-Zumaeta et al., 2021).

Impactos del Cambio Climático

Se proyecta que el cambio climático afectará significativamente los bosques montanos en los Andes peruanos, lo que requiere la incorporación de consideraciones climáticas en los planes de conservación (Bax et al., 2021).

Desafíos en la Formulación de Políticas Públicas

La conservación de recursos naturales no es una prioridad en las administraciones municipales, y enfrenta restricciones financieras y falta de coordinación entre gobiernos (Bravo et al., 2024).

8.14.4. Estrategias de reforestación y restauración ecológica

Las estrategias de reforestación y restauración ecológica son esenciales para mitigar el cambio climático, conservar la biodiversidad y mejorar los servicios ecosistémicos. A continuación, se presentan algunas estrategias clave basadas en la investigación recientes.

Estrategias de Restauración

- **Restauración de Bosques Nativos:** Los bosques nativos son más efectivos que las plantaciones en la provisión de servicios ecosistémicos críticos como el almacenamiento de carbono, la provisión de agua y el control de la erosión del suelo, además de ofrecer mayores beneficios para la biodiversidad (Hua et al., 2022).
- **Regeneración Natural Asistida (ANR):** Esta estrategia se basa en la regeneración natural para acelerar la sucesión ecológica en ecosistemas degradados, siendo una

opción costo- efectiva en comparación con la plantación activa de árboles (Oluwajuwon et al., 2024).

- **Reglas de Oro para la Reforestación:** Se destacan diez reglas para optimizar la reforestación, incluyendo la protección de bosques existentes, la selección de especies adecuadas y el uso de regeneración natural siempre que sea posible (Di Sacco et al., 2020).
- **Reforestación a Gran Escala con Especies Nativas:** En regiones como el Amazonas, la reforestación con especies nativas puede ayudar a cumplir compromisos de restauración y mejorar los servicios ecosistémicos, aunque enfrenta desafíos como la disponibilidad de semillas y la competencia con la agricultura (Nunes et al., 2020).
- **Restauración de Paisajes Forestales (FLR):** Este enfoque busca recuperar la biodiversidad y las funciones del ecosistema, utilizando estrategias como la agroforestería y la regeneración natural (Da Silva et al., 2023).
- **Restauración de Precisión:** Se enfoca en el éxito a nivel de planta individual para crear ecosistemas forestales funcionales y autorreguladores, utilizando tecnologías avanzadas para maximizar la efectividad (Castro et al., 2021).
- **Uso de Especies Raras y Nativas:** Incorporar especies raras y nativas en la reforestación puede aumentar la diversidad funcional y la resiliencia del ecosistema (Jensen et al., 2021).
- **Conservación del Agua:** En áreas áridas y semiáridas, la reforestación debe adaptarse a las características del terreno para mejorar la conservación del agua (Pan et al., 2023).

CAPÍTULO IX
EL MONOCULTIVO Y LA ELIMINACIÓN DE VARIEDADES
SILVESTRES

9.1. EXPLICACIÓN BÁSICA DEL MONOCULTIVO

El término "monocultivo" se refiere a la práctica agrícola de cultivar una sola especie de planta en una gran área de tierra. Esta práctica es común en la agricultura moderna debido a su capacidad para maximizar la eficiencia y la producción de cultivos específicos. Sin embargo, la definición de monocultivo puede variar, y a menudo se asocia con la especialización en un cultivo predominante en una región, lo que implica la presencia prevalente de un solo tipo de cultivo en muchas granjas de un área determinada (Franco et al., 2022).

El monocultivo permite a los agricultores especializarse en un solo tipo de cultivo, lo que puede llevar a una mayor eficiencia en la producción y manejo de ese cultivo específico. Esta práctica ha sido fundamental en la producción de alimentos a gran escala, especialmente en el caso de cereales como el trigo, la cebada y el arroz, que históricamente se han cultivado en monocultivos debido a su resistencia a enfermedades y plagas (Lenné & Wood, 2022a).

A pesar de sus beneficios, el monocultivo presenta varias desventajas significativas. Una de las principales preocupaciones es la pérdida de biodiversidad, ya que la práctica de cultivar una sola especie reduce la variedad genética en el campo, lo que puede aumentar la vulnerabilidad a enfermedades y plagas (Bourke et al., 2021a). Además, el monocultivo puede llevar a la degradación del suelo y a una mayor dependencia de insumos no renovables, como fertilizantes y pesticidas (Bourke et al., 2021b).

Para mitigar los efectos negativos del monocultivo, se han propuesto prácticas alternativas como el policultivo y el intercalado de cultivos. Estas prácticas promueven la diversidad en el campo y pueden mejorar la resiliencia del sistema agrícola al reducir la dependencia de un solo tipo de cultivo (Bourke et al., 2021c).

9.1.1. Ventajas iniciales del monocultivo en productividad.

El monocultivo, definido como el cultivo de una sola especie en un área agrícola, puede ofrecer ventajas iniciales en términos de productividad. Estas ventajas se deben principalmente a la especialización y optimización de recursos para maximizar el rendimiento de una especie específica.

Maximización del Rendimiento: El monocultivo permite la selección y el mejoramiento

de cultivos para maximizar el rendimiento en plantaciones de una sola especie. Esto ha llevado a la creación de genotipos altamente productivos que son adaptados específicamente para crecer en monocultivos, lo que puede resultar en altos rendimientos iniciales (Lenné & Wood, 2022b).

Eficiencia en el Uso de Recursos: Al centrarse en una sola especie, los agricultores pueden optimizar el uso de insumos como fertilizantes y agua, lo que puede aumentar la eficiencia y la productividad en las etapas iniciales del cultivo (Lenné & Wood, 2022c).

Figura 88

Rotación de cultivos para la sostenibilidad agrícola



Nota. La imagen ilustra el concepto de rotación de cultivos, una práctica agrícola sostenible que consiste en alternar diferentes cultivos en el mismo terreno para mantener la fertilidad del suelo y reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Este enfoque promueve la salud del ecosistema agrícola y contribuye a la producción alimentaria sostenible. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia de las prácticas agrícolas responsables en la preservación del medio ambiente y la seguridad alimentaria.

Facilidad de Manejo: La uniformidad de los monocultivos simplifica las prácticas agrícolas, como la siembra, el riego y la cosecha, lo que puede reducir costos y aumentar la eficiencia operativa (Lenné & Wood, 2022d).

Especialización Genética: La especialización en monocultivos ha llevado al desarrollo de cultivares que son altamente eficientes en condiciones específicas, pero que pueden no ser adecuados para sistemas de cultivo más diversos como el intercalado (Bourke et al., 2021d).

Riesgos a Largo Plazo: Aunque el monocultivo puede ser altamente productivo

inicialmente, a menudo enfrenta problemas de sostenibilidad a largo plazo, como la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad, que pueden afectar negativamente la productividad con el tiempo (Dietrich et al., 2020).

9.2. APARICIÓN DEL MONOCULTIVO EN LA AGRICULTURA MODERNA DURANTE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

El monocultivo, una práctica agrícola que implica el cultivo de una sola especie de planta en un área extensa, se consolidó durante la Revolución Industrial. Este fenómeno tiene raíces históricas profundas y ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo.

Orígenes Antiguos: El monocultivo tiene sus orígenes en las prácticas agrícolas antiguas, donde los agricultores imitaban las condiciones naturales que favorecían el crecimiento de cultivos monodominantes, como el trigo, la cebada y el arroz. Estas prácticas se basaban en la gestión de disturbios naturales como incendios o inundaciones para mantener los monocultivos (Lenné & Wood, 2022e).

- **Revolución Industrial:** Durante la Revolución Industrial, el monocultivo se expandió significativamente debido a la necesidad de aumentar la producción agrícola para satisfacer la creciente demanda de alimentos de una población en rápido crecimiento. Este período vio la integración de avances científicos y tecnológicos en la agricultura, lo que permitió la producción a gran escala de cultivos específicos (Chu & Xu, 2023).
- **Impacto de la Industrialización:** La industrialización de la agricultura resultó en la dedicación de vastas extensiones de tierra al cultivo de un número limitado de especies, lo que llevó a una pérdida significativa de biodiversidad. Sin embargo, algunas especies, como ciertas abejas especializadas, lograron adaptarse a estos entornos agrícolas modificados (Zayed, 2023).
- **Desarrollo de Variedades Resilientes:** A lo largo del tiempo, la mejora genética y el desarrollo de variedades de cultivos más resistentes a enfermedades y plagas han sido fundamentales para el éxito del monocultivo en la agricultura moderna (Lenné & Wood, 2022f).

9.3. IMPACTO DE LA REVOLUCIÓN VERDE EN EL FOMENTO DEL MONOCULTIVO

La Revolución Verde tuvo un impacto significativo en el fomento del monocultivo, especialmente desde una perspectiva histórica. Este movimiento, iniciado en la segunda mitad del siglo XX, introdujo tecnologías agrícolas modernas y variedades de cultivos de alto rendimiento (HYVs), lo que llevó a un aumento en la producción agrícola, pero también a la promoción del monocultivo.

- **Introducción de Cultivos de Alto Rendimiento:** La Revolución Verde promovió el uso de semillas de alto rendimiento, como el trigo y el arroz, que resultaron en un aumento significativo de la producción agrícola. En regiones como Punjab, India, esto llevó a un patrón de monocultivo, donde el trigo y el arroz dominaron la producción agrícola, reduciendo la diversidad de cultivos y afectando negativamente la salud del suelo debido a la pérdida de nutrientes (Singh, 2022).
- **Impacto Socioeconómico y Ambiental:** La crítica de Vandana Shiva destaca que la Revolución Verde no solo promovió el monocultivo, sino que también desplazó el conocimiento local y fomentó la capitalización de la industria agrícola. Esto resultó en una dependencia de tecnologías y conocimientos occidentales, debilitando las prácticas agrícolas sostenibles locales (Wijarnarko & Krisnadi, 2024).
- **Alternativas Sostenibles:** Aunque la Revolución Verde ha sido criticada por sus impactos negativos, se han propuesto alternativas como la cocultura de arroz y peces, que busca integrar la producción agrícola y acuícola para mejorar la sostenibilidad y diversificar la producción alimentaria (Ahmed & Turchini, 2021).

9.4. RELACIÓN ENTRE MONOCULTIVO Y LA DISMINUCIÓN DE VARIEDADES SILVESTRES

El monocultivo está estrechamente relacionado con la disminución de la biodiversidad genética, lo que contribuye a la pérdida de variedades silvestres. Este fenómeno tiene implicaciones significativas para la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas agrícolas.

- **Reducción de Diversidad Genética:** El monocultivo intensifica la producción agrícola, pero a menudo a costa de la diversidad genética. Esto se debe a la

dependencia de un número reducido de cultivos y variedades, lo que aumenta la vulnerabilidad a plagas, enfermedades y cambios climáticos (McCouch et al., 2020).

- **Erosión Genética de Cultivos:** La erosión genética, o pérdida de diversidad de cultivos, es una preocupación creciente. Aunque se han observado pérdidas significativas, también hay esfuerzos para mantener e incrementar la diversidad en ciertos contextos (Khoury et al., 2021a).
- **Efectos a Largo Plazo:** Estudios a largo plazo han demostrado que los monocultivos, como el maíz, pueden tener efectos duraderos en la diversidad de especies vegetales, reduciendo la riqueza de especies en comparación con sistemas de rotación de cultivos (Fuchs et al., 2021a).
- **Reservas Legales y Diversificación:** La conservación de áreas naturales y la diversificación de cultivos pueden mitigar la pérdida de biodiversidad. Las reservas legales ayudan a mantener la diversidad beta, crucial para la conservación de servicios ecosistémicos (Volff et al., 2024).
- **Agroecología y Diversificación Agrícola:** La agroecología promueve la diversificación de cultivos como una estrategia para integrar la biodiversidad en los agroecosistemas. Esto incluye el uso de cultivos mixtos, rotaciones y sistemas agroforestales (Lenné, 2023a).

9.5. EJEMPLOS CONCRETOS: PÉRDIDA DE VARIEDADES LOCALES DE ARROZ, MAÍZ, TRIGO, ETC

La pérdida de biodiversidad genética en cultivos como el arroz, maíz y trigo es un problema creciente, vinculado al monocultivo y la eliminación de variedades silvestres. Este fenómeno, conocido como erosión genética de cultivos, tiene implicaciones significativas para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola.

La erosión genética se refiere a la pérdida de diversidad en los cultivos, lo cual afecta la productividad y la capacidad de adaptación de la agricultura. Aunque se ha observado una disminución en la diversidad de cultivos tradicionales y sus parientes silvestres, también se han registrado esfuerzos para mantener e incluso aumentar esta diversidad en ciertos contextos (Khoury et al., 2021b). La pérdida de diversidad genética es preocupante, ya que limita la capacidad de los cultivos para adaptarse a cambios ambientales y resistir

enfermedades (Khoury et al., 2021c).

El monocultivo, la práctica de cultivar una sola variedad de cultivo en grandes extensiones, ha sido identificado como un factor clave en la pérdida de biodiversidad. Esta práctica reduce la diversidad genética dentro de los campos, lo que puede llevar a una menor estabilidad y resistencia a estreses bióticos y abióticos (Fuchs et al., 2021b). En estudios a largo plazo, se ha demostrado que los monocultivos de maíz, por ejemplo, tienen efectos duraderos en la biodiversidad vegetal, en comparación con sistemas de rotación de cultivos (Fuchs et al., 2021c).

Las variedades tradicionales de cultivos, como el arroz, son valoradas por su adaptación a condiciones locales y su resistencia a estreses endémicos. Métodos como el Sistema de Intensificación del Arroz (SRI) pueden mejorar el rendimiento de estas variedades mientras contribuyen a la conservación de la biodiversidad del arroz (Dwiningsih, 2023). Además, la diversidad genética dentro de las variedades de trigo desarrolladas a través de la mejora participativa ha demostrado ser beneficiosa para la estabilidad del rendimiento y la adaptación a diferentes entornos (Van Frank et al., 2020).

Para mitigar la pérdida de diversidad genética, se han propuesto varias estrategias, incluyendo la mejora de variedades con características funcionales, la promoción de sistemas de cultivo mixto y la conservación de parientes silvestres de cultivos (Lenné, 2023b). La conservación de los parientes silvestres es crucial, ya que proporcionan servicios ecosistémicos vitales y son esenciales para la seguridad alimentaria y la agricultura sostenible (Gliessman, 2021).

9.6. EROSIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y AUMENTO DEL USO DE FERTILIZANTES

La erosión de la fertilidad del suelo y el aumento del uso de fertilizantes tienen impactos significativos tanto ecológicos como sociales. La degradación del suelo, exacerbada por la erosión y la pérdida de materia orgánica, lleva a un uso intensivo de fertilizantes para compensar la pérdida de fertilidad, lo que genera costos adicionales y efectos ambientales negativos (Jang et al., 2020a).

- **Erosión del Suelo:** La erosión del suelo es un problema extendido que reduce el contenido de humus y nutrientes, afectando la estructura del suelo y su capacidad para

resistir la erosión (Alori et al., 2020a). La erosión también puede aumentar con el tamaño de las granjas, lo que lleva a pérdidas de nutrientes en las cuencas agrícolas (Li et al., 2020).

- **Biodiversidad del Suelo:** La reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados puede disminuir la diversidad microbiana del suelo, afectando negativamente la estructura y la fertilidad del suelo (Zhao et al., 2024).
- **Contaminación y Toxicidad:** El uso excesivo de fertilizantes químicos contribuye a la contaminación del suelo y el agua, y puede aumentar la toxicidad del suelo (Stupar et al., 2024).
- **Costos Económicos:** La necesidad de compensar la pérdida de fertilidad del suelo con fertilizantes incrementa los costos para los agricultores, afectando su rentabilidad (Jang et al., 2020b).
- **Sostenibilidad Agrícola:** La presión para aumentar la producción de alimentos para satisfacer la demanda de una población en crecimiento puede llevar a prácticas agrícolas insostenibles que degradan aún más el suelo (Alori et al., 2020b).
- **Uso de Fertilizantes Orgánicos:** La aplicación de fertilizantes orgánicos puede mejorar la estabilidad del suelo y reducir la erosión, promoviendo una agricultura más sostenible (Liu et al., 2023).
- **Prácticas Agrícolas Sostenibles:** Implementar rotación de cultivos, cultivos intermedios y el uso de fertilizantes orgánicos puede mejorar la salud del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos (Dudkin et al., 2023).
- **Deforestación y Degradación Ambiental:** Las inversiones agrícolas a gran escala han contribuido a la deforestación en países como Mozambique y han alterado la gestión de tierras agrícolas en Kenia, afectando negativamente el acceso a recursos naturales esenciales como la tierra y el agua (Zaehringer et al., 2021).
- **Cambio Climático:** El cambio climático ha reducido la productividad de cultivos y la diversidad agroforestal, afectando la seguridad alimentaria y los ingresos de los agricultores indígenas, como se observa en la comunidad Sauria Paharia en India (Ghosh-Jerath et al., 2021).
- **Monocultivos:** En Chile, la expansión de plantaciones forestales de monocultivo ha llevado a la degradación del suelo y la vegetación nativa, afectando negativamente a

los pequeños agricultores (Infante, 2023).

- **Seguridad Alimentaria y Salud:** Los cambios climáticos y ecológicos han afectado la seguridad alimentaria y la salud de los pequeños agricultores, exponiéndolos a enfermedades y condiciones laborales insatisfactorias (Talukder et al., 2021).
- **Conocimiento Tradicional:** El conocimiento ecológico tradicional juega un papel crucial en la resiliencia de las comunidades indígenas, proporcionando seguridad alimentaria y oportunidades económicas durante tiempos difíciles (Salim et al., 2023).
- **Desplazamiento y Pérdida Cultural:** La reubicación forzada de comunidades indígenas debido a proyectos de desarrollo y explotación de tierras ha resultado en la pérdida de biodiversidad y recursos, además de impactos negativos en su bienestar social y cultural (Kumar, 2024).

Vulnerabilidad del monocultivo a plagas específicas

El monocultivo, la práctica de cultivar una sola especie de planta en un área extensa, es altamente vulnerable a plagas específicas debido a la falta de diversidad biológica que podría ayudar a controlar las poblaciones de plagas de manera natural. Los monocultivos tienden a concentrar recursos que pueden ser explotados por plagas especializadas, lo que puede aumentar la densidad de estas plagas en comparación con sistemas más diversos (Kennedy & Huseth, 2022). Debido a su vulnerabilidad, los monocultivos dependen en gran medida de pesticidas para controlar plagas, lo que puede llevar a la resistencia de las plagas y a la contaminación ambiental (Aman, comunicación personal, 2020).

La falta de diversidad en los monocultivos no proporciona hábitats adecuados para los enemigos naturales de las plagas, lo que reduce el control biológico de las mismas (Van Der Werf & Bianchi, 2022).

- **Diversificación de Cultivos:** La diversificación, como el intercalado de cultivos, puede reducir la incidencia de plagas al aumentar la diversidad del ecosistema, lo que ayuda a mantener las poblaciones de plagas bajo control (Mir et al., 2022).
- **Agroforestería y Buenas Prácticas Culturales:** Sistemas como la agroforestería, cuando se manejan adecuadamente, no necesariamente aumentan la incidencia de plagas y pueden mejorar la productividad (Armengot et al., 2020).
- **Mejoramiento Genético y Resistencia:** El mejoramiento de cultivos para aumentar la resistencia genética a plagas es una estrategia clave para mitigar la vulnerabilidad

de los monocultivos (Lenné & Wood, 2022g).

9.7. PAPEL DE SUBSIDIOS AGRÍCOLAS Y TRATADOS INTERNACIONALES EN SU EXPANSIÓN

Las políticas públicas y el monocultivo son temas interrelacionados que afectan significativamente a los sistemas agroecológicos y al bienestar social. El monocultivo, impulsado por políticas públicas, puede tener implicaciones económicas, sociales y ambientales profundas.

Las políticas públicas han jugado un papel crucial en la promoción del monocultivo, especialmente en el sector azucarero en México. Durante el último siglo, las políticas dirigidas al sector azucarero han fomentado la existencia de agroecosistemas de caña de azúcar como monocultivo. Esto ha llevado a cambios en la gestión del tiempo, la organización del trabajo y la orientación de la producción, además de aumentar la dependencia financiera de los productores respecto a los ingenios azucareros, lo que ha erosionado el trabajo colectivo y solidario que caracterizaba a otros cultivos (Casanova-Pérez et al., 2020).

El monocultivo, ya sea en la agricultura o en otros contextos como el uso de algoritmos, puede ser susceptible a fallos correlacionados. En el ámbito de los algoritmos, el uso de un único algoritmo por múltiples entidades puede disminuir la calidad de las decisiones, incluso bajo operaciones normales, sin necesidad de choques inesperados. Esto refleja un riesgo similar al de los sistemas agrícolas monoculturales, que son vulnerables a daños severos por choques inesperados (Kleinberg & Raghavan, 2021).

La diversificación de los sistemas de plantación, como la introducción de bosques plantados mixtos, puede mejorar significativamente el almacenamiento de carbono en comparación con los monocultivos. Los bosques mixtos jóvenes almacenan un 70% más de carbono que el promedio de los monocultivos y un 77% más que los monocultivos comerciales. Estos hallazgos sugieren que la diversificación podría ser una solución prometedora para aumentar la captura de carbono en los bosques plantados, aunque se necesita más investigación para superar los desafíos operativos y los costos asociados con la diversificación (Warner et al., 2023).

Los incentivos económicos para el cultivo intensivo de un solo producto, o monocultivo,

presentan desafíos y oportunidades desde el ámbito de las políticas públicas. A continuación, se presentan los principales hallazgos sobre este tema:

- **Rentabilidad vs. Sostenibilidad:** Los monocultivos, como el de arroz en China y el de cacao en sistemas agroforestales, tienden a ser más rentables a corto plazo en comparación con sistemas diversificados. Sin embargo, estos sistemas intensivos suelen generar mayores impactos ambientales negativos, como la contaminación por fuentes no puntuales y la pérdida de biodiversidad (Su et al., 2020a).
- **Diversificación como Alternativa:** La diversificación de cultivos, como la integración de sistemas agroforestales o la diversificación en cultivos resistentes a la sequía, puede mejorarla sostenibilidad y la resiliencia económica a largo plazo. Aunque la producción de un solo cultivo puede ser más alta en monocultivos, los sistemas diversificados ofrecen rendimientos totales más altos y beneficios adicionales como la mitigación del cambio climático y la conservación de la biodiversidad (De Boni et al., 2022a).
- **Incentivos para la Diversificación:** Las políticas públicas pueden fomentar la diversificación agrícola mediante incentivos económicos, como primas de precio o ajustes en las bases de costos, para promover sistemas de producción menos intensivos y más sostenibles (Johnson, 2021).
- **Planificación del Uso del Suelo:** La planificación del uso del suelo que equilibre la rentabilidad económica con la sostenibilidad ecológica es crucial. Esto puede incluir la identificación de composiciones de paisaje que mitiguen los compromisos entre biodiversidad y beneficios económicos (Grass et al., 2020).

Limitaciones del monocultivo para adaptarse a condiciones cambiantes

El monocultivo presenta limitaciones significativas para adaptarse a condiciones cambiantes, especialmente en el contexto de la resiliencia frente al cambio climático. A continuación, se detallan las principales limitaciones y alternativas basadas en la investigación.

- **Vulnerabilidad a Condiciones Climáticas Extremas:** Los monocultivos son más susceptibles a pérdidas de rendimiento bajo condiciones climáticas adversas, como sequías y temperaturas extremas. La falta de diversidad limita la capacidad de las plantas para adaptarse o resistir estos cambios (Marini et al., 2020).

- **Impacto en la Salud del Suelo:** Los monocultivos pueden agotar los nutrientes del suelo y reducir su calidad a largo plazo, lo que afecta la productividad y la sostenibilidad del sistema agrícola (Niether et al., 2020a).
- **Rotación de Cultivos:** La diversificación de cultivos mediante rotaciones puede mitigar las pérdidas de rendimiento causadas por condiciones climáticas adversas. Las rotaciones con especies diversas y funcionalmente ricas pueden compensar las pérdidas de rendimiento en condiciones climáticas extremas (Costa et al., 2024).
- **Sistemas Agroforestales:** La integración de árboles y cultivos en sistemas agroforestales puede mejorar la resiliencia al cambio climático al aumentar la biodiversidad, mejorar la salud del suelo y almacenar más carbono, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático (Gonçalves et al., 2021).
- **Mejora de la Resiliencia:** Los sistemas diversificados, como la agroforestería, no solo mejoran la resiliencia frente a condiciones climáticas extremas, sino que también ofrecen beneficios económicos y de seguridad alimentaria al diversificar las fuentes de ingresos (Bogale et al., 2023).

9.8. COMPARACIÓN CON SISTEMAS AGRÍCOLAS DIVERSIFICADOS

La resiliencia de los sistemas agrícolas diversificados frente al cambio climático es un temade creciente interés, ya que estos sistemas pueden ofrecer una mayor capacidad de adaptación y mitigación ante las variaciones climáticas extremas.

- **Aumento de la Resiliencia:** Los sistemas agrícolas diversificados, como los policultivos, la agroforestería y los sistemas mixtos de cultivos y ganado, han demostrado ser más resilientes a los desastres climáticos debido a su mayor biodiversidad y manejo sostenible de suelos y agua (Altieri et al., 2015).
- **Reducción de Vulnerabilidades:** La diversificación de cultivos puede ayudar a suprimir brotes de plagas y reducir la transmisión de patógenos, lo que es crucial bajo escenarios climáticos futuros (Lin, 2011a). Además, estos sistemas pueden actuar como una red de seguridad económica al incluir tanto cultivos alimentarios como de valor comercial (Van Zonneveld et al., 2020a).
- **Conservación de Recursos Naturales:** La gestión agroecológica, que incluye la conservación del agua y el manejo orgánico del suelo, es fundamental para mejorar

la resiliencia de los agroecosistemas (Altieri & Nicholls, 2013).

- **Adopción de Prácticas Diversificadas:** Aunque la diversificación ofrece claros beneficios, su adopción ha sido lenta debido a incentivos económicos que favorecen monocultivos y la percepción de que estos son más productivos (Lin, 2011b).
- **Integración de Conocimientos Tradicionales y Modernos:** La combinación de conocimientos tradicionales con avances científicos modernos puede fortalecer la resiliencia de los ecosistemas agrícolas (Sarma et al., 2024).
- **Redes de Innovación Agrícola:** Estas redes pueden facilitar la diversificación al conectar a los agricultores con organizaciones y empresas que apoyan la implementación de sistemas de producción diversificados (Van Zonneveld et al., 2020b).

9.9. SURGIMIENTO DE LA AGROECOLOGÍA Y MOVIMIENTOS POR LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

El surgimiento de la agroecología y los movimientos por la soberanía alimentaria se ha desarrollado como una respuesta crítica al monocultivo y al régimen alimentario corporativo. Estos movimientos buscan transformar los sistemas alimentarios hacia modelos más sostenibles y justos.

Impacto Ambiental y Social: El monocultivo, impulsado por el régimen alimentario corporativo, ha sido criticado por su impacto negativo en el medio ambiente y las comunidades rurales. Este modelo intensivo en recursos es visto como destructivo para el medio ambiente y las economías locales (Mann, comunicación personal, 2018).

Concentración de Poder: La lógica industrial del monocultivo concentra el poder en manos de grandes corporaciones, lo que dificulta la transición hacia sistemas agroecológicos y soberanos (Gliessman et al., 2019).

La Vía Campesina: Este movimiento rural transnacional ha sido fundamental en la promoción de la soberanía alimentaria, abogando por sistemas alimentarios democráticos y sostenibles que prioricen la agroecología (Rosset & Martínez-Torres, 2014).

Diálogo de Saberes: La interacción entre diferentes culturas rurales ha permitido la creación de marcos de acción colectiva, como la soberanía alimentaria, y la difusión de la agroecología entre las familias campesinas (Engelhardt, 2016).

Enfoque Integral: La agroecología combina ciencia moderna con conocimientos indígenas para crear sistemas agrícolas diversificados, resilientes y sostenibles (Altieri et al., 2011).

Empoderamiento Comunitario: Promueve la participación comunitaria y el empoderamiento, revitalizando pequeñas explotaciones agrícolas y conservando la biodiversidad (Altieri & Toledo, 2011).

Resistencia Política: Más allá de una técnica agrícola, la agroecología es parte de un movimiento político que busca transformar los sistemas alimentarios y resistir al modelo corporativo (Gliessman, 2023).

Figura 89

Cosecha agrícola en un sistema de policultivo



Nota. La imagen muestra a agricultores recolectando productos en un sistema de policultivo, donde diferentes cultivos, como maíz y papas, se siembran en el mismo terreno. Este método promueve la biodiversidad agrícola, mejora la calidad del suelo y reduce la dependencia de agroquímicos. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de las prácticas agrícolas sostenibles y su impacto positivo en las comunidades rurales y el medio ambiente.

Propuestas de diversificación de cultivos y sus resultados.

La diversificación de cultivos se presenta como una alternativa viable y necesaria frente a los sistemas de monocultivo, que han sido criticados por sus impactos negativos en el medio ambiente y la biodiversidad.

- **Interculturado y Rotación de Cultivos:** Estas estrategias han demostrado ser efectivas para aumentar la producción y mejorar la biodiversidad del suelo. La

rotación de cultivos y el interculturado no solo incrementan el rendimiento de los cultivos, sino que también mejoran la calidad del suelo y la biodiversidad asociada (Beillouin et al., 2019).

- **Agroforestería:** La integración de árboles en sistemas agrícolas, conocida como agroforestería, ha mostrado mejoras significativas en la biodiversidad y la calidad del suelo, especialmente en términos de carbono orgánico del suelo (Beillouin et al., 2021a).
- **Sistemas de Cultivo Mixto:** La inclusión de cultivos mixtos, como el uso de leguminosas junto con otros cultivos, ha demostrado mejorar la función del ecosistema y la seguridad alimentaria, especialmente en regiones como África (Snapp et al., 2010).

9.10. MODELOS PREDICTIVOS SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL MONOCULTIVO EN EL SIGLO XXI

El monocultivo ha sido tradicionalmente considerado eficiente desde un punto de vista económico, pero presenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad ecológica. Un estudio en la Bahía de Sanggou, China, comparó modelos de cultivo de monocultivo de algas y vieiras con un sistema de acuicultura integrada multi-trófica (IMTA). Los resultados mostraron que el IMTA tenía el índice de sostenibilidad ambiental más alto y el mejor rendimiento económico, sugiriendo que es un modelo más sostenible para la maricultura (Shiet al., 2013).

La transición hacia sistemas agrícolas sostenibles es crucial para enfrentar las crisis ecológicas actuales. Un enfoque teórico sugiere que los sistemas agroecológicos, como el conuco, que aumentan la biodiversidad y la autorregulación, pueden ser más sostenibles que los monocultivos. Este estudio utiliza modelos basados en ecuaciones de Lotka-Volterra para simular transiciones de monocultivos a sistemas agroecológicos, destacando la importancia de aumentar la conectividad y reducir la centralidad en las redes ecológicas para promover la sostenibilidad (Griffon et al., 2021).

Los sistemas agroforestales de cacao han demostrado ser más sostenibles que los monocultivos en varios aspectos. Aunque los rendimientos de cacao son menores en sistemas agroforestales, el rendimiento total del sistema es significativamente mayor, lo que

contribuye a la seguridad alimentaria y a ingresos diversificados. Además, estos sistemas almacenan más carbono y ayudan a mitigar el cambio climático, mostrando un potencial significativo para la sostenibilidad (Niether et al., 2020b).

Los modelos de consumo-recurso pueden predecir la dominancia de especies en cultivos mixtos de dinoflagelados, lo que es relevante para entender la sostenibilidad de los monocultivos en sistemas acuáticos. Estos modelos han demostrado ser efectivos para predecir la dinámica de la comunidad durante la fase de crecimiento, aunque presentan limitaciones más allá de este punto (De Rijcke et al., 2020).

En la gestión forestal, el monocultivo es visto como económicamente eficiente pero no sostenible debido a la reducción de la biodiversidad. Un enfoque alternativo sugiere la rotación de tipos de bosque, lo que podría lograr objetivos de gestión específicos y mejorar la sostenibilidad a largo plazo (Feldman et al., 2005).

Un análisis de emergencia en China evaluó la sostenibilidad de diferentes tipos de producción agrícola, incluyendo el monocultivo de arroz y sistemas integrados como el arroz-pep. Los sistemas integrados mostraron ser más sostenibles, con menores impactos ambientales y mayores beneficios económicos en comparación con los monocultivos (Su et al., 2020b).

9.11. LA SOBRE EVAPORACIÓN, LA EROSIÓN Y LA DESNITRIFICACIÓN DEL SUELO

La evaporación, la erosión y la desnitrificación del suelo son procesos interconectados que reflejan tanto la dinámica natural de los ecosistemas como el impacto de las actividades humanas. La evaporación, impulsada por el calor solar, transforma el agua del suelo en vapor, dejando atrás sales y compuestos disueltos que, en exceso, pueden salinizar el suelo y comprometer su fertilidad. Simultáneamente, la erosión se desprende y transporta partículas de suelo debido a la acción del viento, el agua o actividades humanas, eliminando nutrientes esenciales y aumentando la sedimentación en cuerpos de agua cercanos.

Por su parte, la desnitrificación, un proceso microbiológico que convierte nitratos en gases como el óxido nitroso y el nitrógeno molecular, se intensifica bajo ciertas condiciones, como el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados. Este fenómeno no solo agota el nitrógeno disponible para las plantas, sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Juntos, estos procesos subrayan la vulnerabilidad del suelo ante la

explotación excesiva y los cambios ambientales, amenazando su capacidad para sostener la vida y garantizar la seguridad alimentaria global. Lal, R. (2004).

A nivel global, la erosión del suelo afecta gravemente la productividad agrícola y la sostenibilidad de los ecosistemas. En Europa, cada año se pierden aproximadamente mil millones de toneladas de suelo debido a la erosión, afectando el 24% de las tierras cultivables. Estas tasas de pérdida superan la capacidad natural de formación del suelo, comprometiendo la capacidad de las tierras para regenerarse. A nivel mundial, el 33% de los suelos están degradados por la erosión, la salinización y otros procesos, lo que pone en peligro la seguridad alimentaria para millones de personas. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., et al. (2009).

En cuanto a la desnitrificación, el uso intensivo de fertilizantes químicos en la agricultura ha incrementado las emisiones de óxido nitroso, un gas de efecto invernadero que contribuye en un 6% al calentamiento global. Este gas tiene un potencial de calentamiento 298 veces mayor que el dióxido de carbono y su concentración ha aumentado en un 20% desde la era preindustrial. Los cultivos altamente dependientes de fertilizantes, como el maíz y el trigo, agravan este fenómeno, particularmente en regiones con malas prácticas de manejo agrícola. Schipper, L., Robertson, W., Gold, A., et al. (2010).

La evaporación excesiva, intensificada por el cambio climático y las prácticas de riego ineficientes, afecta al 20% de las tierras de cultivo irrigadas, provocando salinización del suelo y pérdida de productividad. En áreas áridas, este problema es particularmente agudo, agravando las desigualdades en la producción agrícola y el acceso a alimentos. Para mitigar estos impactos, es esencial implementar soluciones como la agricultura de conservación, técnicas de riego por goteo y sistemas de monitoreo del suelo que reduzcan las pérdidas de agua y minimicen el uso de fertilizantes químicos. Estas estrategias son fundamentales para garantizar la sostenibilidad del suelo y enfrentar los desafíos de un planeta en transformación. Gonzales, G., Zevallos, A., & Núñez, D. (2014).

Impacto industrial en la evaporación

En zonas áridas de Perú, las prácticas de riego intensivo y la evaporación excesiva están agravando la escasez de agua y afectando la producción agrícola. La actividad industrial contribuye significativamente a la evaporación de agua a través de emisiones de calor y el uso de sistemas de enfriamiento. Plantas térmicas y fábricas que utilizan torres de

refrigeración liberan grandes volúmenes de vapor de agua a la atmósfera, incrementando la humedad local y alterando microclimas. Estas emisiones pueden modificar patrones climáticos regionales, exacerbando fenómenos como la formación de niebla o tormentas inesperadas. Además, industrias como la producción de textiles o productos químicos utilizan procesos que generan temperaturas elevadas, promoviendo la evaporación directa desde fuentes de agua cercanas.

Figura 90

Emisiones de gases de efecto invernadero desde plantas industriales



Nota. a imagen muestra chimeneas industriales emitiendo gases a la atmósfera, contribuyendo al efecto invernadero y al cambio climático global. Este tipo de emisiones tiene un impacto significativo en la calidad del aire y en la salud pública, además de acelerar el calentamiento global. Utilizada con fines educativos para promover la reflexión sobre la necesidad de transitar hacia fuentes de energía más limpias y regulaciones ambientales más estrictas para mitigar los impactos del cambio climático.

Este aumento en la evaporación no siempre se traduce en precipitaciones beneficiosas, ya que puede ocasionar un desequilibrio en el ciclo hidrológico. Asimismo, estas prácticas agravan problemas de escasez hídrica, especialmente en áreas donde el agua es un recurso limitado. Para mitigar estos efectos, es crucial adoptar tecnologías de enfriamiento más eficientes, como sistemas cerrados que reduzcan las pérdidas de agua, y promover el monitoreo continuo del impacto ambiental. La gestión adecuada de recursos hídricos y la implementación de regulaciones estrictas sobre emisiones industriales son pasos necesarios para minimizar este impacto. Lal, R. (2004).

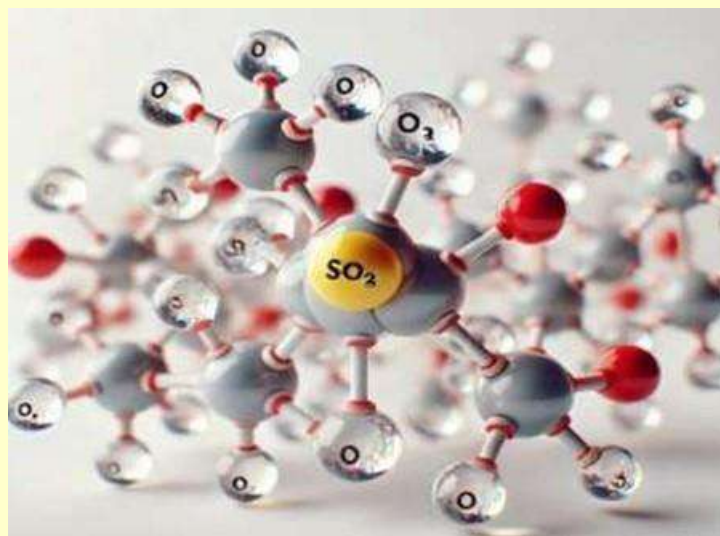
La actividad industrial genera un impacto significativo en la evaporación de agua, una fase

clave del ciclo hidrológico que regula la humedad y el clima global. En el contexto físico-químico, la evaporación implica la transición de las moléculas de agua desde el estado líquido al gaseoso, un proceso endotérmico que requiere la absorción de calor latente. Las instalaciones industriales, especialmente las plantas térmicas, aportan calor al ambiente a través de torres de refrigeración y procesos de generación de energía. Esto aumenta la energía cinética de las moléculas de agua, acelerando su escape a la atmósfera. Además, la termodinámica del proceso se ve influenciada por el aumento de la temperatura local, que disminuye la presión de vapor relativa y favorece la evaporación. Kenny, J. F., & McMahon, P. B. (2004).

El vapor emitido altera las propiedades físicas del aire, incrementando la capacidad de almacenamiento de humedad y modificando la dinámica atmosférica local. Según el principio de conservación de la energía, el calor transferido al agua durante su evaporación permanece en la atmósfera en forma de energía potencial, contribuyendo a fenómenos como el calentamiento local y cambios en la presión atmosférica. Este desequilibrio energético puede amplificar fenómenos climáticos, como la formación de tormentas convectivas.

Figura 91

Representación molecular del dióxido de azufre (SO_2)



Nota. La imagen muestra un modelo molecular del dióxido de azufre (SO_2), un gas contaminante producido principalmente por actividades industriales y la quema de combustibles fósiles. El SO_2 es un precursor de la lluvia ácida y puede causar efectos negativos en la salud humana y en los ecosistemas. Utilizada con fines educativos para

comprender la estructura química de los contaminantes atmosféricos y sus impactos ambientales.

Químicamente, las partículas emitidas por la industria, como óxidos de azufre (SO_x) y nitrógeno (NO_x), actúan como núcleos de condensación, favoreciendo la formación de microgotas en condiciones de alta evaporación. Este fenómeno altera la composición química del vapor de agua, afectando la calidad del agua en las precipitaciones subsecuentes. En términos de mitigación, es necesario incorporar sistemas cerrados de enfriamiento y aplicar tecnologías como la condensación forzada para reducir la pérdida de agua al ambiente, al tiempo que se disminuye el impacto térmico en los microclimas locales. D’Odorico, P., & Bhattachan, A. (2013).

Además de los efectos directos de las emisiones de calor y vapor de agua por parte de las industrias en la evaporación y los microclimas locales, los casos específicos de Perú destacan cómo estas actividades se entrelazan con factores sociales, políticos y económicos. En la región de Cajamarca, las industrias extractivas han intensificado la competencia por los recursos hídricos, exacerbando conflictos sociales y afectando la sostenibilidad ambiental. Los discursos de los diferentes actores —comunidades, Estado y empresas— reflejan tensiones sobre el uso del agua, lo que evidencia la necesidad de mejorar las regulaciones ambientales y fomentar el diálogo inclusivo para mitigar impactos negativos (Díaz, 2020).

Asimismo, las inversiones mineras han tenido efectos mixtos en las regiones afectadas. Mientras que generan beneficios económicos y reducen índices de pobreza, también conllevan costos ambientales significativos, como alteraciones en los ciclos hidrológicos y la evaporación. Los resultados positivos dependen en gran medida del cumplimiento estricto de las leyes ambientales y de la implementación de sistemas de gestión adecuados para prevenir impactos irreversibles en los ecosistemas (Rubio & Pilar, 2014).

El modelo de contratación de consultoras ambientales también ha sido señalado como un factor clave que afecta la credibilidad de los estudios de impacto ambiental, generando desconfianza en la población. Esto subraya la importancia de un monitoreo independiente para garantizar que los proyectos industriales no solo sean económicamente viables, sino también sostenibles desde el punto de vista ambiental y social (Silva & Andreé, 2018).

En términos más amplios, las regiones con mayor desarrollo industrial han mostrado un

aumento en la complejidad de los problemas asociados al agua. Esto incluye la sobreexplotación de acuíferos y la alteración de patrones de evaporación y escorrentía, lo que subraya la urgencia de adoptar una planificación hídrica integrada y regulaciones estrictas en los sectores más intensivos en el uso de agua (Yujra Capquequi & Blanco Espezúa, 2019).

Finalmente, las investigaciones en Perú también resaltan la importancia de la producción científica y tecnológica para abordar estos desafíos. La colaboración entre instituciones académicas y sectores industriales podría facilitar la innovación en tecnologías de enfriamiento y sistemas de gestión hídrica más eficientes, ayudando a equilibrar el desarrollo industrial con la sostenibilidad ambiental (Turpo-Gebera et al., 2021).

La industrialización ha alterado significativamente los procesos naturales del ciclo hidrológico, con la evaporación como uno de los fenómenos más afectados. Este impacto, lejos de ser un problema localizado, representa un desafío ambiental de escala global con implicaciones severas para los ecosistemas y las comunidades humanas.

Los estanques de evaporación, ampliamente utilizados como solución para gestionar aguas residuales industriales, demuestran cómo las actividades industriales intensifican los riesgos ambientales. Estos sistemas acumulan y concentran contaminantes, como metales pesados, pesticidas y compuestos orgánicos volátiles, aumentando la toxicidad del agua y el suelo circundantes. Además, su exposición al medio ambiente genera emisiones de gases de efecto invernadero y amenaza directamente a la biodiversidad, especialmente a las aves migratorias y otras especies que interactúan con estas aguas contaminadas (Abdeljalil et al., 2022); (Amoatey et al., 2021).

La evaporación también actúa como un mecanismo de dispersión de contaminantes industriales, contribuyendo a la contaminación atmosférica y al cambio climático. Estudios han demostrado que esta contaminación no se limita a efectos locales, sino que contribuye a las emisiones globales de gases de efecto invernadero, exacerbando problemas como el calentamiento global y los cambios en los patrones climáticos (Roderick & Farquhar, 2002). A pesar de los intentos de integrar tecnologías más sostenibles, como los sistemas de reciclaje de aguas residuales, muchas industrias siguen adoptando enfoques que intensifican los problemas ambientales. Por ejemplo, en regiones áridas, el uso de la evaporación como herramienta para el manejo de desechos ha mostrado limitaciones críticas, acumulando

contaminación en lugar de eliminarla de manera segura (Duarte & Neto, 1996).

El cambio climático amplifica aún más este problema, aumentando la incertidumbre en los procesos de consumo y evaporación de agua industrial. Los efectos de temperaturas crecientes y patrones climáticos erráticos incrementan la volatilidad de los recursos hídricos, complicando su gestión y elevando los riesgos para las comunidades dependientes de estos sistemas (Liu et al., 2023).

La evaporación y la contaminación del aire son fenómenos interrelacionados que tienen implicaciones críticas para la salud humana, especialmente en un contexto global donde los efectos de la industrialización y el cambio climático exacerban estas problemáticas. Estudios recientes ofrecen una visión clara de cómo estos procesos afectan la calidad del aire y, en consecuencia, la salud respiratoria de las poblaciones expuestas.

Un aspecto fundamental es cómo los contaminantes transportados por el aire afectan las vías respiratorias. Las partículas en suspensión (PM), los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y el ozono, liberados durante procesos industriales y exacerbados por la evaporación de compuestos químicos, agravan enfermedades respiratorias como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Estos contaminantes penetran profundamente en las vías respiratorias, desencadenando inflamación y disfunción pulmonar, como lo destacan Lee et al. (2021), quienes concluyen que los mecanismos detrás de estas afecciones requieren mayor investigación para establecer medidas de mitigación efectivas.

Asimismo, la evaporación contribuye indirectamente al aumento de la acidez y salinidad de los aerosoles atmosféricos, afectando la viabilidad de los patógenos en el aire y facilitando la transmisión de enfermedades infecciosas. Según Vejerano y Marr (2018), los cambios en la composición química de las gotas respiratorias debido a la evaporación pueden modificar la dinámica de la propagación de enfermedades, especialmente en ambientes con baja humedad relativa.

Por otro lado, los efectos crónicos de la contaminación del aire van más allá de las enfermedades respiratorias. Manisalidis et al. (2020) identifican una correlación entre la exposición a contaminantes como PM y ozono y un incremento en la incidencia de enfermedades cardiovasculares y cáncer. Esta evidencia resalta cómo la contaminación del aire no solo disminuye la calidad de vida, sino que también aumenta significativamente las

tasas de mortalidad global.

Además, la relación entre la contaminación del aire y los efectos climáticos amplifica el problema. Guan et al. (2016) señalan que las emisiones provenientes de fuentes industriales y urbanas en países como China no solo deterioran la salud respiratoria, sino que también contribuyen al calentamiento global, creando un círculo vicioso donde los efectos del cambio climático retroalimentan los riesgos para la salud humana.

Finalmente, los estanques de evaporación utilizados como soluciones de tratamiento de aguas residuales industriales representan un riesgo significativo. Amoatey et al. (2021) destacan que estas estructuras liberan gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos que no solo afectan a las poblaciones humanas cercanas, sino que también ponen en peligro a la biodiversidad, exacerbando la crisis ambiental global.

El caso peruano ofrece una perspectiva crucial para entender cómo la evaporación y la contaminación del aire afectan la salud humana en contextos locales, particularmente en países en desarrollo donde la presión industrial, urbana y climática se interceptan. Los estudios realizados en Perú destacan cómo estas dinámicas tienen efectos diferenciados según las regiones y las poblaciones vulnerables.

Un aspecto relevante es el impacto de la contaminación del aire en zonas urbanas, como Lima. Romero et al. (2020) cuantificaron las emisiones de contaminantes derivados del transporte terrestre, identificando un vínculo claro entre estas emisiones y problemas de salud respiratoria. La concentración de partículas PM_{2.5} y gases como el dióxido de nitrógeno (NO₂) genera un riesgo significativo para niños, ancianos y personas con afecciones preexistentes, exacerbando las tasas de enfermedades respiratorias.

En las zonas rurales, la contaminación del aire también representa un desafío crítico debido al uso extendido de combustibles sólidos como biomasa. Hartinger et al. (2016) evaluaron intervenciones en hogares rurales de Perú, demostrando que, aunque tecnologías como las estufas mejoradas tienen el potencial de reducir las infecciones respiratorias, los beneficios no fueron completamente efectivos debido a limitaciones en la implementación y la adopción a largo plazo.

Además, los efectos climáticos en la evaporación y su interacción con la contaminación del aire han sido señalados como factores críticos. Gonzales et al. (2014) destacaron cómo los cambios climáticos, junto con la contaminación ambiental, intensifican la exposición a

partículas finas, afectando a más de 2,300 personas anualmente solo en Lima. Este problema se agrava en áreas rurales donde las emisiones por quema de biomasa aumentan el riesgo de infecciones respiratorias en niños menores de 5 años.

En un contexto industrial, Vicharra y Cabrera (2018) investigaron el impacto de los materiales particulados en trabajadores de fundiciones artesanales en Huarochirí, Lima. Encontraron que las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} excedían ampliamente los estándares de calidad ambiental, lo que se relacionó directamente con enfermedades respiratorias ocupacionales. Este estudio subraya la necesidad urgente de regulaciones más estrictas y monitoreo ambiental.

Finalmente, la falta de infraestructura adecuada para la gestión del agua y del aire en zonas urbanas y rurales exacerba estos problemas. Hartinger et al. (2016) propusieron un enfoque integrado para mitigar los riesgos, combinando soluciones como la promoción de higiene, acceso a agua potable y tecnologías de combustión limpia, aunque su efectividad requiere mayor apoyo gubernamental y social.

Alteración del ciclo hidrológico

La industria afecta el ciclo hidrológico al alterar la disponibilidad, calidad y distribución del agua. Las actividades industriales pueden modificar la infiltración de agua en el suelo, intensificando las tasas de escorrentía y disminuyendo la recarga de acuíferos.

Figura 92

Descarga de aguas residuales industriales en un cuerpo de agua



Nota. La imagen muestra la liberación de aguas residuales provenientes de una instalación industrial, lo que representa una fuente significativa de contaminación hídrica. Estas descargas contienen contaminantes químicos y orgánicos que afectan la calidad del agua,

la biodiversidad acuática y las comunidades locales que dependen de estos recursos. Utilizada con fines educativos para resaltar los desafíos ambientales asociados con la gestión de aguas residuales y la necesidad de regulaciones más estrictas para proteger los ecosistemas y la salud humana.

Por ejemplo, en zonas urbanizadas con alta densidad industrial, la pavimentación extensiva impide la absorción de agua, aumentando el riesgo de inundaciones y erosionando la capacidad natural del suelo para filtrar contaminantes. Las descargas de residuos industriales, muchas veces no tratadas adecuadamente, contribuyen a la contaminación de ríos, lagos y mares, deteriorando fuentes de agua potable. Esta alteración puede tener efectos acumulativos en ecosistemas acuáticos y terrestres, afectando la biodiversidad y las comunidades humanas que dependen de estos recursos. Para revertir estos impactos, es esencial fomentar políticas de uso racional del agua en la industria, mejorar las infraestructuras de tratamiento y reutilización de aguas residuales y fortalecer las regulaciones ambientales. La transición hacia prácticas industriales más sostenibles es fundamental para proteger el ciclo hidrológico y garantizar la seguridad hídrica a largo plazo.

Las alteraciones del ciclo hidrológico por actividades industriales representan un cambio fundamental en los flujos de agua y energía dentro de los ecosistemas. Desde la perspectiva física, el ciclo hidrológico opera como un sistema termodinámico abierto, donde la energía solar impulsa procesos como la evaporación, la condensación y la precipitación. Las actividades industriales perturban este equilibrio energético al introducir fuentes de calor y modificar las superficies de infiltración.

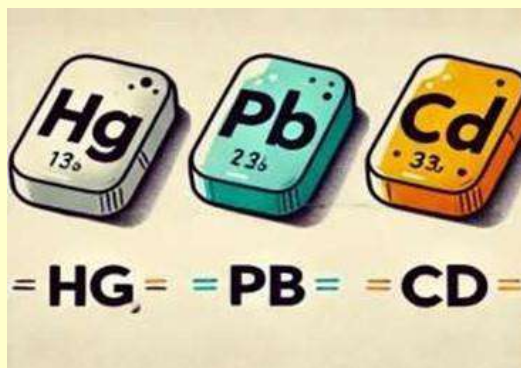
La reducción de la infiltración se explica mediante la dinámica de fluidos: las superficies impermeables creadas por la urbanización industrial aumentan las tasas de escorrentía superficial. Este fenómeno intensifica la erosión del suelo y altera el transporte de sedimentos, reduciendo la capacidad de los acuíferos para recargar naturalmente. Además, las emisiones de calor industrial incrementan la temperatura del agua en los ecosistemas acuáticos, reduciendo su densidad y afectando las corrientes térmicas, que son esenciales para la mezcla y la oxigenación del agua. [MINAM, 2024: Informe sobre erosión de suelos agrícolas en Perú]

Químicamente, la contaminación del agua por efluentes industriales introduce sustancias

como metales pesados y compuestos orgánicos volátiles (COV), que alteran las reacciones químicas naturales en los cuerpos de agua. Estos contaminantes pueden cambiar el pH, reducir la solubilidad del oxígeno y afectar la biodiversidad acuática.

Figura 93

Representación gráfica de metales pesados: mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd)



Nota. La imagen presenta una representación gráfica de los elementos mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd), conocidos como metales pesados altamente tóxicos para la salud humana y el medio ambiente. Estos metales se liberan comúnmente en actividades industriales, minería y manejo inadecuado de residuos, acumulándose en los ecosistemas y cadenas alimenticias. Utilizada con fines educativos para analizar las fuentes, impactos y estrategias de mitigación asociadas con la contaminación por metales pesados.

La implementación de sistemas de tratamiento avanzado de aguas residuales y tecnologías como la biorremediación es esencial para restaurar el equilibrio químico y físico del ciclo hidrológico.

9.12. USO DEL AGUA EN PROCESOS INDUSTRIALES

El agua es un recurso esencial en la mayoría de los procesos industriales, empleada tanto como materia prima como en sistemas de enfriamiento, limpieza y transporte de materiales. Industrias como la alimentaria, la energética y la química utilizan grandes volúmenes de agua, lo que incrementa la presión sobre fuentes hídricas locales. En regiones donde el agua escasea, este uso intensivo compite directamente con las necesidades de consumo humano y agrícola, generando conflictos sociales y económicos. Además, la liberación de aguas residuales contaminadas por productos químicos, metales pesados o desechos orgánicos pone en peligro la salud de los ecosistemas y las comunidades circundantes.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

En respuesta a estos desafíos, se han desarrollado tecnologías como la recirculación de agua y el tratamiento avanzado de efluentes, que buscan minimizar el impacto ambiental. Sin embargo, la adopción de estas soluciones no siempre es uniforme debido a los costos asociados y la falta de regulaciones estrictas. Implementar políticas que incentiven el uso eficiente del agua y promuevan la innovación tecnológica puede contribuir significativamente a reducir la huella hídrica de la industria.

El uso intensivo del agua en los procesos industriales hace que el agua actúa como un fluido con alta capacidad calorífica y conductividad térmica, ideal para la transferencia de calor en sistemas de enfriamiento y generación de energía. En los procesos de destilación y evaporación, el agua se somete a cambios de estado que implican la absorción o liberación de calor latente, regulando temperaturas críticas en operaciones industriales.

Figura 94

Planta de tratamiento de aguas residuales industriales



Nota. La imagen muestra una planta de tratamiento de aguas residuales industriales, diseñada para reducir contaminantes antes de descargar el agua tratada al medio ambiente. Estas instalaciones desempeñan un papel crucial en la mitigación del impacto ambiental de las actividades industriales, ayudando a proteger los ecosistemas acuáticos y la salud pública. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de la gestión adecuada de aguas residuales y las tecnologías avanzadas en el tratamiento del agua.

La química del agua también es fundamental en la industria. Su capacidad como solvente universal permite disolver una amplia gama de compuestos, facilitando reacciones químicas esenciales en sectores como la química fina y la farmacéutica. Sin embargo, esta propiedad también aumenta su vulnerabilidad a la contaminación. Las aguas residuales industriales

suelen contener compuestos como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), que alteran su calidad química y presentan riesgos tóxicos para los ecosistemas.

El impacto físico y químico del uso industrial del agua se amplifica en regiones con recursos limitados, donde la extracción excesiva puede provocar la intrusión salina en acuíferos costeros y alterar las dinámicas del flujo subterráneo. Para reducir estos efectos, es crucial implementar tecnologías como la desalación por ósmosis inversa, que utilizan principios de difusión molecular para generar agua potable a partir de fuentes salinas, y la recirculación de agua mediante sistemas cerrados que minimizan las pérdidas y mejoran la eficiencia. La integración de soluciones basadas en la física y la química es clave para garantizar un uso sostenible del agua en la industria.

9.13. INDUSTRIA Y EROSIÓN DEL SUELO

A nivel mundial, el 33% de los suelos están degradados por la erosión, la salinización y otros procesos, lo que pone en peligro la seguridad alimentaria para millones de personas (MINAM, 2023).

Figura 95

Suelo agrietado debido a la desertificación



Nota. La imagen muestra un suelo severamente agrietado, resultado de la desertificación causada por la degradación del suelo, la falta de agua y las actividades humanas insostenibles. Este fenómeno afecta la biodiversidad, reduce la productividad agrícola y contribuye al cambio climático. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y consecuencias de la desertificación y fomentar prácticas de manejo sostenible de la tierra

para prevenir este problema ambiental.

La erosión del suelo causada por actividades industriales, como la minería y la construcción, es un fenómeno que implica la transferencia de masas de partículas desde la superficie terrestre debido a fuerzas mecánicas generadas por el viento y el agua.

En Perú, los efectos del desarrollo industrial también se reflejan en la erosión de suelos agrícolas en la costa y sierra, donde el uso intensivo de fertilizantes y la actividad minera han exacerbado problemas de salinización y pérdida de fertilidad. Un estudio del MINAM (Ministerio del Ambiente) destaca que las áreas afectadas por erosión superan el 60% de tierras cultivables en algunas regiones, comprometiendo la seguridad alimentaria del país. En la minería, la remoción de la capa superior del suelo altera su cohesión estructural y lo exponen a procesos de arrastre. Las pendientes pronunciadas creadas en las operaciones mineras intensifican las fuerzas gravitacionales sobre las partículas sueltas, aumentando el transporte de sedimentos hacia cuerpos de agua cercanos. Este proceso incrementa la sedimentación y puede reducir la capacidad de almacenamiento de embalses y ríos.

En el caso de la construcción, el uso intensivo de maquinaria pesada compacta el suelo, disminuyendo su porosidad e impidiendo que el agua se infiltre adecuadamente. Esto aumenta las tasas de escorrentía superficial, intensificando el arrastre de partículas. La eliminación de la vegetación reduce la fuerza de fricción que normalmente estabiliza el suelo, exacerbando el fenómeno. A largo plazo, estas prácticas disminuyen la capacidad del suelo para retener nutrientes, afectando su fertilidad.

Cuando se aplican fertilizantes nitrogenados, una parte del nitrógeno no es absorbida por las plantas y se convierte en N_2O debido a procesos microbiológicos en el suelo. Además, la quema de residuos agrícolas y los procesos industriales relacionados con la fabricación de fertilizantes también contribuyen a estas emisiones. Este fenómeno no solo afecta al clima global, sino que también deteriora la calidad del suelo al alterar su equilibrio químico. Para reducir este impacto, es necesario promover prácticas agrícolas más sostenibles, como el uso de biofertilizantes y la aplicación controlada de fertilizantes mediante herramientas de precisión.

La erosión del suelo es un problema ambiental global de gran magnitud, con implicaciones críticas para la calidad del aire, el agua y los ecosistemas agrícolas. Este fenómeno, exacerbado por prácticas humanas insostenibles, afecta directamente la capacidad del suelo

para sustentar la vida, al tiempo que genera efectos secundarios perjudiciales para la salud humana y ambiental.

Uno de los impactos más graves de la erosión es la pérdida de nutrientes esenciales del suelo, lo que afecta la productividad agrícola y reduce la calidad de los alimentos. Según Costantini et al. (2018), los suelos erosionados presentan menor capacidad de retener agua y nutrientes, lo que disminuye la fertilidad y la calidad de los cultivos. Este fenómeno no solo reduce la cantidad de alimentos producidos, sino que también afecta la seguridad alimentaria en regiones vulnerables. Por ejemplo, en sistemas agroforestales en Brasil, se ha demostrado que la erosión puede ser mitigada mediante prácticas sostenibles, reduciendo significativamente la pérdida de nutrientes esenciales y sedimentos (Aguar et al., 2010).

Además, la erosión del suelo contribuye a la contaminación del agua debido a los sedimentos arrastrados por el escurrimiento superficial. Estos sedimentos suelen contener nutrientes, pesticidas y otras sustancias químicas que afectan negativamente la calidad del agua. En este contexto, Lal (1998) señala que la erosión de suelos cultivados es una de las principales fuentes de contaminación hídrica, afectando no solo la biodiversidad acuática, sino también la calidad del agua potable en comunidades aguas abajo.

Otro efecto significativo de la erosión del suelo es la liberación de partículas finas al aire, que agravan problemas de calidad del aire y salud respiratoria. Estudios realizados en olivares de montaña en España muestran que las prácticas de manejo del suelo, como la ausencia de labranza, pueden reducir drásticamente tanto la erosión como la emisión de partículas al ambiente (Martínez et al., 2006). Estas partículas, cuando son transportadas por el viento, contribuyen a enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis, especialmente en áreas rurales y semiáridas.

Finalmente, el impacto de la erosión en los servicios ecosistémicos destaca su relevancia para la sostenibilidad ambiental. Costantini et al. (2018) demostraron que, además de reducir la productividad agrícola, la erosión afecta funciones clave del suelo, como el reciclaje de materia orgánica y la capacidad de secuestro de carbono. Estas pérdidas tienen implicaciones a largo plazo para la mitigación del cambio climático y la resiliencia de los ecosistemas frente a perturbaciones ambientales.

En el contexto peruano, la erosión del suelo representa una amenaza significativa para la sostenibilidad ambiental, la productividad agrícola y la salud de las comunidades rurales y

urbanas. Este problema es especialmente crítico en las regiones montañosas, donde la alta pluviosidad, las prácticas agrícolas tradicionales y la deforestación intensifican la pérdida de suelos fértiles, afectando tanto la seguridad alimentaria como la calidad ambiental.

Uno de los impactos más preocupantes de la erosión en Perú es la pérdida de nutrientes esenciales en las zonas agrícolas. En la microcuenca de Jucusbamba, Barboza et al. (2024) demostraron que las áreas con pendientes pronunciadas y cultivos tradicionales están sujetas a altas tasas de pérdida de suelo. Esta situación afecta directamente la productividad agrícola, limitando la capacidad de las comunidades para producir alimentos de calidad y comprometiendo su seguridad alimentaria. En este sentido, Oñate-Valdivieso y González (2024) resaltaron cómo la erosión hídrica en la cuenca Catamayo-Chira afecta las prácticas de riego, reduciendo la fertilidad del suelo y exacerbando la pobreza en áreas rurales.

La erosión también tiene un impacto significativo en los recursos hídricos del país. Ticerán et al. (2016) evaluaron la sedimentación en la cuenca del río Santa, donde las partículas erosionadas transportadas por el agua contaminan los sistemas fluviales, afectando la calidad del agua para el consumo humano y los ecosistemas acuáticos. Este fenómeno no solo representa un desafío ambiental, sino que también incrementa los costos de tratamiento de agua en zonas urbanas y rurales.

Además, la erosión en Perú contribuye a la liberación de partículas finas en el aire, un factor que agrava los problemas de salud respiratoria en comunidades cercanas. Stroosnijder y Romero (1999) identificaron que, en áreas montañosas como Cajamarca, el polvo generado por la erosión eólica y fluvial aumenta la prevalencia de enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis, especialmente en niños y ancianos. Este impacto refuerza la necesidad de implementar medidas de manejo sostenible del suelo para proteger tanto la salud humana como el medio ambiente.

Las soluciones basadas en la infraestructura natural han demostrado ser eficaces para mitigar los efectos de la erosión. Vanacker et al. (2021) exploraron cómo la vegetación protectora en los Andes puede reducir significativamente la pérdida de suelo y mejorar la capacidad de las comunidades para adaptarse al cambio climático. Estos enfoques integrados no solo ayudan a preservar la calidad del suelo, sino que también contribuyen a la restauración de los servicios ecosistémicos esenciales.

9.14. INDUSTRIA Y DESNITRIFICACIÓN

La desnitrificación es un proceso biológico esencial en el ciclo del nitrógeno que permite la transformación de nitratos en compuestos gaseosos como el nitrógeno molecular o el óxido nitroso. Este proceso ocurre principalmente en condiciones anaeróbicas y es llevado a cabo por microorganismos especializados, que utilizan los nitratos como fuente de oxígeno para su metabolismo. La desnitrificación tiene un impacto significativo en los ecosistemas y es crucial en múltiples aplicaciones industriales, sobre todo en el tratamiento de aguas residuales y en la mitigación de contaminantes.

Desde una perspectiva natural, la desnitrificación forma parte del ciclo del nitrógeno, un proceso global que asegura el equilibrio de este elemento esencial para la vida. Los nitratos, que suelen acumularse en el suelo o en cuerpos de agua debido a actividades humanas como la agricultura intensiva y la descarga de efluentes industriales, son convertidos por microorganismos desnitrificantes en gases que se liberan a la atmósfera. Este fenómeno es fundamental para prevenir problemas como la eutrofización, que ocurre cuando el exceso de nitratos en el agua provoca un crecimiento excesivo de algas y una disminución drástica del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática.

El proceso de desnitrificación se lleva a cabo principalmente por bacterias facultativas, como las pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Paracoccus* y *Bacillus*. Estas bacterias tienen la capacidad de alternar entre la respiración aeróbica y anaeróbica dependiendo de las condiciones del medio. En ausencia de oxígeno, utilizan los nitratos como aceptores de electrones para generar energía, transformándolos gradualmente en productos gaseosos. Este cambio metabólico no solo permite que las bacterias sobrevivan en entornos pobres en oxígeno, sino que también contribuye al mantenimiento del equilibrio ambiental al reducir la concentración de nitratos en el medio.

La desnitrificación consta de una serie de reacciones químicas secuenciales, cada una catalizada por enzimas específicas. En la primera etapa, los nitratos son reducidos a nitritos mediante la acción de la enzima nitrato reductasa. En la segunda etapa, los nitritos son transformados en óxido nítrico gracias al nitrito reductasa. Posteriormente, el óxido nítrico se reduce a óxido nitroso por el óxido nítrico reductasa. Finalmente, el óxido nitroso se convierte en nitrógeno molecular mediante el óxido nitroso reductasa. Este último paso es crucial, ya que el nitrógeno molecular es inerte y representa la forma más estable y

abundante de nitrógeno en la atmósfera.

Varios factores ambientales influyen en la eficiencia de la desnitrificación. La ausencia de oxígeno es fundamental, ya que en condiciones aeróbicas las bacterias prefieren utilizar oxígeno como receptor de electrones en lugar de nitratos. La disponibilidad de materia orgánica como fuente de carbono también es un factor determinante, ya que proporciona la energía necesaria para que las bacterias desnitrificantes lleven al cabo el proceso. Además, el pH y la temperatura juegan un papel crucial; las condiciones óptimas suelen encontrarse en un rango de pH de 6,5 a 8,5 y temperaturas entre 20 °C y 30 °C. Finalmente, la concentración de nitratos debe ser suficiente para mantener el metabolismo desnitrificante activo, pero sin alcanzar niveles tóxicos que inhiban el crecimiento bacteriano.

Figura 96

Planta de tratamiento de aguas residuales urbanas



Nota. La imagen muestra una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, diseñada para procesar y depurar el agua proveniente de zonas residenciales e industriales antes de su reintroducción al medio ambiente. Estas instalaciones son esenciales para proteger los recursos hídricos, prevenir la contaminación y garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de las tecnologías de tratamiento de agua en el manejo sostenible de los recursos hídricos.

En la industria, la desnitrificación tiene aplicaciones clave, especialmente en el tratamiento de aguas residuales. Muchas plantas de tratamiento utilizan sistemas biológicos para eliminar los nitratos presentes en los efluentes antes de su liberación en el medio ambiente. En estos sistemas, se diseñan biorreactores anaeróbicos que optimizan las condiciones para

la desnitrificación, asegurando una remoción eficiente de los nitratos y previniendo la contaminación de ríos, lagos y acuíferos. Este proceso es especialmente importante en áreas donde la contaminación por nitratos, debido a la agricultura y la ganadería, ha alcanzado niveles críticos

Otra aplicación industrial importante de la desnitrificación es en la gestión de desechos líquidos de industrias como la química, farmacéutica y agroalimentaria. Estas industrias suelen generar efluentes ricos en compuestos nitrogenados, que si no se tratan adecuadamente pueden causar daños severos al medio ambiente. A través de la desnitrificación, estos compuestos se eliminan de manera eficiente, reduciendo el impacto ambiental de las operaciones industriales. Además, el proceso es utilizado en la producción de biogás en sistemas de digestión anaeróbica, donde la desnitrificación ayuda a equilibrar los ciclos de nitrógeno y carbono, mejorando la eficiencia del sistema.

Sin embargo, la desnitrificación no está exenta de desafíos. Un aspecto crítico es la emisión de óxido nitroso, un gas de efecto invernadero mucho más potente que el dióxido de carbono. Aunque la desnitrificación contribuye a la reducción de nitratos en el medio ambiente, su contribución al cambio climático a través de la emisión un problema que la industria debe abordar.

La desnitrificación, aunque esencial en el ciclo global del nitrógeno, plantea múltiples desafíos ambientales y de salud cuando ocurre en condiciones antropogénicamente alteradas.

Este proceso, que convierte nitratos en formas gaseosas como el óxido nitroso (N_2O), está estrechamente relacionado con la contaminación del agua, las emisiones de gases de efecto invernadero y los desequilibrios en los ecosistemas agrícolas. Los estudios globales destacan las complejidades y consecuencias negativas asociadas a la desnitrificación en diferentes contextos.

Uno de los problemas más graves asociados con la desnitrificación es la contaminación del agua subterránea con nitratos. Este fenómeno se vincula directamente con la actividad agrícola intensiva y el uso de fertilizantes, lo que resulta en la lixiviación de nitratos hacia acuíferos y cuerpos de agua. Estudios han demostrado que estas condiciones no solo reducen la calidad del agua potable, sino que también están relacionadas con enfermedades graves, como la metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul, especialmente en lactantes

(Moloantoa et al., 2023). Además, los sistemas de remediación para la desnitrificación, aunque efectivos, a menudo generan subproductos secundarios como el nitrito y el amoníaco, que pueden ser igualmente dañinos si no se manejan adecuadamente (Moloantoa et al., 2022).

La emisión de óxido nitroso es otro impacto significativo de la desnitrificación. Este gas es un potente contribuyente al calentamiento global, con un efecto sobre el clima 300 veces mayor que el dióxido de carbono (CO_2). Butterbach-Bahl y Dannenmann (2011) subrayan cómo el cambio climático exacerba este problema al aumentar la frecuencia de ciclos aeróbicos y anaeróbicos en suelos agrícolas, lo que intensifica las tasas de desnitrificación y, con ello, las emisiones de N_2O . Además, estos efectos son particularmente problemáticos en áreas agrícolas donde las prácticas tradicionales de manejo del suelo no priorizan la mitigación de emisiones.

La interacción entre pesticidas y desnitrificación también revela riesgos complejos. Según Michel et al. (2017), los pesticidas utilizados en la agricultura pueden alterar la actividad microbiana en aguas subterráneas, afectando negativamente la eficiencia de la desnitrificación y aumentando la acumulación de nitratos. Estos efectos no solo amenazan los ecosistemas acuáticos, sino que también representan un riesgo para la salud humana, ya que el agua contaminada con pesticidas y nitratos a menudo ingresa a las cadenas de suministro de agua potable.

En términos de soluciones, los biorreactores de desnitrificación han surgido como una tecnología prometedora para mitigar las concentraciones de nitratos en aguas contaminadas. Schipper et al. (2010) revisan su eficacia, destacando que estos sistemas, cuando se combinan con prácticas agrícolas sostenibles, pueden reducir significativamente las cargas de nitratos que ingresan a cuerpos de agua sensibles. Sin embargo, los biorreactores también enfrentan desafíos, como la emisión secundaria de N_2O y la necesidad de un monitoreo constante para garantizar su funcionamiento a largo plazo.

Finalmente, el impacto de la desnitrificación en los ecosistemas agrícolas resalta cómo este proceso puede alterar la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo, lo que afecta la productividad y calidad de los cultivos. Esto refuerza la necesidad de abordar la desnitrificación no solo como un problema de contaminación del agua, sino también como un desafío agrícola y ambiental integral (Lu et al., 2014).

En el contexto peruano, la desnitrificación y la contaminación asociada de las aguas subterráneas plantean retos significativos, particularmente debido a la combinación de actividades agrícolas intensivas, prácticas mineras y una infraestructura hídrica limitada. Estos factores contribuyen a la acumulación de nitratos y otros contaminantes en el agua, afectando no solo la calidad ambiental sino también la salud humana.

Uno de los principales problemas asociados con la desnitrificación en Perú es la contaminación de las fuentes de agua subterránea, especialmente en áreas rurales. Galaviz et al. (2021) señalan que el uso excesivo de fertilizantes químicos en las actividades agrícolas ha generado concentraciones preocupantes de nitratos y nitritos en los acuíferos. Este fenómeno no solo deteriora la calidad del agua potable, sino que también aumenta el riesgo de meta hemoglobinemia en lactantes y otros problemas de salud pública, particularmente en comunidades con acceso limitado a fuentes seguras de agua.

Por otro lado, los impactos de las actividades mineras también han sido destacados como una fuente importante de contaminación. Hunter y Perera (2020) investigaron el caso de la cuenca del río Moquegua, donde las operaciones mineras a gran escala han liberado cantidades significativas de nitratos y otros compuestos en los cuerpos de agua locales. Estos contaminantes no solo afectan la calidad del agua subterránea, sino que también alteran la dinámica de la desnitrificación al incrementar la carga de nitrógeno reactivo en el medio ambiente.

Asimismo, la interacción entre el cambio climático y la contaminación agrava la problemática. Gonzales et al. (2014) subrayan que las condiciones climáticas extremas, como las sequías y las lluvias intensas, exacerban la lixiviación de nitratos hacia los cuerpos de agua subterráneos, especialmente en áreas agrícolas intensivas. Este escenario refuerza la necesidad de adaptar las prácticas agrícolas y mejorar las políticas de gestión del agua para mitigar estos efectos.

En términos de soluciones, Chávez (2018) destaca la importancia de la sostenibilidad en la gestión de recursos hídricos. Propone una combinación de tecnologías de tratamiento de agua, como biorreactores y sistemas de filtración, junto con la implementación de regulaciones estrictas sobre el uso de fertilizantes y pesticidas. Además, enfatiza la necesidad de integrar estrategias de educación comunitaria para promover prácticas agrícolas más sostenibles y reducir el impacto ambiental de la desnitrificación.

Empleo de prácticas sostenibles en la industria

Las tecnologías verdes son herramientas clave para reducir el impacto ambiental de la industria

y promover un desarrollo sostenible. Estas incluyen sistemas de eficiencia energética, procesos de fabricación limpia y tecnologías de captura y almacenamiento de carbono. Innovaciones como los bioplásticos, fabricados a partir de materiales biodegradables, y la impresión 3D, que reduce el desperdicio de materiales, están transformando las prácticas industriales. Además, la digitalización y el uso de inteligencia artificial permiten optimizar recursos y minimizar la huella ecológica en múltiples sectores. Un ejemplo destacado son las "fábricas inteligentes", donde sensores avanzados monitorean el uso de energía y agua en tiempo real, permitiendo ajustes automáticos para reducir el desperdicio.

Figura 97

Hidrógeno verde como fuente de energía sostenible



Nota. La imagen muestra tanques de almacenamiento de hidrógeno verde acompañados de paneles solares y turbinas eólicas, que representan la generación de energía renovable. El hidrógeno verde, producido mediante electrólisis con fuentes renovables, es una alternativa prometedora para la descarbonización de sectores industriales y de transporte. Utilizada con fines educativos para destacar el potencial del hidrógeno verde en la transición hacia un futuro energético sostenible.

No obstante, la implementación de estas tecnologías enfrenta desafíos como los altos costos iniciales y la falta de incentivos económicos. Para superar estas barreras, es crucial fomentar la colaboración entre gobiernos, empresas y centros de investigación, así como establecer políticas que promuevan la adopción de soluciones verdes. La transición hacia una industria

sostenible requiere un compromiso conjunto para impulsar la innovación y garantizar que estas tecnologías sean accesibles y efectivas a nivel global.

La economía circular busca romper con el modelo lineal de producción y consumo basado en "tomar, hacer y desechar". Este enfoque promueve la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales para maximizar su vida útil y minimizar el impacto ambiental. En la práctica, su implementación abarca desde el rediseño de productos para facilitar su reciclaje hasta la creación de sistemas de logística inversa que recuperen materiales usados. Industrias como la automotriz han adoptado estrategias circulares, como el uso de piezas recicladas en vehículos nuevos, mientras que en el sector tecnológico se impulsan programas de recompra de dispositivos electrónicos para reducir los desechos electrónicos. Sin embargo, la transición hacia este modelo enfrenta obstáculos como la falta de infraestructuras adecuadas y la resistencia al cambio en los patrones de consumo. Para superar estos retos, es esencial desarrollar marcos regulatorios sólidos que incentiven a las empresas a adoptar prácticas circulares y fomentar la educación pública sobre sus beneficios. La economía circular no solo representa una oportunidad para reducir el impacto ambiental, sino también para generar nuevos empleos y modelos de negocio innovadores. La transición hacia el uso de energías renovables es fundamental para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria. Fuentes como la solar, eólica y geotérmica están siendo incorporadas progresivamente en sectores como la manufactura y la minería. Por ejemplo, algunas plantas industriales ahora utilizan techos solares para generar electricidad o recurren a contratos de energía eólica para cubrir sus necesidades energéticas. Además, el hidrógeno verde, producido mediante electrólisis alimentada por energía renovable, está emergiendo como una alternativa viable para industrias intensivas en energía, como la siderurgia. A pesar de estos avances, la adopción de energías renovables en la industria enfrenta desafíos como la intermitencia de algunas fuentes y los costos asociados con la modernización de infraestructuras. Superar estos obstáculos requiere inversiones en tecnologías de almacenamiento de energía y el desarrollo de políticas gubernamentales que incentiven su uso. La implementación generalizada de energías renovables no solo reduce la huella de carbono de las industrias, sino que también contribuye a la seguridad energética y la resiliencia frente al cambio climático.

9.15. CULTIVOS NATIVAS SUBUTILIZADOS

Los cultivos subutilizados son especies vegetales con un potencial agronómico, nutricional y socioeconómico significativo, pero que, por diversas razones, no han recibido la atención, investigación o promoción necesaria para su plena incorporación en los sistemas productivos modernos. Estas plantas a menudo han sido marginadas frente a un grupo limitado de cultivos globalizados, lo que ha restringido su presencia en los mercados y en la dieta diaria, a pesar de su adaptabilidad, su riqueza nutricional y su relevancia cultural en ciertas comunidades.

En un contexto de creciente preocupación por la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la búsqueda de sistemas de producción más sostenibles, el rescate y la valorización de los cultivos subutilizados cobra gran importancia, ya que pueden diversificar las fuentes de alimento y generar alternativas más resilientes ante el cambio climático y las alteraciones en los patrones de consumo. Por ello, su inclusión en estrategias agrícolas y políticas públicas de desarrollo rural ofrece una vía para fortalecer la sostenibilidad, la salud de las poblaciones y el equilibrio de los ecosistemas a nivel global y local.

Los cultivos subutilizados del Perú son un recurso invaluable que combina tradición, nutrición y sostenibilidad. Desde los tubérculos resistentes de los Andes hasta las frutas ricas en antioxidantes de la Amazonía, estos cultivos tienen el potencial de transformar la agricultura y la dieta peruanas al tiempo que contribuyen a la conservación de la biodiversidad y al desarrollo económico rural. Sin embargo, su plena integración en sistemas agrícolas y mercados modernos requiere esfuerzos coordinados que incluyan políticas públicas, investigación científica y promoción cultural.

El redescubrimiento de estos cultivos no solo fortalecerá la seguridad alimentaria y la soberanía alimentaria en el Perú, sino que también posicionará al país como un líder en la promoción de soluciones agrícolas sostenibles en un mundo cada vez más afectado por el cambio climático y la homogenización de los sistemas alimentarios.

Los cultivos subutilizados son aquellos que tienen un potencial significativo, pero que aún no se explotan completamente en términos de producción y consumo a nivel global. Estos cultivos podrían jugar un papel crucial en la mejora de la seguridad alimentaria y en la sostenibilidad agrícola. Diversos estudios han mostrado porcentajes y estadísticas clave que

respaldan su potencial. Por ejemplo, un estudio realizado por Knez et al. (2023) destaca que cultivos como el trigo sarraceno y las lentejas, aunque subutilizados, tienen un alto valor nutricional.

Se estima que el uso de estos cultivos podría reducir la dependencia de cultivos tradicionales como el maíz, que representan más del 50% de la producción mundial de cereales. Este tipo de cultivos podría mejorar la dieta de las poblaciones con acceso limitado a alimentos ricos en proteínas.

Otro informe de Mayes et al. (2012) plantea que los cultivos subutilizados podrían cubrir hasta el 20% de la demanda global de alimentos dentro de las próximas dos décadas, especialmente en regiones vulnerables a las crisis alimentarias. A pesar de su bajo consumo en áreas globales, la introducción y promoción de cultivos como el amaranto, el frijol mungo y la moringa podría ser fundamental para la seguridad alimentaria. La moringa, por ejemplo, es una planta de rápido crecimiento que se ha subestimado en gran medida, pero con un 30% de proteína en sus hojas y un 10% en sus semillas, podría sustituir cultivos que actualmente consumen más recursos y tiempo para su cultivo.

En cuanto a la mejora genética, estudios como el de Adelabu & Franke (2023) sugieren que más del 15% de los esfuerzos de mejora genética en el sector agrícola deberían centrarse en cultivos subutilizados para aumentar su rendimiento y resistencia a enfermedades. De acuerdo con la investigación de Galluzzi & Noriega (2014), la conservación de los recursos genéticos de cultivos subutilizados podría ser crucial, ya que alrededor del 25% de la biodiversidad agrícola está bajo riesgo debido a la preferencia por cultivos comerciales dominantes. Además, investigaciones como la de Mabhaudhi et al. (2016) indican que cultivos subutilizados en África podrían contribuir al 30% de la producción agrícola sostenible, sobre todo en áreas afectadas por el cambio climático y la desertificación.

9.16. DIVERSIFICACIÓN AGRÍCOLA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

La dependencia mundial de unos pocos cultivos básicos, como el trigo, el maíz y el arroz, ha reducido la diversidad agrícola, aumentando la vulnerabilidad frente a plagas, enfermedades y variabilidad climática. Mustafa et al. (2019) subrayan que la diversificación mediante el uso de cultivos subutilizados puede mitigar estos riesgos al mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas y garantizar fuentes alternativas de alimentos. Estos

cultivos, como el amaranto, el mijo y el maní Bambara, no solo resisten condiciones extremas, sino que también contribuyen a la seguridad alimentaria gracias a su riqueza nutricional.

Por ejemplo, Muhammad et al. (2020) destacan al maní Bambara como un cultivo subutilizado con capacidad para prosperar en tierras marginales y climas adversos. Sus semillas, ricas en proteínas y nutrientes, lo convierten en una herramienta clave para enfrentar la malnutrición y diversificar los sistemas alimentarios globales.

Conservación y Uso Sostenible

El valor de los cultivos subutilizados no se limita a sus beneficios nutricionales. Mal (2022) enfatiza su importancia como un componente crítico de la biodiversidad agrícola. Estos cultivos representan una alternativa sostenible frente a las prácticas agrícolas intensivas que dependen de altos insumos químicos. Al fomentar su uso y conservación, se puede preservar una diversidad genética crucial para la agricultura del futuro.

La investigación en la mejora genética de estos cultivos es un área prometedora. Mayes et al. (2012) señalan que los avances en la genética y el desarrollo de nuevas variedades pueden superar las limitaciones productivas de estos cultivos, haciéndolos más competitivos y atractivos para los agricultores. Este enfoque no solo aumenta la productividad, sino que también refuerza su integración en mercados locales e internacionales.

Resiliencia al Cambio Climático

En un contexto de creciente variabilidad climática, los cultivos subutilizados ofrecen una ventaja significativa debido a su adaptabilidad a condiciones extremas. Mabhaudhi et al. (2016) resaltan su capacidad para prosperar en suelos pobres y con poca disponibilidad de agua, lo que los convierte en una opción viable para sistemas agrícolas en regiones áridas y semiáridas. Además, su bajo requerimiento de insumos los hace más sostenibles en comparación con cultivos convencionales.

El uso de cultivos subutilizados también puede contribuir a la mitigación del cambio climático. Al diversificar las prácticas agrícolas y reducir la dependencia de monocultivos intensivos, estos cultivos ayudan a disminuir las emisiones de carbono asociadas con la agricultura.

Desafíos y Oportunidades

A pesar de su potencial, los cultivos subutilizados enfrentan varios desafíos. Según Mal (2022), la falta de infraestructura adecuada para la comercialización y la escasa inversión en investigación han limitado su adopción a gran escala. Además, existe una percepción errónea de que estos cultivos son menos valiosos o productivos, lo que desincentiva su cultivo.

En el Perú, la diversidad biogeográfica y cultural ha dado lugar a una amplia gama de cultivos que han sido parte fundamental de la dieta y las tradiciones agrícolas de las comunidades locales a lo largo de siglos. Sin embargo, muchos de ellos se consideran actualmente subutilizados debido a la priorización de un número reducido de cultivos comerciales y globalizados, así como a la transformación de los sistemas agroalimentarios. Estos cultivos subutilizados abarcan un espectro amplio que incluye tubérculos andinos, granos ancestrales, hortalizas y frutas nativas, cuyos orígenes se remontan a civilizaciones prehispánicas que supieron domesticar y aprovechar un acervo genético extraordinario. A pesar de su menor presencia en el mercado y de las dificultades para integrarse a cadenas de valor modernas, estas especies poseen un potencial enorme en términos nutricionales, agronómicos, culturales y ambientales, lo cual los convierte en un eje clave para el desarrollo de estrategias de seguridad alimentaria, soberanía alimentaria y adaptación al cambio climático.

Entre los cultivos subutilizados más representativos en el ámbito andino destacan los tubérculos y raíces nativas, como la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), la oca (*Oxaliduberosa*) y el olluco (*Ullucos tuberosus*), cuyas cualidades sensoriales, nutricionales y de adaptación a suelos pobres y climas fríos han sido largamente reconocidos por las comunidades campesinas. Estos cultivos han persistido en las chacras de los Andes a pesar de la modernización de la agricultura, demostrando su resistencia a plagas, su capacidad para crecer a elevadas altitudes y su relevancia para la alimentación local, sobre todo en épocas de escasez.

Del mismo modo, la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), aunque menos conocida, ha sido parte de la dieta en algunas regiones, aportando una raíz rica en carbohidratos, fibra y micronutrientes. También es necesario reconocer la presencia de granos como la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y el tarwi (*Lupinus mutabilis*), los cuales se han mantenido en

un segundo plano frente a cultivos de gran impacto comercial como la quinua. La cañihua sobresale por su resistencia al frío, su contenido nutricional elevado y su potencial para enriquecer dietas rurales, mientras que el tarwi destaca por su elevado nivel proteico y su afinidad con ecosistemas de alta montaña, característica que facilita su producción bajo condiciones adversas y con bajo uso de insumos externos.

En regiones de la Amazonía peruana también se encuentran cultivos subutilizados de enorme valor, pues se trata de espacios con una biodiversidad excepcional y con prácticas agrícolas tradicionales que conservan especies poco difundidas en los circuitos formales del mercado. Entre estas especies destacan la yuca nativa (*Manihot esculenta*), el pijuayo (*Bactris gasipaes*), la cocona (*Solanum sessiliflorum*), el camu camu (*Myrciaria dubia*), la guanábana (*Annona muricata*), la chirimoya (*Annona cherimola*), la lúcuma (*Pouteria lucuma*) y el sachu inchi (*Plukenetia volubilis*). Estas frutas y semillas, cuyos usos abarcan desde el consumo fresco y la preparación de jugos, hasta la obtención de aceites y harinas altamente nutritivas, han sido parte integral de las dietas tradicionales de los pueblos indígenas amazónicos.

A pesar de su potencial, su comercialización se ha visto limitada por la falta de infraestructura, la poca investigación aplicada y la débil articulación con mercados nacionales e internacionales. Lo mismo ocurre con hortalizas nativas, algunas leguminosas silvestres y otros productos locales que no han sido plenamente incorporados al circuito gastronómico peruano, a pesar de la fama internacional de la cocina nacional.

La revalorización de estos cultivos subutilizados requiere un enfoque integral que incluya investigación agronómica, estudios sobre su adaptación a las condiciones edafoclimáticas propias del país, así como la incorporación de prácticas agroecológicas que potencian su producción. Además, es preciso impulsar políticas públicas que fomenten la conservación de estos recursos fitogenéticos, articulando esfuerzos entre instituciones gubernamentales, la academia, los productores y las comunidades locales. Del mismo modo, la documentación de saberes tradicionales asociados al manejo, preparación y uso medicinal de estas especies resulta esencial para no perder el acervo cultural que sustenta su aprovechamiento.

En la medida en que las universidades, centros de investigación y organizaciones no gubernamentales trabajen en proyectos orientados a su promoción, será posible generar un

mayor interés en el consumo local y en la apertura de mercados nacionales e internacionales. Cabe destacar que el auge de la gastronomía peruana, en constante búsqueda de insumos diferenciados y de alto valor culinario, ofrece una plataforma idónea para incorporar estas especies subutilizadas en platos contemporáneos, visibilizando sus cualidades y generando demanda.

En última instancia, el aprovechamiento sostenible de los cultivos subutilizados del Perú tiene el potencial de incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a eventos extremos, reducir la dependencia de insumos externos, diversificar la dieta nacional, potenciar el valor cultural de los alimentos andinos y amazónicos, y fortalecer la soberanía alimentaria. Además, su cultivo puede contribuir a la preservación de la biodiversidad, evitando la erosión genética provocada por la homogeneización de la agricultura moderna. Por lo tanto, la consolidación de su producción, su estudio sistemático, su difusión a nivel interno y externo, y su integración en políticas de desarrollo agroalimentario, representan tareas pendientes de primer orden. Solo así se podrá capitalizar el innegable potencial que encierran estos cultivos subutilizados, en favor de un futuro más sostenible, inclusivo y consciente de la riqueza que el territorio peruano atesora en cada una de sus plantas nativas. El Perú, reconocido como uno de los países más biodiversos del mundo, es hogar de una vasta gama de cultivos subutilizados que poseen un alto valor cultural, nutricional y ambiental. Desde las altas montañas de los Andes hasta las extensas selvas amazónicas, el país alberga una riqueza agrícola que ha sido cultivada y conservada durante milenios. Sin embargo, muchos de estos cultivos han sido relegados a un segundo plano frente a las demandas de mercados globalizados y sistemas agrícolas modernos. A través de investigaciones recientes, se ha evidenciado que estos cultivos representan una herramienta poderosa para abordar desafíos contemporáneos como la inseguridad alimentaria, la malnutrición, el cambio climático y la erosión de la biodiversidad.

9.17. TUBÉRCULOS ANDINOS: RESILIENCIA Y VALOR NUTRICIONAL

Los tubérculos andinos, como la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*), y el ulluco (*Ullucos tuberosus*), son ejemplos emblemáticos de cultivos subutilizados que persisten en las chacras campesinas a pesar de la modernización agrícola. Estos cultivos no solo son altamente resistentes a condiciones climáticas extremas, como

heladas y sequías, sino que también ofrecen beneficios nutricionales únicos. Según Campos et al. (2006), estos tubérculos contienen altos niveles de antioxidantes, fenoles, carotenoides y otros compuestos bioactivos que los convierten en una fuente esencial de alimentos funcionales. En particular, la mashua destaca por su capacidad antioxidante y su potencial para prevenir enfermedades crónicas.

El uso de estos tubérculos en la gastronomía peruana también ha comenzado a ganar popularidad. Luziatelli et al. (2020) documentan cómo chefs destacados en la región andina han reintroducido estos cultivos en platos gourmet, promoviendo su valor cultural y económico. Este enfoque no solo resalta las cualidades culinarias de los tubérculos, sino que también impulsa su conservación mediante un incremento en la demanda.

9.18. GRANOS ANDINOS: UN PILAR DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Granos como la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y el tarwi (*Lupinus mutabilis*) han sido fundamentales en las dietas tradicionales andinas, pero su uso ha disminuido en comparación con cultivos más comercializados, como la quinua. Según Padulosi et al. (2014), estos granos poseen características agronómicas únicas, como su resistencia al frío y su capacidad para prosperar en suelos pobres. Además, su perfil nutricional es notable: el tarwi contiene niveles excepcionalmente altos de proteínas, mientras que la cañihua es rica en aminoácidos esenciales y antioxidantes.

La promoción de estos granos subutilizados en mercados nacionales e internacionales puede fortalecer la seguridad alimentaria en el Perú y más allá. Ruiz y Bazile (2017) subrayan la importancia de desarrollar cadenas de valor para estos cultivos, integrando a pequeños agricultores y promoviendo la conservación in situ de variedades nativas.

9.19. FRUTAS Y SEMILLAS AMAZÓNICAS: RIQUEZA NUTRICIONAL Y POTENCIAL ECONÓMICO

En la Amazonía peruana, cultivos como el camu camu (*Myrciaria dubia*), el pijuayo (*Bactris gasipaes*), y el sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) son ejemplos de recursos subutilizados con un inmenso potencial. El camu camu, por ejemplo, es una de las fuentes más ricas de vitamina C a nivel mundial, con concentraciones de hasta 1620 mg por 100 g de pulpa, según Chirinos et al. (2013). Estos frutos no solo son altamente nutritivos, sino

que también pueden contribuir al desarrollo económico de comunidades amazónicas mediante su incorporación en mercados de alimentos funcionales.

Sin embargo, la falta de infraestructura y las limitaciones en la articulación con cadenas de suministro representan barreras significativas. García-Yi (2014) destaca cómo la participación de los agricultores en mercados locales y la promoción de productos innovadores pueden mejorar tanto la conservación de cultivos nativos como el bienestar económico de las comunidades.

9.20. CONSERVACIÓN Y REVALORIZACIÓN DE CULTIVOS SUBUTILIZADOS

La conservación de la biodiversidad agrícola en el Perú es esencial para garantizar la resiliencia de los sistemas alimentarios frente a los efectos del cambio climático. Scott (2011) analiza el caso de la papa nativa, destacando cómo los esfuerzos combinados de agricultores, científicos y organizaciones no gubernamentales han contribuido a preservar más de 4,000 variedades de este tubérculo. Estos enfoques de conservación también son aplicables a otros cultivos subutilizados, como el tarwi y la oca, que enfrentan riesgos similares de erosión genética.

Además, iniciativas como las descritas por Padulosi et al. (2014) muestran que un enfoque integral, que combine investigación, desarrollo de mercados y fortalecimiento de capacidades, es clave para aprovechar plenamente el potencial de estos cultivos. La documentación de conocimientos tradicionales y el desarrollo de tecnologías pos cosecha también son esenciales para mejorar su accesibilidad y aceptación.

9.21. CULTIVOS SUBUTILIZADOS EN EL PERÚ

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) es un grano andino originario de la región altiplánica de América del Sur, particularmente de Perú, Bolivia, Ecuador y el norte de Chile. Aunque suele ser comparada con la quinoa (*Chenopodium quinoa*), la cañihua tiene sus propias características que la hacen única y prometedora tanto en términos nutricionales como en su potencial agrícola.

Figura 98

Granos de mijo, un alimento nutritivo y sostenible



Nota. La imagen muestra granos de mijo, un cereal reconocido por su alto valor nutricional y su capacidad para crecer en condiciones climáticas adversas. El mijo es una fuente importante de nutrientes y una alternativa sostenible en la lucha contra la inseguridad alimentaria, especialmente en regiones afectadas por la sequía. Utilizada con fines educativos para promover el conocimiento sobre cultivos resilientes y su contribución a la seguridad alimentaria global.

A pesar de ser considerada un cultivo subutilizado, este grano andino posee una serie de cualidades que la convierten en un excelente alimento para enfrentar desafíos relacionados con la seguridad alimentaria, el cambio climático y la nutrición global.

Características Botánicas y Agroecológicas

La cañihua es una planta resistente que crece en condiciones extremas, típicas de las alturas de los Andes, a más de 3,500 metros sobre el nivel del mar. A diferencia de otros cultivos que requieren suelos ricos en nutrientes, la cañihua se adapta bien a suelos pobres y climas áridos, lo que la convierte en un cultivo ideal para las zonas de difícil acceso, donde otras plantas no podrían sobrevivir. Su capacidad para tolerar temperaturas extremas y resistir períodos de sequía la hace un cultivo estratégico para regiones afectadas por el cambio climático.

A pesar de que su producción es aún limitada, los beneficios agrícolas de la cañihua son notables.

Al igual que la quinoa, es un pseudocereal que pertenece a la misma familia

botánica, las Amaranthaceae, lo que le otorga un alto valor nutricional. Además, la planta no requiere el uso de pesticidas o fertilizantes en grandes cantidades, lo que la convierte en una opción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente en comparación con otros cultivos más intensivos.

Valor Nutricional

Uno de los principales atributos de la cañihua es su impresionante perfil nutricional. Este grano es considerado uno de los más completos entre los alimentos de origen vegetal debido a su alto contenido de proteínas, minerales y vitaminas. A continuación, se detallan algunos de sus principales beneficios nutricionales:

- **Proteínas de alta calidad:** La cañihua es una fuente rica en proteínas, con un contenido que varía entre el 14% y el 20% en su peso seco, lo que la convierte en un excelente sustituto de las proteínas animales, especialmente para dietas vegetarianas y veganas. Además, contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que le confiere un valor proteico comparable al de las carnes, el huevo o la leche.
- **Fibra:** Este grano es una fuente significativa de fibra dietética, lo que es beneficioso para la salud digestiva y puede ayudar en la regulación del azúcar en sangre. La fibra también contribuye a una sensación de saciedad, lo que puede ser útil para controlar el peso.
- **Minerales:** La cañihua es especialmente rica en minerales como el hierro, el calcio, el magnesio y el zinc. Estos minerales son esenciales para la salud ósea, la función inmunológica y el transporte de oxígeno en la sangre.
- **Antioxidantes:** Al igual que la quinoa, la cañihua contiene antioxidantes como los polifenoles y flavonoides, que ayudan a combatir el estrés oxidativo y a reducir el riesgo de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer.
- **Grasas saludables:** Aunque la cañihua es baja en grasa, contiene una cantidad significativa de ácidos grasos esenciales, incluidos los ácidos grasos omega-3 y omega-6, que son fundamentales para la salud cerebral y cardiovascular.
- **Vitaminas:** La cañihua también es una buena fuente de vitaminas B, que son importantes para el metabolismo energético y el funcionamiento del sistema nervioso.

Usos Culinarios y Procesamiento

La cañihua tiene un sabor ligeramente más dulce que la quinoa, lo que la hace atractiva en diversas preparaciones culinarias. En las zonas andinas, se consume tradicionalmente en forma de harina o granos cocidos, y se utiliza para preparar sopas, guisos, panes, tortas y bebidas. Además, la harina de cañihua puede ser un excelente ingrediente para la elaboración de productos sin gluten, lo que la convierte en una opción valiosa para personas con intolerancia al gluten o enfermedad celíaca.

A nivel industrial, la cañihua puede ser utilizada para producir productos como barras energéticas, cereales para el desayuno, galletas y hasta harina para panadería, aprovechando su alto valor proteico. Sin embargo, la tecnología de procesamiento para comercializar la cañihua a gran escala aún está en sus primeras etapas, lo que limita su expansión en mercados internacionales.

La Maca

La maca (*Lepidium meyenii*) es una planta originaria de los Andes centrales de Perú, cultivada principalmente en las regiones de altitud elevada, entre los 3,800 y los 4,800 metros sobre el nivel del mar. Se ha utilizado desde tiempos ancestrales tanto como alimento básico como planta medicinal, debido a sus propiedades nutritivas y beneficios para la salud. Su raíz, que es la parte comestible, tiene una forma similar a un rábano y puede ser de color amarillo, rojo o negro, dependiendo de la variedad.

La maca es una fuente rica de carbohidratos complejos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Se destacan sus altos niveles de vitamina C, vitaminas del complejo B, hierro, calcio, zinc y magnesio. En términos de macronutrientes, la maca contiene aproximadamente 60-70% de carbohidratos, 10-14% de proteínas y 2-4% de grasas.

Su contenido de fibra varía entre el 7 y 8%, lo que la hace beneficiosa para la digestión. Además, contiene una serie de compuestos bioactivos, como los alcaloides, glucosinolatos y polifenoles, que contribuyen a sus efectos antioxidantes. Uno de los principales atractivos de la maca es su reputación como un potenciador de la energía y la resistencia. Se ha utilizado tradicionalmente para aumentar la vitalidad y reducirla fatiga, especialmente en situaciones de estrés físico o mental. Además, estudios recientes han sugerido que la maca puede tener un efecto positivo sobre la libido, la fertilidad y el equilibrio hormonal, especialmente en mujeres y hombres con problemas de fertilidad o disfunción sexual.

En mujeres, la maca se ha asociado con la mejora de los síntomas de la menopausia, como

los sofocos y los cambios de humor, debido a su capacidad para regular el equilibrio hormonal. Para los hombres, algunas investigaciones indican que la maca puede aumentar la producción de espermatozoides y la motilidad espermática, lo que la convierte en un suplemento popular para quienes buscan mejorar la fertilidad.

La maca también tiene propiedades adaptogénicas, lo que significa que ayuda al cuerpo a adaptarse a situaciones de estrés y favorece el equilibrio general. Los adaptógenos son conocidos por mejorar la respuesta del cuerpo a diversos factores de estrés, ya sea físico, químico o biológico.

La maca se puede consumir de diversas formas: en polvo, en cápsulas, en forma líquida o como parte de mezclas de batidos y alimentos. El polvo de maca es el formato más común y fácil de incorporar en la dieta diaria, agregándose a jugos, yogur, sopas o incluso a la harina para la preparación de panes y otros productos.

Aunque la maca se considera generalmente segura para la mayoría de las personas, se recomienda precaución en su uso por personas con condiciones hormonales sensibles, como el cáncer de mama, de próstata o el hipotiroidismo. Además, debido a su efecto estimulante las personas con hipertensión o problemas cardíacos deberían consultar a su médico antes de consumirla en grandes cantidades.

El Tarwi

Figura 99

Legumbres como fuente de proteína sostenible



Nota. La imagen muestra legumbres preparadas, destacadas por su alto contenido de proteínas, fibra y otros nutrientes esenciales. Las legumbres son una alternativa sostenible a las proteínas de origen animal, ya que su cultivo tiene un bajo impacto ambiental y

contribuye a la mejora de la fertilidad del suelo. Utilizada con fines educativos para promover su consumo como parte de una dieta equilibrada y sostenible.

El tarwi (también conocido como chocho o *Lupinus mutabilis*) es una leguminosa originaria de los Andes, que ha sido cultivada durante miles de años en las regiones de Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. Esta planta es altamente valorada por sus características nutricionales, especialmente su alto contenido de proteínas, fibra y minerales, lo que la convierte en un excelente alimento funcional y en una fuente importante de nutrición en las zonas rurales andinas. Sin embargo, a pesar de su potencial como superalimento, el tarwi no ha alcanzado el mismo nivel de reconocimiento internacional que otros productos andinos, como la quinoa o la maca.

Composición nutricional

El tarwi es especialmente conocido por su alto contenido proteico, que puede variar entre el 30 y 40% de su peso seco, lo que lo convierte en una de las fuentes vegetales más ricas en proteínas. Además, es una leguminosa rica en ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico y el ácido oleico, lo que contribuye a sus propiedades beneficiosas para la salud cardiovascular. Su perfil de aminoácidos es bastante completo, lo que la hace una fuente excelente de proteínas para dietas vegetarianas y veganas.

El tarwi también es una excelente fuente de minerales, especialmente de calcio, hierro, fósforo y magnesio, que son esenciales para el funcionamiento adecuado del cuerpo humano. Además, contiene una cantidad significativa de fibra dietética, lo que favorece la digestión y ayuda a mantener un sistema digestivo saludable.

El perfil nutricional de esta leguminosa es el siguiente:

- Proteínas: 30-40%
- Carbohidratos: 30-40%
- Grasas: 15-20%
- Fibra: 10-15%
- Minerales: Especialmente alto en calcio, hierro y fósforo.

Propiedades y beneficios para la salud

- Alta en proteínas: Gracias a su contenido proteico, el tarwi es una excelente opción para mejorar la nutrición en poblaciones con dietas basadas en plantas. Aporta todos los aminoácidos esenciales, lo que la hace comparable a las proteínas de origen

animal.

- **Beneficios cardiovasculares:** Su alto contenido de ácidos grasos insaturados, como el ácido oleico, que también se encuentra en el aceite de oliva, le confiere propiedades beneficiosas para la salud cardiovascular, ayudando a reducir los niveles de colesterol LDL (malo) y a aumentar el colesterol HDL (bueno).
- **Rico en minerales:** El tarwi es una fuente importante de calcio y hierro, lo que lo convierte en un aliado clave para combatir problemas como la anemia y la osteoporosis. Su alto contenido de magnesio también es beneficioso para la salud ósea y muscular.
- **Propiedades antioxidantes:** El tarwi contiene compuestos antioxidantes, como flavonoides y alcaloides, que ayudan a proteger las células del daño causado por los radicales libres y pueden reducir el riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares.
- **Control del azúcar en sangre:** Debido a su bajo índice glucémico y su alto contenido en fibra, el tarwi puede ser útil para controlar los niveles de glucosa en sangre, lo que lo convierte en una opción saludable para personas con diabetes tipo 2.

Usos y consumo

Tradicionalmente, el tarwi se consume en diversas formas en la gastronomía andina. La semilla de tarwi puede ser cocida, molida o transformada en harina, y se utiliza para preparar sopas, ensaladas, y una gran variedad de platos. En algunas culturas, las semillas de tarwi se utilizan para hacer una especie de pasta o puré, o se tuestan y se emplean como snack. Además, la harina de tarwi se usa en la preparación de panes, galletas, y otros productos horneados.

Es importante señalar que, debido a la presencia de alcaloides tóxicos en la semilla de tarwi, es necesario procesarlas adecuadamente antes de su consumo. Las semillas deben ser desamargadas mediante un proceso de remojo y cocción para eliminar los compuestos tóxicos, lo que hace que la preparación de esta leguminosa requiera más tiempo y atención en comparación con otros cultivos.

Razones por las cuales el tarwi es considerado un cultivo subutilizado

Aunque el tarwi tiene un gran potencial como fuente de nutrientes, es considerado un cultivo subutilizado debido a varias razones:

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- Falta de conocimiento global: A pesar de sus impresionantes propiedades nutricionales, el tarwi es poco conocido fuera de las regiones andinas. La falta de reconocimiento internacional limita su demanda y comercialización, a pesar de su alto valor nutritivo y beneficios potenciales para la salud.
- Procesamiento laborioso: El tarwi contiene alcaloides tóxicos que deben ser eliminados mediante un proceso de remojo y cocción, lo que dificulta su procesamiento y consumo en comparación con otras leguminosas.
- Limitada producción y mercado: La producción de tarwi sigue siendo limitada a las regiones andinas, y la infraestructura para su cultivo y comercialización no está tan desarrollada como la de otros productos como la quinoa o la maca. Esto limita su presencia en mercados internacionales.
- Competencia con otros cultivos: En la región andina, el tarwi compite con otros cultivos que han ganado mayor popularidad, como la quinoa, que ha recibido un gran impulso en los últimos años debido a su aceptación global como superalimento. Esto ha llevado a que los agricultores prioricen otros cultivos más rentables y de mayor demanda.

El Yacon

Figura 100

Camote, un tubérculo nutritivo y versátil



Nota. La imagen muestra camotes frescos y rebanados, un tubérculo rico en carbohidratos complejos, vitaminas y antioxidantes. Su versatilidad en la cocina y su capacidad para crecer en diversos climas lo convierten en un cultivo clave para la seguridad alimentaria y la nutrición global. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia de los tubérculos en dietas saludables y sostenibles.

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es un tubérculo originario de los Andes,

particularmente cultivado en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. Este cultivo, aunque tradicionalmente utilizado

en las regiones andinas, es aun relativamente desconocido fuera de estas zonas y su producción no alcanza los niveles de otros cultivos más popular es, como la papa o la quinoa. Sin embargo, el yacón ha captado la atención en los últimos años debido a sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud, particularmente en lo que respecta a su contenido de fibra prebiótica y su bajo contenido calórico.

Composición nutricional del Yacón

El yacón es especialmente conocido por ser un tubérculo bajo en calorías. A diferencia de otros tubérculos ricos en almidón, como la papa o el camote, el yacón contiene un alto porcentaje de fructooligosacáridos (FOS), un tipo de fibra que no es digerida en el tracto digestivo humano, pero que actúa como un prebiótico al alimentar a las bacterias beneficiosas en el intestino. Esto contribuye a una mejor salud digestiva y puede ayudar a regular el sistema gastrointestinal. Además, el yacón tiene un bajo índice glucémico, lo que lo hace ideal para personas que buscan controlar sus niveles de azúcar en sangre.

Su perfil nutricional incluye:

- Bajo en calorías: Aproximadamente 40 kcal por 100 gramos.
- Fibra prebiótica: Contiene entre el 10-15% de fructooligosacáridos.
- Minerales: Contiene minerales como el potasio, el calcio y el magnesio.
- Agua: El yacón tiene un alto contenido de agua, lo que contribuye a su bajo valor calórico.

Propiedades y beneficios para la salud

- Propiedades prebióticas: La alta concentración de fructooligosacáridos en el yacón le otorga una función prebiótica importante, ayudando a promover el crecimiento de bacterias beneficiosas como Bifidobacterias y Lactobacilos en el intestino. Esto contribuye a la mejora de la salud intestinal, ayudando a regular el tránsito intestinal y la digestión.
- Control del azúcar en sangre: El bajo índice glucémico del yacón lo convierte en un alimento adecuado para personas con diabetes o aquellos que buscan controlar sus niveles de glucosa. Su efecto prebiótico también puede ayudar en la regulación de la resistencia a la insulina.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- **Propiedades antioxidantes:** El yacón contiene compuestos fenólicos que tienen propiedades antioxidantes, ayudando a proteger las células del daño de los radicales libres y reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas, como enfermedades cardíacas y ciertos tipos de cáncer.
- **Control del colesterol:** Algunos estudios sugieren que el consumo de yacón puede ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) y triglicéridos, lo que a su vez contribuye a la salud cardiovascular.
- **Bajo contenido calórico:** Gracias a su bajo contenido calórico, el yacón es un alimento excelente para dietas de control de peso. Su alto contenido de agua y fibra ayuda a proporcionar saciedad sin añadir una gran cantidad de calorías.

Usos y consumo

El yacón se consume principalmente en su forma fresca, aunque también puede encontrarse en productos procesados como jarabe de yacón, que se utiliza como edulcorante natural en lugar de la azúcar refinada, gracias a su bajo índice glucémico. El tubérculo puede ser consumido crudo, en ensaladas, o cocido de diversas maneras. En algunas regiones andinas, el yacón se cocina como un tubérculo más, similar a la papa o el camote, y se utiliza en sopas, guisos y otros platos tradicionales. También puede ser deshidratado para producir chips de yacón o harina de yacón.

Razones por las cuales el Yacón es considerado un cultivo subutilizado

El yacón sigue siendo un cultivo subutilizado por varias razones:

- **Producción limitada:** La producción de yacón es aún marginal en comparación con otros cultivos más populares, como la papa o el maíz. Esto se debe en parte a la falta de incentivos para los agricultores y la limitada infraestructura para la comercialización del producto, especialmente fuera de las regiones andinas donde se cultiva tradicionalmente.
- **Desconocimiento fuera de las regiones andinas:** A pesar de sus impresionantes propiedades nutricionales y beneficios para la salud, el yacón es poco conocido fuera de América del Sur. Su desconocimiento a nivel global limita su demanda y distribución, a pesar de su potencial en mercados internacionales de super alimentos.
- **Poca promoción y apoyo gubernamental:** Aunque algunos países andinos han comenzado a promover el cultivo y el consumo de yacón como una forma de mejorar

la seguridad alimentaria y la nutrición, aún no existe una política suficientemente fuerte que fomente su cultivo y comercialización a gran escala. La falta de promoción también contribuye a que los consumidores no estén familiarizados con este tubérculo.

- Competencia con otros cultivos más rentables: Los agricultores andinos tienden a preferir cultivos con mayor demanda en los mercados internacionales, como la quinoa, la papa o el maíz. El yacón, aunque valioso, tiene una demanda limitada fuera de su área de cultivo, lo que hace que no se le dé prioridad en términos de producción.
- Dificultades de procesamiento: Aunque el yacón es relativamente fácil de cultivar, su procesamiento es más complejo que el de otros cultivos, ya que requiere que el tubérculo se deshidrate o se procese para obtener productos como el jarabe. Esto puede aumentar los costos de producción y hacer que el cultivo sea menos rentable para los agricultores en comparación con otros productos más fáciles de comercializar.

La Arracacha

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), también conocida como arracacha de la montaña, es un tubérculo originario de los Andes, especialmente cultivado en países como Perú, Colombia, Ecuador y Venezuela. A pesar de ser altamente nutritiva y tener un sabor delicioso y único, similar al de la zanahoria, la arracacha sigue siendo un cultivo subutilizado fuera de las regiones andinas. Este tubérculo tiene un gran potencial para ser una fuente importante de alimento, especialmente en términos de valor nutricional y posibilidades de comercialización, pero aún no ha alcanzado el mismo nivel de reconocimiento que otros cultivos más populares como la papa o el maíz.

Composición Nutricional de la Arracacha

La arracacha es un tubérculo muy nutritivo, con una composición que la hace una excelente fuente de energía y nutrientes. Su principal característica es su alto contenido de carbohidratos complejos, que proporcionan energía sostenida. Además, tiene un buen perfil de vitaminas, minerales y fibra, lo que la convierte en un alimento ideal para mejorar la dieta en diversas poblaciones.

Algunos de los componentes más destacados de la arracacha incluyen:

- Carbohidratos: Un 25-30% de su peso está compuesto por carbohidratos,

principalmente almidón.

- **Fibra:** Contiene una buena cantidad de fibra dietética, lo que contribuye a la salud digestiva.
- **Vitaminas:** Es rica en vitamina A y vitamina C, que son esenciales para la salud ocular, la piel y el sistema inmunológico.
- **Minerales:** Contiene importantes minerales como el calcio, fósforo, hierro y potasio.
- **Proteínas:** Aunque no es una fuente tan alta de proteínas como otros alimentos, también contiene una cantidad moderada.

Propiedades y Beneficios para la Salud

- **Rica en antioxidantes:** La arracacha es una excelente fuente de vitamina A (en forma de betacaroteno), un antioxidante que protege las células del daño de los radicales libres. Esto puede contribuir a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer.
- **Mejora la salud digestiva:** Gracias a su alto contenido de fibra dietética, la arracacha ayuda a mejorar el tránsito intestinal, reducir el estreñimiento y promover una digestión saludable.
- **Energía sostenida:** Los carbohidratos complejos de la arracacha se digieren lentamente, lo que proporciona energía de manera sostenida y ayuda a mantener niveles estables de azúcar en sangre, lo que puede ser beneficioso para personas con diabetes o en control de peso.
- **Apoyo al sistema inmunológico:** La vitamina C en la arracacha ayuda a fortalecer el sistema inmunológico y a combatir infecciones, además de mejorar la absorción de hierro y promover la salud de la piel.
- **Propiedades antiinflamatorias:** Algunos estudios sugieren que la arracacha tiene efectos antiinflamatorios, lo que la convierte en una buena opción para personas con enfermedades inflamatorias como la artritis.

Usos Culinarios y Preparación

- La arracacha es extremadamente versátil en la cocina, ya que puede ser utilizada de diversas formas. Su sabor, que recuerda a la zanahoria con un toque más suave y dulce, la hace ideal para una variedad de platos. Es comúnmente utilizada en:
- **Sopas y guisos:** Al igual que otros tubérculos, la arracacha es excelente para añadir

textura y sabor en sopas y guisos.

- Purés: Su consistencia suave y cremosa, especialmente cuando se cocina, la hace perfecta para preparar purés, tanto salados como dulces.
- Frituras: En algunas regiones, la arracacha se corta en rodajas finas y se fríe para hacer chips o acompañamientos crujientes.
- Postres: En ciertas culturas andinas, la arracacha se utiliza en postres, ya que su sabor ligeramente dulce se presta bien para la preparación de dulces.

Razones por las cuales la Arracacha es considerada un Cultivo Subutilizado

A pesar de sus claras ventajas nutricionales y culinarias, la arracacha sigue siendo un cultivo subutilizado fuera de su región de origen por diversas razones:

- Limitada producción: Aunque es cultivada en algunas regiones de los Andes, la producción de arracacha no se compara con la de otros tubérculos más populares, como la papa o el camote. La falta de incentivos para su producción a gran escala hace que su disponibilidad sea limitada.
- Desconocimiento global: La arracacha es poco conocida fuera de las regiones andinas, lo que limita su demanda en mercados internacionales. A pesar de su valor nutricional, no ha sido promocionada adecuadamente como un superalimento, lo que afecta su penetración en el mercado global.
- Dificultades en el transporte y almacenamiento: La arracacha es un tubérculo perecedero, lo que hace que su transporte y almacenamiento sean más difíciles en comparación con otros cultivos más duraderos, como la papa. Esto limita su distribución fuera de las áreas de cultivo.
- Competencia con otros cultivos más rentables: Los agricultores andinos, que cultivan arracacha en pequeña escala, tienden a preferir cultivos que tienen mayor demanda y precios más estables en los mercados nacionales e internacionales, como la papa, la quinoa o el maíz.
- Falta de infraestructura y apoyo gubernamental: Aunque la arracacha tiene un alto potencial, no existe suficiente infraestructura o apoyo gubernamental para promover su cultivo a gran escala ni para educar al consumidor sobre sus beneficios nutricionales.

Quinoa Negra

La quinoa negra (*Chenopodium quinoa*) es una variedad de quinoa que ha ganado reconocimiento en las últimas décadas debido a su valor nutricional y sus propiedades beneficiosas para la salud. A pesar de que la quinoa blanca ha experimentado una mayor popularidad a nivel mundial, especialmente como un "superalimento", la quinoa negra sigue siendo un cultivo subutilizado en comparación con su pariente más común. La quinoa negra es considerada una versión aún más nutritiva de la quinoa, rica en antioxidantes, proteínas y fibra. Sin embargo, su producción y consumo global son limitados, principalmente debido a factores relacionados con la disponibilidad, el conocimiento del consumidor y la preferencia por la quinoa blanca.

Características y Composición Nutricional de la Quinoa Negra

La quinoa negra, como sus variedades blanca y roja, es un pseudocereal originario de los Andes y se cultiva principalmente en países como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. Se considera un pseudocereal debido a que no pertenece a la familia de las gramíneas, pero sus semillas se utilizan de manera similar a los granos como el arroz o el maíz.

Composición nutricional

- **Proteínas:** Al igual que la quinoa blanca, la quinoa negra es una fuente completa de proteínas, lo que significa que contiene todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo humano necesita. Su contenido proteico es comparable al de las carnes o los huevos, lo que la convierte en un excelente alimento para vegetarianos y veganos.
- **Antioxidantes:** La quinoa negra es particularmente rica en antioxidantes, como los flavonoides (quercetina y kaempferol), que ayudan a combatir el daño causado por los radicales libres, reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas como enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer y envejecimiento prematuro. La quinoa roja y blanca también contienen antioxidantes, pero en menor cantidad que la variedad negra.
- **Fibra:** La quinoa negra tiene un mayor contenido de fibra en comparación con la quinoa blanca, lo que contribuye a la salud digestiva, el control del azúcar en sangre y la reducción del colesterol.
- **Minerales:** Es rica en minerales esenciales como el magnesio, fósforo, hierro, potasio y zinc, que son importantes para la función muscular, ósea y cardiovascular.

Beneficios para la Salud

La quinoa negra presenta varios beneficios para la salud gracias a su riqueza en nutrientes clave:

- **Propiedades antioxidantes:** La alta concentración de flavonoides en la quinoa negra actúa como un potente antioxidante. Estos compuestos protegen el cuerpo de las células dañadas por los radicales libres y pueden reducir el riesgo de enfermedades inflamatorias, cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer.
- **Control del azúcar en sangre:** La quinoa negra tiene un índice glucémico bajo, lo que significa que no provoca picos de azúcar en sangre. Esto la convierte en una opción ideal para personas con diabetes o para aquellos que buscan mantener niveles estables de glucosa.
- **Salud digestiva:** Gracias a su contenido de fibra, la quinoa negra mejora la digestión, previene el estreñimiento y contribuye a un microbiota intestinal saludable, lo que puede mejorar la absorción de nutrientes y la salud general.
- **Salud cardiovascular:** Los nutrientes como el magnesio y el potasio presentes en la quinoa negra ayudan a reducir la presión arterial y a prevenir enfermedades del corazón, mejorando la función del sistema cardiovascular.
- **Propiedades antiinflamatorias:** Los antioxidantes y fitoquímicos de la quinoa negra tienen efectos antiinflamatorios que pueden contribuir a la reducción de la inflamación crónica, que está vinculada a muchas enfermedades, como la artritis y las enfermedades metabólicas.

Usos Culinarios

La quinoa negra tiene un sabor ligeramente más fuerte y terroso que la quinoa blanca, lo que le da una textura y un sabor únicos. Es un ingrediente versátil que se puede utilizar en una variedad de preparaciones culinarias:

- **En ensaladas:** La quinoa negra, al igual que la quinoa blanca, es ideal para ensaladas. Su color oscuro y su sabor ligeramente más robusto pueden complementar muy bien vegetales frescos, hierbas y aderezos.
- **Como acompañante:** Se puede cocinar como arroz o pasta para acompañar carnes, verduras o platos principales.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- En sopas y guisos: La quinoa negra puede añadirse a sopas o guisos para aumentar el contenido nutricional de las comidas.
- En postres: En algunas culturas andinas, la quinoa negra se utiliza en postres como pudines o pasteles.

Razones por las que la Quinoa Negra es un Cultivo Subutilizado

A pesar de sus claras ventajas nutricionales, la quinoa negra sigue siendo un cultivo subutilizado a nivel global. Algunas razones de esto son:

- Menor disponibilidad: La producción de quinoa negra es más limitada que la de la quinoa blanca, debido a su menor cultivo y a una cosecha más pequeña. Además, la quinoa negra es más difícil de encontrar en los mercados internacionales, lo que limita su distribución fuera de las regiones productoras.
- Desconocimiento del consumidor: La quinoa negra no es tan conocida como la quinoa blanca, lo que significa que los consumidores no están tan familiarizados con sus beneficios nutricionales. La falta de promoción y marketing limita su adopción y aceptación en mercados globales.
- Preferencia por la quinoa blanca: Los consumidores suelen preferir la quinoa blanca por su sabor más suave y su color claro. Esto ha generado una mayor demanda por la quinoa blanca, relegando a la quinoa negra a un segundo plano en términos de consumo.
- Costos de producción más altos: Debido a que la quinoa negra es más difícil de cultivar y cosechar, su precio suele ser más alto que el de la quinoa blanca, lo que la hace menos atractiva para los agricultores y consumidores.
- Falta de infraestructura de distribución: A pesar de los esfuerzos para promover la quinoa en mercados internacionales, la infraestructura para su distribución y comercialización sigue siendo insuficiente, lo que dificulta el acceso de los consumidores a productos de quinoa negra.

La Kiwicha

Figura 101

Kiwicha, un cereal ancestral



Nota. La imagen muestra granos de kiwicha, también conocida como amaranto, un pseudocereal andino rico en proteínas, aminoácidos esenciales y antioxidantes. La kiwicha es un cultivo resiliente que puede crecer en condiciones adversas, convirtiéndose en una alternativa sostenible para la seguridad alimentaria y la promoción de dietas nutritivas. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de los cultivos tradicionales en la alimentación saludable y la conservación de la biodiversidad.

También conocida como amaranto (*Amaranthus caudatus*), es un pseudocereal originario de América Latina, especialmente cultivado en regiones andinas como Perú, Bolivia y Ecuador. A pesar de ser altamente nutritiva y resistente a condiciones climáticas extremas, su producción y consumo todavía son limitados, especialmente fuera de las zonas rurales y de las comunidades indígenas donde históricamente se ha cultivado. A menudo se le considera un cultivo subutilizado, a pesar de sus múltiples beneficios para la salud y su potencial para ser una fuente alimenticia clave.

Características y Composición Nutricional de la Kiwicha

La kiwicha es conocida por su excelente perfil nutricional, que la convierte en una fuente ideal de alimento, especialmente en regiones donde la seguridad alimentaria puede ser un desafío. Entre sus características y propiedades destacan:

- **Proteínas:** La kiwicha es rica en proteínas, con un contenido comparable al de los productos de origen animal. Es una excelente fuente de proteínas completas, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo necesita para mantener la

salud muscular y metabólica.

- **Fibra:** La kiwicha contiene una gran cantidad de fibra dietética, lo que favorece la digestión y la salud intestinal. Su consumo puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades del corazón, controlar los niveles de colesterol y mejorar la regulación del azúcar en sangre.
- **Minerales y vitaminas:** La kiwicha es una excelente fuente de calcio, hierro, magnesio, fósforo y potasio, minerales esenciales para la salud ósea, el buen funcionamiento del sistema nervioso y cardiovascular. También es rica en vitaminas como la vitamina A (beneficiosa para la visión) y la vitamina C (que fortalece el sistema inmunológico).
- **Antioxidantes:** La kiwicha contiene antioxidantes como los flavonoides y los taninos, que ayudan a neutralizar los efectos de los radicales libres y previenen el envejecimiento celular, protegiendo al cuerpo contra el daño oxidativo que puede causar enfermedades crónicas.
- **Bajo índice glucémico:** A pesar de ser un pseudocereal, la kiwicha tiene un bajo índice glucémico, lo que significa que se digiere lentamente y no provoca aumentos rápidos en los niveles de azúcar en sangre, lo que la hace adecuada para personas con diabetes.

Beneficios para la Salud

Los beneficios de la kiwicha para la salud son diversos, y su consumo puede ser beneficioso para personas de todas las edades. Entre los beneficios más destacados se incluyen:

- **Fuente de proteínas de alta calidad:** La kiwicha es una excelente fuente de proteínas vegetales, lo que la convierte en una opción atractiva para vegetarianos y veganos. Su perfil de aminoácidos completos es comparable al de fuentes de proteínas animales, lo que la convierte en un complemento nutricional ideal.
- **Mejora la digestión:** Gracias a su alto contenido de fibra, la kiwicha mejora el tránsito intestinal, aliviando el estreñimiento y favoreciendo una digestión más eficiente. La fibra también contribuye a un microbiota intestinal saludable, lo que puede reducir la inflamación y prevenir enfermedades digestivas.
- **Salud ósea:** La kiwicha es rica en minerales como calcio y magnesio, esenciales para la salud ósea y la prevención de la osteoporosis. Un consumo regular de kiwicha puede ayudar a mantener huesos fuertes a medida que envejecemos.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- **Antiinflamatoria:** Los compuestos antioxidantes presentes en la kiwicha tienen efectos antiinflamatorios, lo que puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades inflamatorias crónicas como la artritis o las enfermedades cardíacas.
- **Control del azúcar en sangre:** Gracias a su bajo índice glucémico, la kiwicha puede ser beneficiosa para las personas que necesitan controlar sus niveles de glucosa en sangre, como las personas con diabetes tipo 2.

Usos Culinarios de la Kiwicha

La kiwicha es un ingrediente versátil que puede ser incorporado en una variedad de platos. Su sabor suave y ligeramente dulce la hace ideal para diversas preparaciones. Algunas de las formas más comunes de consumirla incluyen:

- **Cereal o desayuno:** La kiwicha se puede cocinar de manera similar al arroz o al amaranto, y se puede utilizar como base para el desayuno, combinándola con frutas, nueces y miel.
- **En ensaladas:** Se puede cocinar y añadir a ensaladas frías o calientes, aportando un toque nutritivo y sabroso.
- **En panes y pasteles:** La harina de kiwicha se puede utilizar para hacer pan, galletas o pasteles, lo que agrega nutrientes esenciales a estos alimentos.
- **Como snack:** Las semillas de kiwicha también pueden ser tostadas y consumidas como un snack saludable o utilizadas como topping en yogures o ensaladas.

Razones por las que la Kiwicha es un Cultivo Subutilizado

A pesar de sus numerosos beneficios, la kiwicha sigue siendo un cultivo subutilizado a nivel mundial, principalmente debido a las siguientes razones:

- **Falta de conocimiento fuera de las regiones andinas:** La kiwicha es bien conocida y consumida en las regiones andinas, pero fuera de estas áreas, su consumo es limitado. El desconocimiento de sus beneficios y sus aplicaciones culinarias es uno de los principales factores que contribuyen a su subutilización.
- **Producción limitada:** La producción de kiwicha es aún limitada en comparación con otros cultivos como la papa, el maíz o la quinoa. Su cultivo en gran escala enfrenta retos relacionados con la infraestructura agrícola, la falta de recursos técnicos y la competencia con cultivos más conocidos.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- Baja visibilidad en mercados internacionales: Aunque la kiwicha tiene un gran potencial como superalimento, su visibilidad en los mercados internacionales es baja. Esto se debe en parte a la falta de promoción y marketing, lo que limita su comercialización global.
- Preferencia por cultivos más comunes: En muchas regiones, los agricultores prefieren cultivar productos que ya tienen una mayor demanda, como la papa o el maíz, lo que limita la expansión de cultivos como la kiwicha.
- Procesamiento y comercialización deficientes: A diferencia de otros cultivos, la kiwicha no ha sido tan explotada desde el punto de vista industrial. La falta de infraestructura para su procesamiento y comercialización limita su presencia en los mercados internacionales y su accesibilidad para los consumidores fuera de las regiones productoras.

La Oca

Figura 102

Ocas andinas, un tubérculo tradicional de colores diversos



Nota. La imagen muestra ocas andinas (*Oxalis tuberosa*), un tubérculo ancestral caracterizado por su diversidad de colores y formas. Cultivadas principalmente en los Andes, las ocas son una fuente importante de carbohidratos, vitaminas y antioxidantes. Este cultivo, adaptado a climas extremos, es clave para la seguridad alimentaria y la preservación de la agrobiodiversidad. Utilizada con fines educativos para destacar la relevancia de los cultivos tradicionales en la alimentación sostenible y la cultura andina.

La oca (*Oxalis tuberosa*), también conocida como oca andina, es un tubérculo originario de la región andina de Sudamérica, particularmente de Perú, Bolivia y Ecuador. Similar a la papa, la oca es resistente a condiciones climáticas extremas, como las heladas, y es

altamente nutritiva, siendo una excelente fuente de vitamina C y minerales. Sin embargo, a pesar de sus beneficios nutricionales y su potencial como cultivo alimentario, la oca sigue siendo un cultivo subutilizado fuera de las regiones andinas, y su consumo no ha logrado expandirse de manera significativa en otros países.

Características y Composición Nutricional de la Oca

La oca tiene una serie de características que la hacen atractiva desde el punto de vista nutricional y agrícola:

- **Resistencia a las heladas:** La oca es muy resistente a temperaturas frías, lo que la convierte en un cultivo ideal para zonas de altura en los Andes, donde otras plantas pueden no sobrevivir. Esta característica la hace especialmente valiosa en climas extremos y la convierte en una fuente confiable de alimentos para las comunidades andinas.
- **Alta en vitamina C:** La oca es una excelente fuente de vitamina C, un nutriente esencial para el sistema inmunológico, la salud de la piel y la absorción de hierro. Esta vitamina también juega un papel crucial en la protección contra el daño celular y la inflamación. El contenido de vitamina C de la oca es superior al de muchos otros tubérculos comunes, lo que la convierte en un excelente complemento para prevenir deficiencias nutricionales.
- **Carbohidratos y fibra:** Al igual que otros tubérculos, la oca es rica en carbohidratos complejos, lo que la convierte en una buena fuente de energía. Además, su alto contenido de fibra dietética favorece la digestión y contribuye a la salud intestinal, ayudando a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y a regular los niveles de azúcar en sangre.
- **Minerales:** La oca también es rica en minerales esenciales, como potasio, calcio, fósforo y magnesio, que son importantes para la salud ósea, la función muscular y el equilibrio hídrico del cuerpo.
- **Bajo índice glucémico:** A diferencia de otros alimentos ricos en carbohidratos, la oca tiene un bajo índice glucémico, lo que significa que se digiere lentamente y no provoca picos rápidos en los niveles de glucosa en sangre. Esto la hace adecuada para personas que buscan controlar su ingesta de azúcar, como aquellas con diabetes.

Beneficios para la Salud de la Oca

La oca ofrece una serie de beneficios para la salud, que la hacen una excelente opción para una dieta equilibrada:

- **Fortalece el sistema inmunológico:** Gracias a su alto contenido de vitamina C, la oca ayuda a fortalecer el sistema inmunológico, protegiendo al cuerpo de infecciones y enfermedades, además de contribuir a la absorción de hierro de los alimentos vegetales.
- **Promueve la salud digestiva:** El alto contenido de fibra de la oca favorece el tránsito intestinal y mejora la digestión. El consumo de oca puede ayudar a aliviar el estreñimiento, reducir la inflamación intestinal y promover un microbiota intestinal saludable.
- **Energía sostenida:** Debido a su contenido de carbohidratos complejos, la oca proporciona energía de liberación lenta, lo que la convierte en una excelente fuente de energía sostenible para personas activas o para quienes necesitan mantener niveles estables de energía a lo largo del día.
- **Beneficios óseos y musculares:** La oca contiene minerales como calcio, fósforo y magnesio, que son esenciales para mantener huesos fuertes, prevenir la osteoporosis y garantizar el buen funcionamiento de los músculos.
- **Control de azúcar en sangre:** Gracias a su bajo índice glucémico, la oca es adecuada para personas con diabetes o aquellos que buscan controlar sus niveles de azúcar en sangre de manera natural.

Usos Culinarios de la Oca

La oca es un tubérculo muy versátil en la cocina, y puede ser utilizada de diversas formas:

- **Cocida:** Se puede cocinar de diversas maneras, como hervida, al vapor o en puré, similar a la papa. También se puede hornear o freír, agregando un sabor dulce y una textura cremosa a los platos.
- **En ensaladas:** La oca también puede ser consumida cruda, rallada o cortada en rodajas finas, añadiendo un toque crujiente y fresco a las ensaladas.
- **En sopas y guisos:** Al igual que otros tubérculos, la oca es una excelente opción para agregar en sopas y guisos, donde absorbe los sabores de los ingredientes y se mezcla

bien en preparaciones calientes.

- Deshidratada o en harina: La oca puede ser deshidratada y convertida en harina, que luego se puede utilizar para hacer pan, galletas, tortas o pasteles, similar a la harina de papa o maíz.

Razones por las que la Oca es un Cultivo Subutilizado

A pesar de sus numerosos beneficios y su gran potencial, la oca sigue siendo un cultivo subutilizado por varias razones:

- Falta de conocimiento global: Fuera de las regiones andinas, la oca es relativamente desconocida. Su falta de visibilidad en mercados internacionales ha limitado su consumo fuera de Perú y otros países productores.
- Baja producción comercial: Aunque la oca es resistente y adaptativa, su producción no está tan extendida como la de otros tubérculos más conocidos como la papa. Su cultivo en gran escala es limitado y, en muchos casos, los agricultores prefieren otros cultivos más populares debido a la falta de incentivos económicos.
- Desafíos en el mercado: La oca no ha alcanzado la misma visibilidad en mercados internacionales debido a la falta de infraestructura para su comercialización, procesamiento y distribución en gran escala.
- Competencia con cultivos más populares: La papa y otros tubérculos más comunes como la batata dominan la oferta alimentaria en muchas partes del mundo. La oca, al ser menos conocida, enfrenta una dura competencia para ganar terreno en el mercado global.
- Promoción limitada: La promoción de la oca fuera de las regiones andinas ha sido limitada, lo que ha impedido que se reconozcan sus beneficios nutricionales y sus múltiples aplicaciones culinarias. A pesar de su alto contenido en vitamina C y sus propiedades saludables, la oca no ha sido lo suficientemente promocionada como un “superalimento” potencial.

La Lúcumá

Figura 103

Lúcumá, un fruto andino nutritivo



Nota. La imagen muestra frutos de lúcumá (*Pouteria lucuma*), un superalimento andino conocido por su pulpa dulce y de color dorado, rica en fibra, vitaminas y antioxidantes. La lúcumá es ampliamente utilizada en postres y bebidas, siendo valorada por su sabor único y su aporte nutricional. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia de los frutos tradicionales en la dieta saludable y la sostenibilidad agrícola.

(*Pouteria lucuma*), una fruta originaria de los Andes, particularmente cultivada en Perú, es ampliamente reconocida en las zonas rurales y por sus características organolépticas y nutricionales. Sin embargo, a pesar de su alto valor nutricional y su presencia en ciertos productos alimenticios y cosméticos, la lúcumá sigue siendo un cultivo subutilizado a nivel global, comparado con otras frutas amazónicas como el aguaje o el camu camu. Su expansión en los mercados internacionales ha sido limitada, a pesar de sus potentes propiedades antioxidantes, vitamínicas y su versatilidad en la industria alimentaria.

Características Botánicas y Composición Nutricional

La lúcumá es un árbol de mediana altura que produce frutos de forma redonda u ovalada, de cáscara gruesa y pulpa suave de color amarillo anaranjado. Desde el punto de vista nutricional, la lúcumá es especialmente apreciada por su alto contenido de carbohidratos complejos, lo que la convierte en una fuente eficiente de energía. Además, posee un perfil vitamínico notable, particularmente rica en vitamina B3 (niacina), vitamina C y carotenoides, como la provitamina A (β -caroteno), que le confieren propiedades antioxidantes.

- Vitamina B3: La lúcumá es una fuente excelente de niacina (vitamina B3), un

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

nutriente esencial para el metabolismo energético y la salud de la piel. El niacina es fundamental en la conversión de los alimentos en energía y en la formación de hormonas, particularmente las relacionadas con el estrés.

- **Antioxidantes:** La lúcuma contiene una alta concentración de antioxidantes, como los carotenoides (β -caroteno, luteína y zeaxantina), que juegan un papel esencial en la protección contra el daño celular inducido por los radicales libres, lo que contribuye a la prevención de enfermedades crónicas y al envejecimiento prematuro.
- **Fibra Dietética:** Este fruto también es rico en fibra dietética, lo que ayuda a regular el sistema digestivo y puede colaborar en la reducción de los niveles de colesterol en sangre, contribuyendo así a la prevención de enfermedades cardiovasculares.
- **Minerales:** Además de su contenido vitamínico, la lúcuma es una buena fuente de minerales como potasio, calcio, hierro y fósforo, fundamentales para la regulación de la presión arterial, la salud ósea y la función celular.

Propiedades Terapéuticas y Beneficios para la Salud

La lúcuma ha sido utilizada tradicionalmente en la medicina popular andina debido a sus propiedades curativas, especialmente en el tratamiento de afecciones digestivas y de la piel.

A nivel científico, se han documentado los siguientes beneficios potenciales:

- **Antiinflamatoria y antioxidante:** Debido a su alta concentración de antioxidantes, como los carotenoides y polifenoles, la lúcuma podría desempeñar un papel crucial en la prevención de enfermedades inflamatorias crónicas como la artritis y enfermedades cardiovasculares, reduciendo el daño oxidativo en las células.
- **Mejora la salud digestiva:** La fibra contenida en la lúcuma es beneficiosa para el sistema digestivo, promoviendo el tránsito intestinal y ayudando a la regulación de los niveles de azúcar en la sangre, lo que puede ser beneficioso para personas con diabetes tipo 2.
- **Beneficios para la piel:** Gracias a su contenido de vitamina C y antioxidantes, la lúcuma es comúnmente utilizada en productos cosméticos, donde se le atribuye propiedades anti-envejecimiento, ayudando a regenerar la piel y a mantener la hidratación.
- **Salud cardiovascular:** Su contenido en potasio ayuda a regular la presión arterial, mientras que la fibra contribuye a reducir el colesterol, lo que la convierte en un aliado

potencial en la prevención de enfermedades cardíacas.

Uso en la Industria Alimentaria y Cosmética

En la industria alimentaria, la lúcuma se utiliza principalmente en forma de pulpa congelada, polvo o extracto, para la producción de helados, jugos, batidos, yogures, cereales y productos de repostería, donde se destaca por su dulzura natural y su perfil nutricional. A pesar de su creciente presencia en mercados especializados de super alimentos, especialmente en los Estados Unidos y Europa, la lúcuma aún no ha alcanzado el nivel de exportación masivo que otras frutas andinas como el aguaje o el camu-camu.

En la industria cosmética, la lúcuma se usa debido a sus propiedades antioxidantes y humectantes, siendo incluida en cremas y lociones para la piel. En particular, sus beneficios para la regeneración celular y su alta concentración de vitamina C la hacen ideal para productos destinados al cuidado de la piel envejecida o dañada por la exposición al sol.

Razones para su Subutilización

A pesar de las propiedades beneficiosas de la lúcuma, su nivel de subutilización en mercados internacionales responde a varias causas:

- **Falta de conocimiento global:** La lúcuma, aunque apreciada localmente en los Andes, sigue siendo desconocida para muchas partes del mundo, lo que limita su demanda. A pesar de su potencial como superalimento, su comercialización ha sido comparativamente limitada frente a otros productos andinos más conocidos.
- **Desafíos logísticos y de producción:** El cultivo y la producción de lúcuma están concentrados principalmente en zonas rurales y regiones de difícil acceso en los Andes. Esto plantea dificultades tanto en la producción a gran escala como en la distribución eficiente, lo que limita su expansión internacional.
- **Competencia con otras frutas exóticas:** La lúcuma compite con otras frutas exóticas de la Amazonía como el camu-camu y el aguaje, que han ganado mayor notoriedad en los mercados internacionales, especialmente debido a su alto contenido en vitamina C y su promoción como productos de salud.
- **Incertidumbre en su procesamiento:** Aunque el polvo de lúcuma es ampliamente utilizado, la conservación y el procesamiento de la fruta fresca en mercados internacionales es un reto. Esto se debe a la fragilidad de la fruta y su limitada vida útil, lo que requiere técnicas de preservación específicas para mantener sus

propiedades.

Sacha Inchi

Figura 104

Sacha inchi, una semilla amazónica rica en nutrientes



Nota. La imagen muestra semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), una planta amazónica conocida por sus semillas en forma de estrella, ricas en ácidos grasos omega-3, omega-6 y proteínas. Este superalimento es altamente valorado por sus propiedades nutricionales y su potencial en la promoción de la salud cardiovascular. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de los cultivos amazónicos en la nutrición sostenible y la biodiversidad.

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*), también conocido como "maní de los Incas" o "peanut of the Amazon", es una planta nativa de las regiones amazónicas de Perú y otras zonas tropicales de Sudamérica. Sus semillas son reconocidas por su alto valor nutritivo, especialmente por su contenido en ácidos grasos esenciales omega-3, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. A pesar de sus extraordinarias propiedades para la salud, el Sacha Inchi sigue siendo un cultivo subutilizado a nivel global, con una producción limitada y una comercialización restringida a mercados locales o especializados.

Características Botánicas y Composición Nutricional

El Sacha Inchi es una planta trepadora que produce semillas en forma de estrella. Estas semillas, también conocidas como "nueces de Sacha Inchi", se destacan por su contenido excepcional en ácidos grasos insaturados, particularmente omega-3, que las convierte en una excelente fuente vegetal de este nutriente esencial. Además, el Sacha Inchi es rico en proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales, y en fibra dietética.

- Ácidos Grasos Omega-3: Las semillas de Sacha Inchi son especialmente conocidas

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

por su alto contenido en ácidos grasos omega-3 (ácido alfa-linolénico o ALA), que son fundamentales para la salud cardiovascular, reduciendo la inflamación y promoviendo la salud del cerebro. En comparación con otros aceites vegetales, el aceite de Sacha Inchi tiene uno de los más altos niveles de omega-3, rivalizando con el aceite de pescado.

- **Proteínas:** El Sacha Inchi es una fuente excelente de proteínas vegetales. Las semillas contienen un perfil completo de aminoácidos esenciales, lo que lo convierte en un alimento valioso para dietas vegetarianas y veganas.
- **Fibra Dietética:** La fibra contenida en las semillas de Sacha Inchi tiene un impacto positivo en la salud digestiva, favoreciendo el tránsito intestinal, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y ayudando a controlar el azúcar en la sangre.
- **Vitaminas y Minerales:** Además de los ácidos grasos y las proteínas, el Sacha Inchi contiene vitamina A, vitamina E, vitamina C y minerales como calcio, hierro y magnesio, que son importantes para el sistema inmunológico, la salud ósea, la función muscular y la protección antioxidante.

Propiedades Terapéuticas y Beneficios para la Salud

Los beneficios potenciales del Sacha Inchi para la salud son amplios, y se deben principalmente a su alto contenido de omega-3, antioxidantes y fibra. Estos beneficios incluyen:

- **Salud Cardiovascular:** Los ácidos grasos omega-3 son conocidos por su capacidad para reducir el riesgo de enfermedades del corazón, disminuir los niveles de colesterol LDL (colesterol "malo") y aumentar el colesterol HDL (colesterol "bueno"). Además, los omega-3 ayudan a reducir la inflamación sistémica, lo que es crucial para la prevención de enfermedades cardiovasculares.
- **Propiedades Antiinflamatorias y Antioxidantes:** El alto contenido de antioxidantes, como la vitamina E, contribuye a reducir el estrés oxidativo y la inflamación crónica, dos factores involucrados en el desarrollo de diversas enfermedades degenerativas como el cáncer, la diabetes tipo 2 y enfermedades neurodegenerativas.
- **Mejora la Función Cerebral:** Los ácidos grasos omega-3 presentes en el Sacha Inchi son vitales para el funcionamiento cognitivo, ayudando a mejorar la memoria, la concentración y el estado de ánimo. Además, los omega-3 son esenciales para el

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

desarrollo y la protección de las neuronas, siendo beneficiosos en la prevención de trastornos neurodegenerativos como el Alzheimer.

- **Beneficios para la Piel:** Gracias a su alto contenido de vitamina E y ácidos grasos omega- 3, el aceite de Sacha Inchi se utiliza en productos cosméticos para la hidratación y regeneración de la piel, ayudando a mantener la elasticidad y a reducir los signos del envejecimiento prematuro.
- **Control de Peso:** La fibra del Sacha Inchi contribuye a la sensación de saciedad y a la regulación del apetito, lo que puede ayudar en la gestión del peso corporal y en la prevención de la obesidad.

Usos en la Industria Alimentaria y Cosmética

El Sacha Inchi tiene aplicaciones tanto en la industria alimentaria como en la cosmética:

- **Aceite de Sacha Inchi:** El aceite extraído de las semillas es un producto muy apreciado por su alto contenido en omega-3, y se utiliza en la elaboración de aceites comestibles, aderezos y suplementos alimenticios. Este aceite también es un ingrediente clave en productos cosméticos debido a sus propiedades hidratantes y antioxidantes.
- **Polvo de Sacha Inchi:** Las semillas de Sacha Inchi también se procesan en polvo, que puede ser utilizado como suplemento proteico en batidos, galletas y otros productos alimenticios, especialmente en dietas veganas o vegetarianas, debido a su perfil completo de proteínas.
- **Cosméticos:** En la industria cosmética, el aceite de Sacha Inchi es valorado por sus propiedades anti-envejecimiento, hidratantes y regeneradoras de la piel. Se utiliza en cremas, lociones, jabones y aceites para el cuidado de la piel y el cabello.

Razones para su Subutilización

A pesar de sus múltiples beneficios y su gran potencial, el Sacha Inchi sigue siendo un cultivo

subutilizado por varias razones:

- **Producción Limitada:** Aunque la demanda de Sacha Inchi ha ido en aumento, su producción sigue siendo limitada. Esto se debe a que las condiciones óptimas de cultivo para esta planta son específicas y requieren de entornos tropicales y subtropicales. A menudo, la producción se concentra en zonas rurales de países como Perú, Ecuador y Colombia.

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

- **Falta de Infraestructura de Procesamiento:** El procesamiento adecuado de las semillas de Sacha Inchi para la extracción de aceite y la producción de productos como el polvo es relativamente complejo y requiere de infraestructura especializada. Esto limita la capacidad de los pequeños productores de acceder a mercados internacionales.
- **Competencia en el Mercado de Superalimentos:** A pesar de sus beneficios nutricionales, el Sacha Inchi compite con otros superalimentos más establecidos, como la quinoa, el camu-camu y el cacao, que ya han ganado una mayor visibilidad y aceptación a nivel mundial.
- **Conocimiento Limitado:** A pesar de su potencial, el Sacha Inchi no es tan conocido en muchas partes del mundo. Su promoción como superalimento todavía está en una etapa temprana, y existe una falta de campañas educativas y de marketing que ayuden a posicionarlo en mercados internacionales.

Los cultivos subutilizados en Perú, como la cañihua, maca, tarwi (chocho), yacón, arracacha, quinoa negra, kiwicha (amaranto), oca, lúcuma, sachu inchi y maca, representan un vasto potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y la nutrición global, gracias a sus propiedades nutritivas excepcionales y adaptabilidad a las condiciones climáticas extremas. Estos cultivos, a menudo originarios de las regiones andinas y amazónicas de Perú, poseen un perfil nutricional único, con altos contenidos de proteínas, minerales, vitaminas, ácidos grasos esenciales y antioxidantes, lo que los convierte en superalimentos de gran interés para dietas modernas y sostenibles.

Sin embargo, a pesar de su valor potencial, estos cultivos siguen siendo subutilizados debido a una serie de desafíos estructurales y económicos. Entre los obstáculos más significativos se incluyen la producción limitada, la falta de infraestructura de procesamiento adecuada, la baja visibilidad en mercados internacionales y la competencia con cultivos más conocidos a nivel global. Además, la falta de promoción, la limitada investigación y el desconocimiento acerca de sus beneficios para la salud contribuyen a su escaso desarrollo en términos de mercado.

Si bien algunos de estos cultivos han comenzado a ganar reconocimiento dentro de nichos especializados, su potencial comercial aún no ha sido completamente aprovechado. Es fundamental promover políticas que fomenten la investigación, la capacitación en técnicas

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

de cultivo y procesamiento, y una estrategia de marketing que permita posicionarlos como productos clave para la nutrición global. Con un apoyo adecuado, estos cultivos podrían no solo mejorar la seguridad alimentaria en Perú, sino también ofrecer una alternativa sostenible a los cultivos convencionales, mejorando así la diversificación de la producción agrícola y contribuyendo a un desarrollo más inclusivo y sostenible en el país y a nivel mundial.

CÁPITULO X
AGRICULTURA Y SOSTENIBILIDAD

10.1. LA AGRICULTURA SUSTENTABLE

Figura 105

Concepto de sostenibilidad ambiental y conservación



Nota. La imagen ilustra el concepto de sostenibilidad ambiental, representado por manos que sostienen un brote de planta acompañado de íconos relacionados con energías renovables, reciclaje, conservación del agua y protección del medio ambiente. Este enfoque integral refleja la importancia de adoptar prácticas sostenibles para preservar los recursos naturales y mitigar el impacto ambiental. Utilizada con fines educativos para promover la conciencia ambiental y las acciones sostenibles.

La agricultura sustentable es un modelo de producción agrícola la cual busca el equilibrio entre las necesidades de alimentación actuales junto a la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras. Su enfoque está centrado en la sostenibilidad ambiental, económica y social, promoviendo prácticas que aumenten la productividad sin dañar el entorno. Este tipo de agricultura busca mantener la fertilidad del suelo, reducir la contaminación y fomentar la biodiversidad.

Un principio fundamental de la agricultura sustentable es la conservación de los recursos naturales, aquí se incluyen prácticas como el uso eficiente del agua mediante riego por goteo, la rotación de los cultivos para así evitar la erosión de los suelos y el empleo de abonos orgánicos en lugar de químicos dañinos. También se enfoca en preservar la biodiversidad, promoviendo sistemas agroecológicos que imitan los ecosistemas naturales, como los policultivos o la inclusión de especies locales resistentes a las plagas y enfermedades.

La reducción de insumos químicos es otra prioridad de este enfoque. En lugar de depender de pesticidas y fertilizantes sintéticos dañinos para el ambiente, se fomenta el uso de

alternativas como el control biológico de plagas y el compostaje. Además, se busca implementar tecnologías limpias y renovables, como paneles solares o molinos de viento, para reducir el impacto ambiental de las actividades agrícolas.

Dentro de la agricultura sustentable los temas principales abarcan diversas áreas las cuales contribuyen a la sostenibilidad del sistema agrícola, algunas de estas son:

10.1.1. Conservación del Suelo

La conservación del suelo es esencial para garantizar la productividad agrícola a largo plazo. Técnicas como la rotación de cultivos, los cultivos de cobertura y la siembra directa ayudan a mantener la fertilidad del suelo y a prevenir su erosión. Además, el uso de abonos orgánicos y el compostaje enriquecen la estructura del suelo, promoviendo una mayor capacidad de retención de agua y nutrientes. Estas prácticas también reducen la necesidad de fertilizantes químicos, disminuyendo el impacto ambiental.

10.1.2. Gestión del Agua

La agricultura sustentable promueve un uso eficiente del agua para evitar su desperdicio. Tecnologías como el riego por goteo permiten suministrar agua directamente a las raíces de las plantas, reduciendo las pérdidas por evaporación. Asimismo, la cosecha de agua de lluvia y el almacenamiento en sistemas de riego sostenible ayudan a garantizar el suministro en épocas de sequía. Estas prácticas no solo protegen los recursos hídricos, sino que también aseguran una producción constante.

10.1.3. Agroecología

La agroecología integra principios ecológicos en la producción agrícola para crear sistemas diversificados y sostenibles. Por ejemplo, la agroforestería combina cultivos agrícolas con árboles, lo que mejora la biodiversidad y ofrece protección contra el viento y la erosión. Los policultivos también son comunes, ya que permiten un uso más eficiente de los recursos y reducen la vulnerabilidad a plagas y enfermedades.

10.1.4. Reducción de Insumos Químicos

La disminución del uso de pesticidas y fertilizantes químicos es fundamental para la sustentabilidad. En su lugar, se promueven alternativas como el control biológico de plagas, donde se utilizan depredadores naturales para mantener el equilibrio. Además, el uso de biofertilizantes y compost mejora la salud del suelo y reduce los costos para los agricultores. Esto contribuye a una producción más segura para el medio ambiente y los consumidores.

10.1.5. Biodiversidad

La biodiversidad es un pilar de la agricultura sustentable, ya que fomenta la resiliencia de los ecosistemas agrícolas. El cultivo de variedades locales y la preservación de semillas tradicionales son prácticas comunes para mantener una amplia diversidad genética. Además, la protección de hábitats cercanos a los campos agrícolas favorece la presencia de polinizadores y depredadores naturales, que son esenciales para la producción.

Figura 106

El papel de la agricultura en la conservación de la biodiversidad



Nota. La imagen destaca la relación entre la agricultura sostenible y la biodiversidad, simbolizada por una mano cubierta de musgo que sostiene una planta joven y otra mano humana que la apoya. El texto resalta la importancia de la agricultura como herramienta para preservar los ecosistemas y promover prácticas que equilibren la producción de alimentos con la conservación del medio ambiente. Utilizada con fines educativos para reflexionar sobre el impacto de las prácticas agrícolas en la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

10.1.6. Cambio Climático

La agricultura sustentable juega un papel clave en la mitigación del cambio climático. Técnicas como la siembra directa y el manejo adecuado de residuos ayudan a capturar

carbono en el suelo, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el cultivo de variedades resistentes a la sequía o adaptadas a climas extremos permite enfrentar mejor los efectos del cambio climático.

10.1.7. Energías Renovables

El uso de energías limpias en la agricultura reduce la dependencia de combustibles fósiles. Por ejemplo, los paneles solares y los biodigestores se utilizan para generar electricidad y biogás en las granjas. Esto no solo disminuye el impacto ambiental, sino que también reduce los costos energéticos a largo plazo.

Figura 107

Integración de paneles solares en sistemas agrícolas



Nota. La imagen muestra paneles solares instalados en un campo agrícola, ilustrando el concepto de agrivoltaica. Esta práctica combina la producción de energía solar con la agricultura, optimizando el uso de la tierra para generar energía limpia mientras se cultivan alimentos. Este enfoque contribuye a la sostenibilidad energética y agrícola, promoviendo prácticas que reducen el impacto ambiental. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de tecnologías innovadoras en la sostenibilidad agroenergética.

10.1.8. Justicia Social y Equidad

La agricultura sustentable promueve condiciones justas para los pequeños agricultores y comunidades rurales. Esto incluye acceso a recursos como semillas, financiamiento y mercados justos. También busca empoderar a las mujeres y jóvenes en el sector agrícola, promoviendo su participación activa y liderazgo.

10.1.9. Economía Circular

En este enfoque, los residuos agrícolas se reutilizan para maximizar los recursos. Por ejemplo, los restos de cultivos se convierten en compost o alimento para animales. De esta manera, se minimizan los desechos y se cierra el ciclo productivo, generando beneficios económicos y ambientales.

10.1.10. Educación y Capacitación

La formación de agricultores en prácticas sostenibles es crucial para la adopción de la agricultura sustentable. Los programas de capacitación enseñan a los productores a usar tecnologías eficientes, a conservar recursos y a diversificar sus cultivos. Además, fomenta una cultura de respeto por el medio ambiente y las generaciones futuras.

La agricultura sustentable trae consigo múltiples ventajas las cuales impactan de forma positiva en el medio ambiente, a la economía y a la sociedad.

10.1.11. Ventajas Ambientales

Conservación de Recursos Naturales: se preserva la fertilidad del suelo mediante las prácticas como la rotación de cultivos y el uso de abonos orgánicos, además tecnologías eficaces como el riego por goteo optimizan recursos y reduce el desperdicio.

Protección de La Biodiversidad: promueve la coexistencia entre árboles, cultivos y vida silvestre, manteniendo el equilibrio de los ecosistemas.

Mitigación del Cambio Climático: ayuda a capturar el carbono en el suelo mediante técnicas como la siembra directa y la agroforestería. También reduce las emisiones de gases de efecto invernadero al usar energías renovables y minimizar el uso de maquinaria pesada.

10.1.12. Ventajas Económicas:

Reducción De Costos: el uso de compost y el control biológico disminuye la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos costosos, además las tecnologías las tecnologías eficientes como es el riego por goteo optimizan los recursos y reducen el desperdicio.

Mayor resiliencia económica: los sistemas diversificados son más resistentes a fluctuaciones climáticas y a plagas, lo cual protege a las cosechas de las plagas. También abre acceso a mercados de productos orgánicos.

Generación De Empleo Local: promueve actividades agrícolas diversificadas, lo que genera trabajo en comunidades rurales.

Figura 108

Ciclo de producción agrícola sostenible



Nota. La imagen ilustra el ciclo de producción agrícola sostenible mediante íconos que representan el aprovechamiento de la energía solar, el uso de maquinaria eficiente, la cosecha, las buenas prácticas agrícolas y la gestión responsable del agua. Este enfoque resalta la integración de tecnologías y métodos sostenibles para optimizar la producción de alimentos mientras se protege el medio ambiente. Utilizada con fines educativos para promover la implementación de sistemas agrícolas resilientes y sostenibles.

10.1.13. Ventajas Sociales

Seguridad Alimentaria: proporciona alimentos nutritivos y de mejor calidad, mejorando la salud de los consumidores.

Fomenta la producción local reduciendo la importancia de importaciones.

Empoderamiento de Comunidades Rurales: da herramientas a los pequeños agricultores para ser autosuficientes y mejorar la calidad de vida. También promueve la equidad de género, incentivando así la participación de mujeres jóvenes.

Educación y Conciencia Ambiental: forma a las comunidades en prácticas sostenibles, fomentando una relación armónica con la naturaleza y el entorno.

Según la autora Gishela Osorio Soto en su estudio “Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento” en el año 2008, nos explica que, gracias al cambio climático, ha traído grandes problemas al planeta, uno de los principales es la escasez de alimentos, ante esto

se necesitaría que los agricultores modernicen sus prácticas y que el suministro de alimentos sea de mayor cantidad y calidad, sin dañar el medio ambiente en el cual vivimos. También se mencionaron tecnologías de gran ayuda, como son los invernaderos, los cuales permiten controlar diversos factores y el método de la hidroponía.

Otro estudio el cual se titula “Agricultura sustentable: cultivar un futuro más verde” de la empresa “BASF Agricultural Solutions” del año 2024, explican algunos conceptos como es la agricultura sustentable, cuáles son las ventajas de esta, como la preservación de recursos, eficacia de productos, producción local adaptada. También se mencionan unas prácticas de la agricultura sustentable, como la siembra directa, el uso del compostaje, uso de tecnologías sustentables (como drones, sensores, sistemas de riego, etc.) la rotación de cultivos, utilización eficiente del agua, entre otros.

Figura 109

Uso de drones en la agricultura de precisión



Nota. La imagen muestra un dron sobrevolando un campo agrícola durante el atardecer, simbolizando el uso de tecnología avanzada en la agricultura de precisión. Los drones permiten monitorear cultivos, aplicar insumos de manera eficiente y recopilar datos para optimizar la producción, reduciendo costos e impactos ambientales. Utilizada con fines educativos para destacar el papel de la innovación tecnológica en la agricultura sostenible y moderna.

10.2. EL CUIDADO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS

El concepto de recursos genéticos en la agricultura, ganadería y biodiversidad silvestre se refiere a la diversidad genética presente en plantas, animales y otros organismos que son esenciales para la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad. Estos recursos son fundamentales para el desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria y la adaptación al

cambio climático.

Los recursos genéticos de las plantas incluyen todo el material hereditario de las especies de cultivos y sus parientes silvestres. Son cruciales para aumentar la resiliencia agrícola y la seguridad alimentaria global (Ebert & Engels, 2020a). La conservación de esta diversidad es vital

para el desarrollo de nuevas variedades de cultivos con características deseables (Salgotra & Chauhan, 2023a). La integración de herramientas genómicas y fenómicas en la gestión de germoplasma y bancos de genes mejora la conservación y utilización de los recursos genéticos de cultivos (Ebert & Engels, 2020b).

La biodiversidad del ganado es un componente esencial de la biodiversidad total, y su conservación es crucial para asegurar sistemas agrícolas sostenibles (Sponenberg, 2020). La implementación de sistemas de información geográfica (GIS) ayuda a monitorear y conservar estos recursos (Jelokhani-Niaraki & Omidipour, 2023). Las áreas de alta diversidad de especies, tanto silvestres como domesticadas, son cruciales para la conservación de la biodiversidad. Estas áreas a menudo se superponen con hotspots de agrobiodiversidad, lo que resalta la necesidad de un enfoque unificado para su conservación (Pironon et al., 2020).

10.2.1. Importancia de los recursos genéticos para la seguridad alimentaria global

Los recursos genéticos son fundamentales para la seguridad alimentaria global, ya que proporcionan la base genética necesaria para desarrollar cultivos más resilientes y nutritivos, esenciales para alimentar a una población mundial en crecimiento y enfrentar los desafíos del cambio climático.

Diversidad Genética y Resiliencia: Los recursos genéticos de plantas y animales son cruciales para aumentar la resiliencia de la agricultura frente a cambios ambientales y para mejorar la productividad agrícola (Chikelu et al., 2021). La diversidad genética permite el desarrollo de nuevas variedades de cultivos que pueden resistir plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas (Ghamkhar et al., 2024a).

Mejoramiento Genético y Seguridad Alimentaria: La utilización de recursos genéticos en programas de mejoramiento ha sido clave para aumentar los rendimientos de cultivos y mejorar su calidad nutricional. Esto es esencial para satisfacer la creciente demanda de

alimentos (Thudi et al., 2020).

Conservación y Uso Sostenible: La conservación de la diversidad genética es vital para el desarrollo sostenible de nuevas variedades de cultivos. Herramientas biotecnológicas avanzadas, como la secuenciación de próxima generación y los bancos de genes, ayudan a conservar y caracterizar especies raras y en peligro (Ghamkhar et al., 2024b).

10.2.2. Prácticas tradicionales de conservación en culturas agrícolas antiguas

Las prácticas agrícolas tradicionales han sido fundamentales para la sostenibilidad ecológica y la preservación cultural en diversas culturas antiguas. Estas prácticas, basadas en el conocimiento indígena y la interacción con el entorno natural, han permitido a las comunidades mantener un equilibrio entre la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad.

Las prácticas agrícolas tradicionales incorporan un profundo conocimiento indígena que promueve la sostenibilidad ecológica. Estas prácticas no solo aseguran la subsistencia, sino que también preservan la biodiversidad y el patrimonio cultural. La gestión comunitaria de los recursos naturales y la diversidad de cultivos son aspectos clave que contribuyen a la resiliencia de estos sistemas frente a desafíos ambientales contemporáneos (Fenetiruma & Kamakaula, 2023).

En la India, las técnicas tradicionales de conservación del agua, como la recolección de agua de lluvia y el uso de tanques de almacenamiento, han sido esenciales para la supervivencia en regiones áridas. Estas prácticas, que datan de la civilización del valle del Indo, siguen siendo efectivas y, en algunos casos, superan a las técnicas modernas de ahorro de agua (Verma, 2022).

Los métodos antiguos de almacenamiento de semillas y manejo de plagas en la India han demostrado ser ecológicos y sostenibles. Estos métodos, documentados en textos clásicos como el Arthashastra y el Vrikshayurveda, han mantenido la fertilidad del suelo y la biodiversidad durante siglos, y están siendo redescubiertos por su bajo impacto ambiental (Shaila & Begum, 2021).

En Indonesia, el ritual agrícola tradicional conocido como barong lodok es un ejemplo de cómo las prácticas culturales pueden integrarse con la conservación de la naturaleza. Este ritual no solo gestiona la agricultura, sino que también promueve la armonía social y la

conservación del entorno natural (Niman, 2023).

La agricultura de conservación, que incluye prácticas como la labranza cero y la retención de residuos, ha mostrado beneficios significativos en términos de eficiencia del uso del agua y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Estas prácticas son esenciales para mitigar el cambio climático y promover la sostenibilidad en regiones como el sur de Asia (Jat et al., 2020).

Transición hacia la conservación ex situ (bancos de semillas) y su contexto histórico

Figura 110

Agricultura tradicional en los Andes



Nota. La imagen muestra a un agricultor andino utilizando herramientas manuales tradicionales para preparar la tierra en un terreno de cultivo. Esta práctica refleja el conocimiento ancestral y la conexión con el entorno natural, características esenciales de la agricultura sostenible en comunidades rurales de los Andes. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia de preservar las tradiciones agrícolas y su contribución a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental.

La transición hacia la conservación ex situ, específicamente a través de bancos de semillas, ha sido una respuesta clave a la pérdida de biodiversidad y la degradación de hábitats. Esta práctica se ha desarrollado históricamente como una estrategia para preservar la diversidad genética de plantas y asegurar la disponibilidad de semillas para la restauración de ecosistemas.

Papel de las variedades silvestres como reservorios de resistencia genética

Las variedades silvestres desempeñan un papel crucial como reservorios de resistencia genética, proporcionando genes valiosos para mejorar la resistencia a enfermedades y plagas en cultivos domesticados. Estas variedades ofrecen una fuente de variabilidad

genética que puede ser utilizada para desarrollar cultivos más resistentes y sostenibles.

Reservorios de Genes de Resistencia: Las variedades silvestres contienen genes de resistencia que no están presentes en las variedades comerciales debido a cuellos de botella genética durante la domesticación. Estos genes pueden ser utilizados para mejorar la resistencia a enfermedades en cultivos como el trigo, cebada, girasol, frijoles, cacahuates, arroz y okra (Akem et al., 2000).

Diversidad Genética: Las especies silvestres de cultivos como el trigo, cebada, girasol y arroz son fuentes importantes de diversidad genética, lo que permite la identificación de nuevos genes de resistencia que pueden ser introducidos en cultivos domesticados para mejorar su resistencia a enfermedades y plagas (Ovesná et al., 2023).

Clonación de Genes de Resistencia: Técnicas como la secuenciación de enriquecimiento de genes de resistencia (AgRenSeq) permiten la clonación rápida de genes de resistencia de variedades silvestres, como se ha demostrado en el trigo para la resistencia al óxido del tallo (Arora et al., 2019).

Mejoramiento de Cultivos: Las variedades silvestres se utilizan para introducir genes de resistencia en cultivos domesticados mediante técnicas de hibridación y retrocruzamiento asistido por marcadores, como se ha hecho en el cacahuete para la resistencia al nematodo de la raíz (Ballén-Taborda et al., 2022).

Resistencia a Enfermedades y Plagas: Las variedades silvestres han mostrado resistencia a diversas enfermedades y plagas, como el oídio en girasol, el mosaico común del frijol en *Phaseolus vulgaris*, y el nematodo de la raíz en cacahuates (Awale et al., 2024).

Ejemplos: uso de variedades silvestres de trigo y arroz para combatir enfermedades.

El uso de variedades silvestres de trigo y arroz ha sido una estrategia clave en la mejora genética de cultivos para aumentar la resistencia a enfermedades y mejorar la seguridad alimentaria. Estas variedades proporcionan recursos genéticos valiosos que pueden ser utilizados para enfrentar desafíos agrícolas actuales y futuros.

Resistencia a Enfermedades: Las variedades silvestres de trigo han sido fundamentales para desarrollar resistencia a diversas enfermedades fúngicas, como la roya y el tizón. La resistencia genética es preferible al uso de pesticidas químicos, ya que ofrece una solución más sostenible y duradera (King et al., 2024).

Diversificación Genética: La diversificación de los bancos de genes de trigo es crucial

para mejorar la resistencia a enfermedades y aumentar el rendimiento en diferentes entornos. Esto es especialmente importante bajo condiciones climáticas impredecibles y estrés biótico (Krut, 2023).

Manejo del Agua y Estrés Biótico: En el caso del arroz, las prácticas de manejo del agua y la mejora de variedades mediante el uso de razas locales y parientes silvestres son estrategias clave para enfrentar el cambio climático y las nuevas epidemias (Pérez-Méndez et al., 2021a).

Innovaciones Genéticas: Las tecnologías avanzadas, como la fenómica y la secuenciación de próxima generación, están siendo utilizadas para identificar y utilizar variaciones genéticas exóticas que mejoran la resistencia a enfermedades en el arroz (Pérez-Méndez et al., 2021b).

Necesidad de Innovación Continua: La búsqueda continua de nuevos genes de resistencia es esencial para contrarrestar las poblaciones de patógenos que evolucionan rápidamente. Los parientes silvestres de los cultivos son recursos valiosos en esta búsqueda (Niranjana et al., 2022).

Colaboración Interdisciplinaria: La integración de enfoques agronómicos, genéticos y tecnológicos es necesaria para avanzar hacia una agricultura más sostenible y resistente a enfermedades (Pérez-Méndez et al., 2021c).

10.2.3. Convenio sobre la diversidad biológica (1992)

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de 1992 es un tratado internacional fundamental que busca la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos (Mcneely, 2021a). Este convenio fue adoptado durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro y entró en vigor en 1993, con la participación de casi todos los países del mundo, excepto Estados Unidos (Burgess, 2021a).

El CDB establece que los países tienen derechos soberanos sobre sus recursos genéticos y promueve el acceso y la distribución de beneficios (ABS, por sus siglas en inglés) de manera equitativa, principios que fueron posteriormente operacionalizados en el Protocolo de Nagoya de 2010 (Wyss & Muyldermans, 2023a). Además, el CDB reconoce la importancia del conocimiento ecológico tradicional y los derechos de las comunidades

indígenas, integrando estos aspectos en sus estrategias de conservación (Takahashi et al., 2023).

A pesar de sus logros, el CDB enfrenta varios desafíos. La pérdida de biodiversidad continúa a un ritmo alarmante, y las metas establecidas, como las Metas de Aichi, no han sido suficientemente ambiciosas para detener esta tendencia (Burgess, 2021b). Además, existe una brecha significativa en el financiamiento necesario para la conservación global de la biodiversidad, lo que limita la efectividad de las iniciativas del CDB (Burgess, 2021c). La implementación del CDB varía entre países, con desafíos específicos en la integración de valores locales y el conocimiento indígena en las políticas de conservación (Qin, 2020a). En China, por ejemplo, la implementación del CDB ha evolucionado con el tiempo, reflejando cambios en la filosofía de desarrollo y la percepción de los intereses ambientales nacionales (Qin, 2020b). A nivel global, se requiere un enfoque más dinámico y participativo para mejorar la gobernanza local y asegurar la efectividad de las áreas protegidas (Cardona et al., 2022).

Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992)

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de 1992 es un marco legal internacional crucial para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, así como para el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos.

Conservación y Uso Sostenible: El CDB fue adoptado en respuesta a siglos de explotación de la biodiversidad y busca asegurar un reparto equitativo de los beneficios entre el Norte y el Sur global (Heinrich & Hesketh, 2019).

Derechos Soberanos: Reconoce los derechos soberanos de los países sobre sus recursos genéticos y establece principios de acceso y reparto de beneficios (ABS), que se han operacionalizado en el Protocolo de Nagoya (Wyss & Muyldermans, 2023b).

Implementación y Cooperación: Aunque el BDC ha establecido un marco para la conservación y el uso sostenible, su implementación efectiva requiere cooperación internacional y adaptación a problemas ambientales emergentes (Umirbek, 2024).

Definición y Regulación: Aún existen lagunas en la definición legal de "recursos genéticos" y en la regulación de la biotecnología, lo que complica la aplicación uniforme del CDB (Vylegzhanin & Sotskova, 2023).

Conocimiento Tradicional: El CDB ha destacado la importancia del conocimiento

ecológico tradicional y los derechos de los pueblos indígenas, integrándolos en la conservación de la biodiversidad (Mcneely, 2021b).

Protocolos Asociados: El Protocolo de Nagoya, por ejemplo, aborda específicamente la utilización justa de los recursos genéticos y el reparto de beneficios, aunque enfrenta desafíos en su aplicación práctica (Lessa & Smith, 2023).

Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (2001)

El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, conocido como el Tratado de Plantas, fue aprobado el 3 de noviembre de 2001 por los miembros de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con sede en Roma, Italia (Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (2001), comunicación personal, 2020a). Este tratado establece normas internacionales para la conservación e intercambio de material genético vegetal entre los países participantes, lo cual es crucial para la seguridad alimentaria global y la mejora de cultivos (Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (2001), comunicación personal, 2020b).

El tratado implementa un Sistema Multilateral (MLS) para facilitar el acceso a los recursos genéticos vegetales y compartir los beneficios de manera justa y equitativa. Este sistema se aplica a más de 64 cultivos y forrajes principales (Gullotta et al., 2023a). Los recursos pueden ser utilizados para la investigación, mejoramiento y capacitación, y cuando se desarrolla un producto comercial a partir de estos recursos, el tratado prevé el pago de una parte equitativa de los beneficios monetarios resultantes (Gullotta et al., 2023b).

El tratado reconoce la contribución significativa de los agricultores y sus comunidades en la conservación y desarrollo de los recursos genéticos vegetales. Esto se traduce en los Derechos de los Agricultores, que incluyen la protección del conocimiento tradicional y el derecho a participar equitativamente en la distribución de beneficios y en la toma de decisiones nacionales sobre recursos genéticos vegetales (Vaccino et al, 2024a).

La implementación del tratado varía entre los países, con algunos, como Italia, desarrollando programas nacionales para cumplir con sus disposiciones, como el programa RGV-FAO que conserva una amplia variedad de accesiones de cultivos (Vaccino et al.,

2024b). Sin embargo, se han identificado desafíos en la disponibilidad de una visión general comprensiva y consistente de los recursos genéticos vegetales disponibles bajo las condiciones del tratado, lo que podría mejorarse mediante la adopción del Sistema de Información Global (GLIS) (Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (2001), comunicación personal, 2020c).

10.2.4. Sobreexplotación de recursos genéticos silvestres para fines comerciales.

La sobreexplotación de recursos genéticos silvestres para fines comerciales es un problema global que afecta la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas. Este fenómeno implica la extracción excesiva de especies silvestres, lo que puede llevar a la disminución de sus poblaciones y a la pérdida de diversidad genética, afectando su capacidad de adaptación y supervivencia a largo plazo.

La sobreexplotación puede tener efectos variados en la diversidad genética de las especies. En el caso de la foca antártica, a pesar de haber sido cazada casi hasta la extinción, se mantuvieron niveles relativamente altos de variabilidad genética, lo que sugiere que las disminuciones dramáticas a corto plazo no siempre resultan en pérdidas significativas de diversidad genética (Paijmans et al., 2020). De manera similar, el croaker amarillo grande en el Mar de China Oriental mostró estabilidad genética a pesar de la sobreexplotación, indicando que las poblaciones aún conservan suficiente diversidad genética para su recuperación (Xu et al., 2022). La sobreexplotación no solo afecta la genética de las especies, sino también sus roles ecológicos y económicos. Por ejemplo, los pepinos de mar en el Atlántico Norte y el Mediterráneo han experimentado un declive significativo debido a la sobrepesca, lo que afecta negativamente a las comunidades bentónicas y los ecosistemas (Ciriminna et al., 2024a). Además, la explotación de plantas y sus dispersores de semillas puede llevar a la extinción local de especies interdependientes, afectando la biodiversidad y los medios de vida rurales (De Angeli et al., 2021).

Para mitigar los efectos de la sobreexplotación, se han propuesto diversas estrategias de conservación. En el caso de las orquídeas epífitas en Ecuador, se recomienda la implementación de estrategias de conservación in situ y ex situ para proteger el acervo genético y promover la conectividad entre poblaciones silvestres (Riofrío et al., 2023). En Asia Central, se sugiere la conservación in situ para poblaciones de nogal común con

niveles de amenaza menores, y la regeneración asistida en áreas con amenazas severas (Gaisberger et al., 2020)

El equilibrio entre la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad sigue siendo un desafío. En la Comunidad Andina de América del Sur, se destaca la necesidad de enfoques flexibles y específicos para cada contexto, involucrando a las comunidades locales y su conocimiento ecológico tradicional para lograr una gestión efectiva (Kor et al., 2021). Además, la acuicultura se presenta como una solución potencial para reducir la presión sobre las poblaciones silvestres, como se observa en el caso de los pepinos de mar (Ciriminna et al., 2024b).

10.2.5. Estrategias para preservar recursos genéticos en sus hábitats naturales

La conservación de recursos genéticos es crucial para mantener la biodiversidad y asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas. Existen dos estrategias principales para la conservación: in situ y ex situ, cada una con sus propias ventajas y desafíos.

La conservación in situ implica proteger especies en su entorno natural, permitiendo que continúen sus procesos evolutivos y ecológicos. Esto es esencial para mantener las interacciones ecológicas y es más económico, además de fomentar la participación pública y preservar ecosistemas completos (JanVALKOUN, comunicación personal, 2018).

Desafíos: Requiere grandes áreas de tierra y puede ser difícil de implementar en regiones con alta densidad de población humana (Mahanayak & Orcid, 2024).

La conservación ex situ se realiza fuera del hábitat natural, en lugares como bancos de semillas, jardines botánicos y zoológicos. Es crucial para especies en peligro crítico o cuyos hábitats están severamente amenazados, proporcionando un respaldo genético y facilitando programas de reproducción y educación pública (Yadav et al., 2024).

Métodos: Incluye criopreservación, bancos de polen y ADN, y cultivos de crecimiento lento, entre otros (Fernandes et al., 2022).

Optimización: Se pueden utilizar datos geográficos y ambientales para optimizar las colecciones ex situ, asegurando la captura de la diversidad genética necesaria para mantener el potencial evolutivo (Di Santo & Hamilton, 2020).

Trans Situ Conservation: Una estrategia emergente que integra medidas in situ y ex situ para proteger la diversidad genética de los parientes silvestres de cultivos, mejorando la

resiliencia frente a inestabilidades climáticas, económicas y políticas (Riordan & Nabhan, 2019).

Bancos de germoplasma y centros de conservación

Figura 111

Cultivo de microalgas en laboratorio



Nota. La imagen muestra matraces con cultivos de microalgas en un laboratorio, utilizados para investigaciones relacionadas con biocombustibles, nutrición y mitigación del cambio climático. Las microalgas son una fuente prometedora de energía renovable y compuestos bioactivos, debido a su alta eficiencia fotosintética y capacidad para crecer en condiciones controladas. Utilizada con fines educativos para resaltar el potencial de las biotecnologías basadas en microalgas en la sostenibilidad energética y ambiental.

Los bancos de germoplasma y centros de conservación son fundamentales para la preservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria global. Estos bancos almacenan recursos genéticos de plantas, permitiendo su conservación a largo plazo y su uso en la investigación, la agricultura y la restauración de ecosistemas. La conservación de germoplasma es crucial para mantener la diversidad genética de las plantas, lo cual es esencial para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola. Los recursos genéticos de las plantas son la base de la agricultura y la seguridad alimentaria, y su conservación permite el desarrollo de nuevas variedades de cultivos que pueden resistir enfermedades y condiciones climáticas adversas (Priyanka et al., 2021).

Los métodos de conservación ex situ incluyen bancos de semillas, cultivos de tejidos, criopreservación, y bancos de ADN y polen. Estos métodos permiten almacenar el material

genético de las plantas durante largos periodos, asegurando su disponibilidad para futuras generaciones (Yadav et al., 2024; Van Den Houwe et al., 2020). Los bancos de semillas son particularmente importantes, ya que permiten la conservación de una amplia variedad de especies vegetales, incluyendo aquellas que son difíciles de almacenar y germinar (Yenson et al., 2023a).

A pesar de su importancia, los bancos de germoplasma enfrentan desafíos significativos, como la necesidad de mejorar la eficiencia en la gestión y la conservación de la diversidad genética. Se requiere una mayor inversión en investigación y colaboración internacional para superar estas limitaciones y mejorar los sistemas de conservación actuales (Camadro & Rimieri, 2021).

Además, es crucial desarrollar estrategias para identificar y conservar especies excepcionales que no se adaptan bien a los métodos de conservación convencionales (Yenson et al., 2023b).

Existen varias iniciativas a nivel mundial que destacan en la conservación de germoplasma. Por ejemplo, el Centro Internacional de Tránsito de Germoplasma de Musa (ITC) conserva una amplia colección de accesiones de banano, asegurando su diversidad genética y facilitando su uso en programas de mejoramiento (Van Den Houwe et al., 2020). En Australia, los bancos de semillas juegan un papel vital en la conservación de plantas amenazadas, representando más del 67% de las plantas en peligro de extinción en el país (Yenson et al., 2023c).

Uso de la ingeniería genética para la conservación de especies en peligro

La ingeniería genética se está utilizando como una herramienta innovadora para la conservación de especies en peligro de extinción. Esta tecnología ofrece varias estrategias prometedoras para abordar la pérdida de biodiversidad y mejorar la resiliencia genética de las especies amenazadas.

DNA y Monitoreo Genético: El uso de ADN ambiental (eDNA) es una herramienta efectiva para el monitoreo de especies y hábitats, permitiendo la detección de especies en peligro sin necesidad de capturarlas físicamente. Esto ha sido exitoso en casos específicos como el pez Napoleón y las tortugas verdes (Telaumbanua et al., 2024a).

CRISPR y Edición Genética: Las técnicas de edición genética como CRISPR tienen el potencial de mejorar la resiliencia genética de las especies, aunque enfrentan desafíos

regulatorios y éticos significativos (Telaumbanua et al., 2024b).

Clonación y Transferencia Nuclear de Células Somáticas (SCNT): La clonación, especialmente a través de la transferencia nuclear de células somáticas, se está explorando para la conservación de especies en peligro. Esta técnica permite la producción de individuos genéticamente idénticos y puede ser utilizada para rescatar especies en peligro o incluso extinguidas (Cowl et al., 2023).

Genómica Avícola y Células Madre: En el caso de las aves, se están utilizando datos genómicos y enfoques de células madre para predecir tendencias poblacionales y facilitar la reproducción de especies en peligro, como el pavo real verde (Intarapat et al., 2023).

Preocupaciones Éticas y Regulatorias: La aplicación de estas tecnologías plantea preocupaciones éticas sobre la interferencia humana en la naturaleza y la necesidad de regulaciones adecuadas para su implementación segura (Pilz et al., 2023).

Diversidad Genética Funcional: Se argumenta que la diversidad genética funcional, más que la diversidad genética neutral, es crucial para la supervivencia a largo plazo de las especies, lo que requiere un entendimiento más profundo de la historia demográfica y las relaciones ecológicas (Teixeira & Huber, 2020).

Ejemplos de éxito en programas de reproducción asistida

Los programas de reproducción asistida han experimentado varios éxitos notables gracias a avances tecnológicos y metodológicos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de éxito en estos programas:

Inteligencia Artificial (IA): La IA ha mejorado significativamente la eficiencia de los procedimientos de tecnología de reproducción asistida (ART). Algoritmos específicos ayudan a identificar pacientes con riesgo de endometriosis, optimizar la producción de gametos y calcular tasas de implantación, lo que aumenta la eficacia de los tratamientos de fertilidad (Bulletti et al., 2023).

Microchips de Microfluídica: Estos dispositivos permiten una evaluación más precisa y eficiente de espermatozoides, óvulos y embriones, mejorando la selección de muestras de alta calidad para lograr embarazos exitosos. Esta tecnología puede combinarse con IA para asistir a los embriólogos en sus actividades diarias (Wu et al., 2023).

Fertilización In Vitro (FIV): Desde el nacimiento del primer "bebé probeta" en 1978, la FIV ha sido un pilar en la reproducción asistida, con más de 8 millones de nacimientos en todo

el mundo. Este método ha evolucionado para incluir técnicas como la inyección intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI) y la transferencia de embriones criopreservados (Chmel & Cekal, 2020).

Transferencia de Embriones Únicos: Para minimizar complicaciones como embarazos múltiples, se ha promovido la transferencia de un solo embrión, lo que ha demostrado ser una práctica segura y efectiva (Graham et al., 2022).

Enfermedades Crónicas: Las mujeres con ciertas enfermedades crónicas, como la diabetes tipo 1 y la epilepsia, tienen tasas de éxito comparables a otras mujeres que se someten a ART, lo que indica que estos tratamientos pueden ser efectivos incluso en presencia de condiciones médicas complejas (Nørgård et al., 2021).

10.2.6. Iniciativas para reconocer y proteger este conocimiento

Existen diversas iniciativas para reconocer y proteger el conocimiento tradicional, especialmente en el contexto de las comunidades indígenas y locales. Estas iniciativas buscan documentar, proteger y devolver a la sociedad el conocimiento tradicional, enfrentando desafíos en la era de la ciencia abierta y la globalización.

España: Se han desarrollado iniciativas como el Inventario Español de Conocimiento Tradicional relacionado con la Biodiversidad y la plataforma en línea CONECT-e. Estas iniciativas documentan el uso tradicional de flora, fauna y otros elementos, promoviendo el intercambio libre de conocimiento mediante licencias de copyleft. Sin embargo, se enfrentan al desafío de garantizar la soberanía de datos de los poseedores del conocimiento (Reyes- García et al., 2021).

Protocolos y Declaraciones: A nivel internacional, se han establecido marcos legales como el Protocolo de Nagoya, que asegura el consentimiento informado previo y el reparto justo de beneficios derivados del uso del conocimiento tradicional. La Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas también subraya la importancia de reconocer y respetar los derechos de estos pueblos sobre su conocimiento y patrimonio cultural (Patange, 2023).

Adaptación de cultivos tradicionales mediante la recuperación de variedades antiguas

La adaptación de cultivos tradicionales mediante la recuperación de variedades antiguas es una estrategia clave para enfrentar el cambio climático y fortalecer la resiliencia de los

sistemas agrícolas. Esta estrategia se centra en utilizar el conocimiento tradicional y las variedades de cultivos que han evolucionado para adaptarse a condiciones ambientales específicas a lo largo del tiempo.

Resiliencia Climática: Las variedades tradicionales de cultivos, como las cultivadas en los Andes, son más resilientes a las adversidades climáticas debido a su adaptación a condiciones locales específicas. Aunque pueden generar menores beneficios económicos a corto plazo, ofrecen una mayor capacidad de adaptación a largo plazo frente al cambio climático (Montevecchio et al., 2023a).

Conocimiento Tradicional: En regiones como India, el conocimiento tradicional es crucial para mejorar la capacidad adaptativa de los agricultores. Sin embargo, las políticas actuales a menudo no integran adecuadamente este conocimiento, lo que limita su efectividad (Singh et al., 2021).

Gestión de la Biodiversidad: En el Mediterráneo, la agroecología promueve la gestión de la biodiversidad para reducir riesgos y daños por plagas, aumentando la materia orgánica del suelo y reduciendo la dependencia de combustibles fósiles (Aguilera et al., 2020).

Políticas Inteligentes: Se sugiere implementar políticas agrícolas inteligentes que equilibren los objetivos económicos, culturales y de adaptación, como la política de agua en los Andes, que puede ser efectiva, pero también puede obstaculizar el desarrollo de cultivos tradicionales (Montevecchio et al., 2023b).

Desarrollo de Nuevas Variedades: A nivel global, se requiere el desarrollo de nuevas variedades de cultivos que puedan adaptarse a las condiciones cambiantes del clima. Esto incluye la necesidad de esfuerzos de mejoramiento específicos por región para asegurar una adaptación exitosa (Zabel et al., 2021).

Co-producción de Conocimiento: La integración de perspectivas de los agricultores y el conocimiento tradicional en las políticas puede mejorar la adaptación agrícola al cambio climático, aunque actualmente existen brechas significativas en la implementación de este enfoque (Singh et al., 2021).

10.2.7. Programas internacionales como FAO, CGIAR, y Biodiversity International

Los programas internacionales como la FAO, CGIAR y Biodiversity International desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad, la seguridad

alimentaria y el desarrollo sostenible. Estos programas colaboran a nivel global para abordar desafíos ambientales y agrícolas, promoviendo la investigación y la implementación de políticas efectivas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha implementado programas como el Plan de Acción Global sobre Recursos Fitogenéticos y el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Estos instrumentos internacionales buscan conservar y utilizar de manera sostenible la biodiversidad vegetal, garantizando la seguridad alimentaria y enfrentando desafíos como el cambio climático (Romanciuc, 2021). Además, la FAO lanzó el programa de Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial (GIAHS) para identificar y preservar sistemas agrícolas de importancia global, promoviendo el desarrollo sostenible y la conservación de la agrobiodiversidad (Santoro et al., 2020).

El CGIAR es una red de institutos de investigación agrícola financiados públicamente que ha trabajado durante cinco décadas para aumentar la abundancia de alimentos, reducir el hambre y la pobreza, y mitigar el impacto ambiental de la agricultura en países de ingresos bajos y medios. Su programa formalizado sobre cambio climático, iniciado en 2009, ha generado resultados significativos en políticas de desarrollo agrícola bajo el cambio climático, aunque la mayoría de estos resultados están en etapas tempranas de madurez (Nowak et al., 2022a). Además, el CGIAR ha sido un actor clave en la investigación sobre resistencia de plantas hospedantes, aunque su participación en disciplinas de interés público como el control biológico es menor (Wyckhuys & Hadi, 2023).

Biodiversity International, en alianza con el CGIAR, se centra en la investigación y el desarrollo para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad agrícola. Esta colaboración busca integrar enfoques agroecológicos y medidas impulsadas por la biodiversidad para extender el alcance de la ciencia y desbloquear cambios transformadores en los sistemas agrícolas (Obura et al., 2023).

A pesar de los avances, estos programas enfrentan desafíos significativos, como la necesidad de enfoques más integradores a nivel de sistemas y la mejora de la capacidad de monitoreo, evaluación y aprendizaje para maximizar el impacto de la investigación orientada a resultados (Nowak et al., 2022b). La colaboración internacional y la inversión intencionada en capacidades de investigación son esenciales para abordar estos desafíos y

asegurar la relevancia global de sus esfuerzos (Byerlee & Lynam, 2020).

10.2.8. Políticas gubernamentales para fomentar la conservación y uso sostenible

Las políticas gubernamentales juegan un papel crucial en la promoción de la energía renovable y la construcción sostenible. En varios países, se han implementado estándares de eficiencia energética y tarifas de alimentación para fomentar el uso de energías renovables. Estas políticas han demostrado ser efectivas en países como Estados Unidos, Alemania y China, donde se han desarrollado sistemas de certificación de rendimiento energético para edificios (Lu et al., 2020). Además, en China, se han adoptado incentivos económicos y actividades de apoyo para promover la construcción sostenible, aunque se enfrentan desafíos en la integración de dimensiones sociales y económicas (Chang et al., 2016).

En el ámbito de la conservación de recursos naturales, las políticas gubernamentales han sido fundamentales para la gestión sostenible de los bosques y la tierra. En Nepal, por ejemplo, se han implementado planes nacionales de silvicultura y políticas de gestión forestal sostenible que enfatizan la gobernanza equitativa y la participación comunitaria (Regmi et al., 2023). Asimismo, en Brasil, la planificación del uso del suelo ha sido clave para la conservación de espacios verdes, destacando la importancia de la colaboración entre actores diversos y la flexibilidad en la gestión (Bridges, 2024).

Los incentivos económicos, como los pagos por servicios ecosistémicos, han sido utilizados para fomentar la gestión sostenible de la tierra. En Bolivia, un programa de incentivos en especie ha demostrado aumentar los valores ambientales y el apoyo a la intervención gubernamental, sugiriendo que los enfoques basados en normas pueden ser efectivos (Grillos et al., 2019). En África Occidental, la promoción de cultivos subutilizados también depende de políticas que integren la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria, resaltando la necesidad de coherencia en las políticas sectoriales (Bilali et al., 2024).

Las políticas y regulaciones gubernamentales son esenciales para promover edificios verdes, que reducen el consumo de energía y minimizan el impacto ambiental. Los códigos de construcción obligatorios y los incentivos financieros, como créditos fiscales y subvenciones, son herramientas efectivas para fomentar prácticas de construcción

sostenibles (Díaz-López et al., 2021). Estas políticas no solo establecen estándares claros, sino que también pueden influir en el mercado al priorizar edificios verdes en proyectos públicos, creando un efecto dominó en el sector privado (Soyombo et al., 2024).

10.2.9. Proyectos comunitarios y programas educativos destacados

El cuidado de los recursos genéticos es crucial para la sostenibilidad agrícola y la conservación de la biodiversidad. Los proyectos comunitarios y programas educativos desempeñan un papel vital en la gestión y protección de estos recursos, promoviendo la educación y la participación comunitaria.

Capacitación en Gestión de Recursos Genéticos Vegetales: Un programa propuesto en los Estados Unidos busca educar a los gestores actuales y futuros de bancos de germoplasma mediante bibliotecas de recursos en línea, cursos y talleres. Este enfoque asegura la disponibilidad de información clave sobre la conservación de recursos genéticos y su viabilidad a largo plazo (Volk et al., 2019).

Educación en Genética para Profesionales de la Salud: Programas como Gen-Equip han desarrollado recursos de aprendizaje en línea para mejorar las habilidades genéticas de los profesionales de atención primaria, lo que ha demostrado mejorar significativamente el conocimiento y la práctica en genética (Jackson et al., 2018). Además, un programa piloto en Japón mostró que la educación genética para enfermeras de salud pública puede aumentar la alfabetización genética comunitaria (Kawasaki et al., 2021).

Colaboración Comunitaria en Salud Pública: La co-creación de módulos educativos en genética y genómica con miembros de la comunidad ha demostrado mejorar la alfabetización genética y fomentar relaciones de confianza, lo que puede aumentar la participación en investigaciones genéticas (Salunke et al., 2024).

Programas de Cría Basados en la Comunidad: En Indonesia, un programa de cría comunitaria para el ganado Ongole ha destacado la importancia del conocimiento indígena y las instituciones de apoyo para la gestión de recursos genéticos, promoviendo un equilibrio sostenible entre el ganado, los humanos y el medio ambiente (Darmawan et al., 2023).

Proyectos de Demostración en Recursos Genéticos Vegetales: En Dinamarca, los proyectos financiados por la UE han demostrado un alto potencial para promover la educación pública

sobre recursos genéticos vegetales, alcanzando diversos grupos objetivo a través de Múltiples instituciones y enfoques (Windfeldt & Madsen, 2018).

Educación Comunitaria en Pruebas Genéticas: Un programa piloto en Japón involucró a estudiantes de medicina como instructores para enseñar pruebas genéticas a estudiantes de secundaria, promoviendo el compromiso comunitario y la comprensión de la genética (Atsumi et al., 2024).

Tecnologías emergentes para la conservación de recursos genéticos

Figura 112

Propagación de plantas en condiciones de laboratorio



Nota. La imagen muestra tubos de ensayo con cultivos in vitro de plantas, utilizados en la propagación clonal y conservación de especies vegetales. Esta técnica permite obtener plántulas libres de enfermedades y preservar la diversidad genética, siendo clave en la investigación agrícola y la restauración ambiental. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia de la biotecnología en la agricultura sostenible y la conservación de los recursos vegetales.

La conservación de recursos genéticos es crucial para la seguridad alimentaria global y la biodiversidad. Las tecnologías emergentes están transformando la manera en que se gestionan y utilizan estos recursos, ofreciendo nuevas oportunidades y desafíos.

Las herramientas biotecnológicas, como la edición del genoma mediante CRISPR-Cas9, están revolucionando la conservación de la biodiversidad. Estas tecnologías permiten la identificación y modificación de regiones genómicas que afectan la supervivencia de especies en peligro, y tienen el potencial de mejorar cultivos y eliminar enfermedades

(Sandler, 2019a). Además, las técnicas de cultivo in vitro y criopreservación facilitan la conservación de especies difíciles de almacenar como semillas (Reynolds, 2020).

La secuenciación de nueva generación y los marcadores moleculares son esenciales para monitorear la diversidad genética y el tamaño efectivo de las poblaciones. Estas tecnologías permiten la caracterización precisa y conservación de especies raras y en peligro, así como la identificación de loci de rasgos cuantitativos (QTLs) y genes novedosos en plantas (Salgotra & Chauhan, 2023c).

La integración de datos y la colaboración internacional son fundamentales para aprovechar al máximo las nuevas tecnologías. Esto requiere la formación de asociaciones multidisciplinarias e internacionales para superar los desafíos políticos e institucionales relacionados con la propiedad de los recursos y el acceso compartido a los beneficios (Halewood et al., 2018).

Los bancos de genes y las colecciones in vitro son métodos clave para la conservación ex situ de recursos genéticos. Sin embargo, los cultivos que producen semillas recalcitrantes o que se propagan vegetativamente presentan desafíos únicos que requieren métodos de conservación alternativos, como la criopreservación (Hay, 2021).

El uso de biotecnologías emergentes, como los impulsos genéticos, plantea riesgos ambientales y desafíos sociales. La gobernanza internacional, especialmente bajo la Convención sobre la Diversidad Biológica, es crucial para regular estas tecnologías y asegurar su uso sostenible (Sandler, 2019b).

El uso de la ingeniería genética en la conservación debe ser evaluado no solo desde una perspectiva instrumental, sino también considerando cómo estas tecnologías reestructuran las prácticas y valores de la conservación (Sandler, 2019c).

CAPÍTULO XI
CIENCIA, TECNOLOGIA Y BIOTECNOLOGIA

11.1. LA CIENCIA BASICA, LA TECNOLOGIA Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La ciencia básica se centra en el estudio teórico de fenómenos sin un objetivo práctico directo, buscando ampliar los conocimientos básicos sobre la naturaleza. La tecnología, por otro lado, utiliza este conocimiento científico para crear herramientas y soluciones que satisfacen las necesidades humanas. La inteligencia artificial es un campo de la tecnología que utiliza principios científicos básicos y aplicados para simular la inteligencia humana en máquinas, mejorando las tareas a través del aprendizaje automático. Así, la ciencia, la tecnología y la inteligencia artificial están interconectadas en un ciclo continuo de descubrimiento y aplicación.

La ciencia básica influye en el desarrollo de la inteligencia artificial proporcionando los fundamentos teóricos y metodológicos necesarios para su desarrollo. Se necesitan principios de disciplinas como la estadística, la teoría de la información y la neurociencia para desarrollar algoritmos de aprendizaje automático. Estos algoritmos permiten a la IA analizar grandes cantidades de datos, identificar patrones y hacer predicciones, acelerando el progreso de los científicos en campos como la biología, la física y la medicina. De esta manera, la ciencia básica no sólo impulsa el desarrollo tecnológico, sino que también se beneficia de las innovaciones que la inteligencia artificial aporta a la investigación científica. La ciencia básica es fundamental para el desarrollo de la tecnología porque proporciona los principios teóricos y el conocimiento necesarios para la innovación. Sin esta base, la aplicación de la tecnología será limitada e ineficaz. La investigación básica genera nuevos conceptos que, cuando se aplican, conducen a productos y procesos innovadores. Además, fomenta el desarrollo de las capacidades de los investigadores mediante la creación de un cuadro de gestores de tecnología capacitados. Sin invertir en ciencia básica, un país puede volverse dependiente de la tecnología extranjera, limitando su progreso y autonomía.

La inteligencia artificial ha jugado un papel vital en la evolución tecnológica, transformando industrias y mejorando procesos. Desde la década de 1990, la inteligencia artificial ha avanzado significativamente con algoritmos de aprendizaje automático y una mayor potencia informática, lo que ha permitido su uso en campos como la atención sanitaria, la robótica y el entretenimiento. El desarrollo de modelos como GPT-3 ha revolucionado la interacción persona-computadora al simplificar tareas complejas y personalizar experiencias. Además, la IA está impulsando la automatización y la

optimización de procesos en áreas clave, lo que promete un futuro de innovación continua.

11.1.1. Definición y Objetivos de la Ciencia Básica

La ciencia, como búsqueda del conocimiento sin aplicación inmediata, es un pilar fundamental del progreso humano. Aunque sus resultados pueden no ser obvios a primera vista, cada descubrimiento tiene el potencial de cambiar nuestra comprensión del mundo y sentar las bases para innovaciones científicas y tecnológicas en el futuro. La inversión en ciencia básica es necesaria para garantizar un futuro lleno de interesantes oportunidades y descubrimientos.

El estudio de los principios fundamentales de la naturaleza se realiza a través de las ciencias naturales, teniendo como objetivo comprender las leyes que rigen el universo. Estas disciplinas utilizan el método científico para estudiar fenómenos observables, desde la física hasta la química y la biología. Los fundamentos incluyen leyes como la gravedad, la conservación de la energía y las interacciones electromagnéticas, que son esenciales para comprender el comportamiento de la materia y la energía en el espacio. Este conocimiento no sólo amplía nuestra comprensión del mundo, sino que también sienta las bases para tecnologías futuras. Solicitud.

11.1.2. Principales Ramas de la Ciencia Básica Estudio de la materia, energía y sus interacciones

El estudio de la materia, la energía y las interacciones en física no sólo amplía nuestro conocimiento del universo, sino que también proporciona la base para innovaciones tecnológicas que mejoran la calidad de nuestras vidas. Utilizando métodos científicos, los físicos continúan descubriendo los misterios del universo, desafiando nuestras percepciones y ampliando los límites del conocimiento humano.

Composición y propiedades de la materia

La química es la ciencia que estudia la composición, estructura y propiedades de las sustancias, así como sus cambios en las reacciones químicas. La atención se centra en las interacciones de las sustancias y en cómo pueden transformarse en otras sustancias mediante procesos químicos. La química se divide en varias ramas, entre ellas la química orgánica, el estudio de los compuestos que contienen carbono, y la química inorgánica, el

estudio de los compuestos sin enlaces de carbono. Su importancia radica en que se aplica en muy diversos campos como la medicina, la biología y la ingeniería, contribuyendo al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías.

Estudio de los organismos vivos y sus procesos

El estudio de los organismos vivos y los procesos dentro de ellos es esencial para comprender el mundo natural y resolver problemas globales como las enfermedades, el cambio climático y la conservación de recursos. La biología no sólo nos proporciona conocimientos sobre la vida en el planeta, sino que también nos brinda las herramientas para mejorar nuestra calidad de vida y proteger el medio ambiente. A medida que desarrollamos esta ciencia, seguimos descubriendo nuevas maravillas de la vida misma.

Fundamentos numéricos y lógicos que soportan las otras ciencias

Las matemáticas son la base de la ciencia y proporcionan los fundamentos numéricos y lógicos que sustentan muchas disciplinas diferentes. Utilizando conceptos como números, funciones y estructuras algebraicas, las matemáticas nos permiten modelar fenómenos naturales y resolver problemas complejos. La importancia de las matemáticas en la ciencia. Las matemáticas ayudan a representar sistemas físicos y biológicos mediante ecuaciones y modelos, que ayudan a predecir el comportamiento y los resultados.

Proporcionan herramientas estadísticas para interpretar datos experimentales, que son importantes en campos como la biología, la química y la economía. La lógica matemática es esencial para desarrollar teorías científicas coherentes y probar hipótesis mediante pruebas rigurosas.

Las matemáticas se utilizan en muchos campos diferentes, como la física, la ingeniería y la informática, integrando conocimientos para el avance científico.

Astronomía y Ciencias de la Tierra: Estudio del universo y la Tierra

La Astronomía y las Ciencias de la Tierra son las ciencias que estudian el universo y nuestro planeta, respectivamente. Estudia cuerpos celestes como estrellas, planetas, galaxias y fenómenos como agujeros negros y supernovas. Utilice los principios de la física y la química para comprenderla composición, estructura y evolución del universo. También se relaciona con campos como la astrofísica y la cosmología, que analizan el origen y destino del universo¹²⁵. Las ciencias de la Tierra incluyen el estudio de la geología, la meteorología, la oceanografía y otros campos que analizan la estructura, composición y

procesos de nuestro planeta. Estas ciencias estudian las interacciones de los sistemas terrestres con el medio ambiente y el clima, contribuyendo a la comprensión de fenómenos naturales como terremotos, erupciones volcánicas y cambio climático.

11.1.3. Método Científico

La relación entre ciencia básica, tecnología e inteligencia artificial es un fenómeno fascinante que refleja cómo el conocimiento básico impulsa la innovación y el desarrollo tecnológico. A su vez, disciplinas como la física, la química, la biología, las matemáticas, la astronomía y las ciencias de la tierra proporcionan los fundamentos que subyacen a estas interacciones. Sin embargo, a pesar de los avances significativos en estas áreas, los desafíos y problemas aún requieren atención. La ciencia básica genera el conocimiento necesario para desarrollar tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial. Por ejemplo, se necesitan principios de física y química para desarrollar modelos y algoritmos de IA.

La tecnología moderna ha hecho posible estudiar fenómenos complejos en biología, astronomía y ciencias de la tierra, pero también ha creado nuevos dilemas éticos y problemas ambientales. Existen inequidades en el acceso a los recursos educativos y tecnológicos que limitan la capacidad de algunos grupos de beneficiarse de los avances científicos. La innovación tecnológica, aunque beneficiosa, a menudo contribuye a problemas ambientales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Ver interactuar la ciencia, la tecnología fundamental y la inteligencia artificial creará importantes oportunidades y desafíos. Abordar estos desafíos requiere un enfoque colaborativo que integre el conocimiento científico con consideraciones éticas y sociales, garantizando así un progreso equitativo y sostenible para todas las personas.

La incorporación de inteligencia artificial a la investigación científica mejora la eficiencia y precisión de la generación y prueba de hipótesis, lo que permite a los científicos descubrir nuevas teorías más rápidamente.

Invertir en ciencia básica es fundamental para desarrollar tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, que pueden acelerar los descubrimientos científicos. Las colaboraciones interdisciplinarias entre física, química, biología y matemáticas, apoyadas por herramientas tecnológicas como la inteligencia artificial, están dando lugar a avances significativos en la comprensión de fenómenos complejos. El objetivo es implementar un

sistema de inteligencia artificial que desarrolle hipótesis sobre un fenómeno biológico y luego realice experimentos para probar estas hipótesis. Los resultados se analizarán para medir el rendimiento y la precisión en comparación con los métodos tradicionales. Así por ejemplo se podrá aplicar métodos estadísticos para relacionar la inversión en ciencia básica con el progreso tecnológico a lo largo del tiempo o identificar tendencias que sugieran una conexión directa. Los resultados de proyectos realizados por equipos multidisciplinarios y mono disciplinarios sobre un tema específico, por ejemplo, el cambio climático permitirá un mayor impacto en el número de publicaciones, citas, aplicaciones prácticas.

La evidencia preliminar sugiere que la inteligencia artificial podría acelerar significativamente el proceso de generación y prueba de hipótesis en campos como la biología. La IA no solo mejora la eficiencia, sino que también puede mejorar la precisión al identificar patrones que los investigadores humanos tal vez no puedan detectar.

11.2. LA RELACIÓN ENTRE CIENCIA BÁSICA Y PROGRESO TECNOLÓGICO

El análisis comparativo muestra una correlación positiva entre la inversión en ciencia básica y el desarrollo tecnológico. Los países o regiones que invierten más en investigación básica tienden a tener más innovación tecnológica, lo que refuerza la idea de que la ciencia básica es un pilar importante del progreso.

11.2.1. Definición y Propósito de la Tecnología

La tecnología es el conjunto de conocimientos, técnicas y métodos que los seres humanos emplean para crear herramientas, resolver problemas y satisfacer diversas necesidades en su vida cotidiana. Su propósito es transformar el entorno natural y social para adaptarlo a las necesidades y demandas humanas, mejorando así la calidad de vida, incrementando la eficiencia en las tareas diarias y facilitando la comunicación.

Evolución de la Tecnología. Prehistoria (2,5 millones de años hasta 5000 a.C)

La prehistoria es el período que abarca desde la aparición de los primeros homínidos del género Homo hasta el surgimiento de las primeras sociedades organizadas con estructuras estatales y sistemas de escritura. Durante este largo período, nuestros antepasados desarrollaron herramientas de piedra que usaron para realizar actividades como la caza, la recolección de alimentos y la protección contra depredadores. Estas herramientas fueron

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

fundamentales para su supervivencia y marcaron los primeros pasos hacia la tecnología y la cultura humanas

El uso del fuego

El descubrimiento y conocimiento de la creación y el uso del fuego fue crucial para la sobrevivencia de los primeros humanos que salieron de África y se desplazaron a zonas más frías como Asia o Europa. Esta tecnología les permitió comer alimentos cocidos y sobrevivir a las bajas temperaturas.

Las primeras técnicas de agricultura

Esto les permitió abandonar el estilo de vida nómada y convertirse en sedentarios, lo que repercutió en la formación de las primeras sociedades arcaicas.

La invención de la rueda

La rueda fue inventada en Mesopotamia entre el año 5000 y 3500 a.C. y este invento representa uno de los avances más significativos en la historia de la humanidad. Su diseño permitió el transporte de mercancías y personas, facilitando el comercio y la movilidad.

Edad Antigua Escritura

La invención de la escritura en Mesopotamia (cuneiforme) y Egipto (jeroglífica) marcó el inicio de los registros históricos. Este avance fue crucial para la administración de grandes estados.

Desarrollo urbano

La evolución tecnológica se expresó en la creación de las primeras ciudades con sus respectivas infraestructuras: acueductos, sistemas de drenaje, baños públicos, etc. Los egipcios ingeniaron pirámides monumentales de piedra y sistemas de cultivo.

Matemática y herramientas

Los griegos desarrollaron las matemáticas avanzadas e inventaron la palanca, la bomba hidráulica y el astrolabio, entre otras herramientas. En lo que hoy es el continente americano, los mayas, los aztecas y los incas desarrollaron calendarios solares y lunares, sistemas numéricos complejos y la observación astronómica.

La Antigüedad terminó con la caída del Imperio Romano de Occidente, en el año 476.

Edad Media

La Edad Media comenzó en el siglo V, cuando el cultivo de cereales se hacía con molinos de agua, que funcionaban con fuerza hidráulica. La invención de los molinos de viento fue

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

un desarrollo tecnológico que permitió cultivar alimentos en lugares donde no existían caudales de agua, masificando la agricultura. Otros avances tecnológicos de esa época fueron:

Relojes mecánicos

Otro paso importante en la evolución tecnológica de la Edad Media fue la creación de los relojes mecánicos, mucho más exactos que sus antecesores, los relojes de sol. Con este invento, se masificó la idea del tiempo dividido en fracciones, llamadas horas.

Uso del tenedor

Otro artefacto importante y que hoy en día es imprescindible es el tenedor. Aunque ya existían herramientas para trincar las comidas, en Europa se comía con las manos, poniendo las verduras y la carne sobre una rebanada de pan. La popularización del tenedor revolucionó la forma de comer en la Edad Media, dando paso a una forma mucho más higiénica de consumir los alimentos.

La Edad Media termina con la caída del Imperio Bizantino (o Imperio Romano de Oriente) en 1453.

Edad moderna

La imprenta de Guttenberg

El gran salto tecnológico de la Edad moderna fue impulsado por Johannes Guttenberg con la invención de la imprenta en el año 1450. Los chinos habían inventado el papel, pero fue en la época medieval que su uso llegó a Europa y la imprenta permitió la reproducción de textos sobre papel, dando origen a los libros tal y como los conocemos.

El telescopio de Galileo

Galileo Galilei inventó el telescopio en 1609. Esto le permitió hacer aportes fundamentales en el ámbito de la astronomía, como la descripción de la superficie lunar y la confirmación de que la Tierra no era el centro del universo.

El encuentro de dos mundos

En la Edad Moderna también comenzaron los viajes exploratorios que dieron como resultado el descubrimiento del continente americano por parte de los europeos, liderados por Cristóbal Colón en el año 1492. Esto inició un período de hallazgos de técnicas, tecnología y materias primas que tuvo un profundo impacto en tecnologías posteriores.

El fin de la Edad Moderna estuvo marcado por el estallido de la Revolución Francesa, en

el año 1789.

Edad contemporánea

La Edad Contemporánea es el período histórico de mayor evolución tecnológica y podría dividirse, a su vez, en tres etapas. La primera corresponde a la Revolución industrial, que comenzó en el siglo XVIII. La segunda, la era de la computación y la informática, en el siglo XX. Y la actual, en la que la tecnología apunta hacia la computación cuántica y la inteligencia artificial (IA).

Máquina a vapor, tren de vapor, electricidad (Revolución Industrial)

Mientras Francia vivía un proceso de revolución política, en Gran Bretaña se estaba gestando la Revolución industrial. Esta transformación fue impulsada por inventos como la máquina de vapor, un motor que transformaba energía térmica en energía mecánica y que permitió, a su vez, el desarrollo del tren a vapor.

La máquina de vapor tuvo múltiples aplicaciones, lo que permitió el crecimiento de diversos tipos de industrias, como la minería y la explotación de hidrocarburos. El tren se convirtió en una nueva forma de transporte mucho más eficiente que las carretas tiradas por caballos. A finales de esta época, en 1833, es cuando comienza a utilizarse la electricidad de forma masiva para iluminar espacios públicos y luego, de forma doméstica.

Computadoras, internet, viajes espaciales (siglo XX)

A mediados del siglo XX se dieron a conocer las primeras computadoras, máquinas de grandes dimensiones y con poca capacidad de procesamiento de datos.

La tecnología empleada en su diseño fue evolucionando hasta convertirlas en lo que son hoy: dispositivos pequeños, portátiles, con capacidad de procesamiento de datos multimedia. Esta evolución fue impulsada, a su vez, por el desarrollo de internet, que cambió la forma de comunicarnos y de recibir y enviar información.

Por otra parte, en 1969 el ser humano llegó a la Luna por primera vez. Se abrieron las puertas a nuevos desarrollos tecnológicos que permitieran la exploración del espacio y que incluso tendrían aplicaciones prácticas.

Un ejemplo es la espuma viscoelástica, que hoy se usa en muchos colchones, ya que fue un material desarrollado por la NASA para hacer que los asientos de los aviones fueran más cómodos.

Computación cuántica, inteligencia artificial, turismo espacial (siglo XXI)

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Hoy en día, la evolución de la tecnología digital está impulsada por la computación cuántica, que permite el procesamiento de grandes cantidades de datos, imposibles de procesar con las computadoras de uso común.

Además, se desarrollan soluciones basadas en la inteligencia artificial con el objetivo de que en el largo plazo sustituyan algunas actividades realizadas por el ser humano.

Por su parte, la tecnología espacial ya ha evolucionado de tal forma que ya investigan vías para convertir a otros planetas en lugares habitables para el ser humano. También es posible hacer viajes turísticos a 100 kilómetros de altura de la Tierra, que es lo que se considera el inicio del espacio exterior.

11.2.2. Inteligencia Artificial (IA)

La inteligencia artificial (IA) es un campo de la informática que se enfoca en crear sistemas que puedan realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la percepción. Algunos conceptos relacionados con la IA son:

Capacidad de imitar la inteligencia humana

La IA permite que las máquinas imiten algunas capacidades de la inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento, la percepción, la resolución de problemas, la interacción del lenguaje y la producción creativa.

Figura 113

Línea de tiempo de la evolución de la tecnología



Nota. La imagen muestra una línea de tiempo que representa los hitos clave en la evolución

de la tecnología, desde la invención de la imprenta en el siglo XV hasta la aparición del iPhone y el iPad en el siglo XXI. Este recorrido destaca avances significativos en comunicación, informática y dispositivos electrónicos que han transformado la sociedad. Utilizada con fines educativos para analizar la progresión tecnológica y su impacto en la vida cotidiana y el desarrollo global.

Análisis de datos: La IA puede analizar grandes cantidades de datos y descubrir puntos de datos atípicos.

Aprendizaje supervisado: Este algoritmo se entrena en un conjunto de datos etiquetados para crear predicciones sobre nuevos datos.

Aprendizaje no supervisado: Este algoritmo aprende a descubrir estructuras ocultas o agrupaciones dentro de los datos.

Aprendizaje por refuerzo: Este algoritmo aprende mediante ensayo y error, recibiendo retroalimentación en forma de recompensas o penalizaciones.

Historia de la Inteligencia Artificial

La idea de crear máquinas que imitaran la inteligencia humana estaba presente incluso en la antigüedad, con mitos y leyendas sobre autómatas y máquinas pensantes. Sin embargo, no fue hasta mitad del siglo XX cuando se investigó su verdadero potencial, después de que se desarrollaran las primeras computadoras electrónicas.

En 1943 Warren McCulloch y Walter Pitts presentaron su modelo de neuronas artificiales, considerada la primera inteligencia artificial, aun cuando todavía no existía el término.

Posteriormente, el matemático británico Alan Turing publicó en 1950 un artículo con el título “Computing machinery and intelligence” (“Maquinaria e inteligencia informática”) en la revista Mind donde se hacía una pregunta: ¿Pueden pensar las máquinas? Proponía un experimento que pasó a denominarse Test de Turing y que, según el autor, permitiría determinar si la máquina podría tener un comportamiento inteligente similar al de un ser humano o indistinguible de este.

John McCarthy acuñó en 1956 el término “inteligencia artificial” e impulsó en la década de 1960 el desarrollo del primer lenguaje de programación de IA, LISP. Los primeros sistemas de inteligencia artificial se centraron en reglas, lo que condujo al desarrollo de sistemas más complejos en las décadas de 1970 y 1980, junto a un impulso de la financiación. En estos momentos, la IA experimentó un renacimiento gracias a avances en

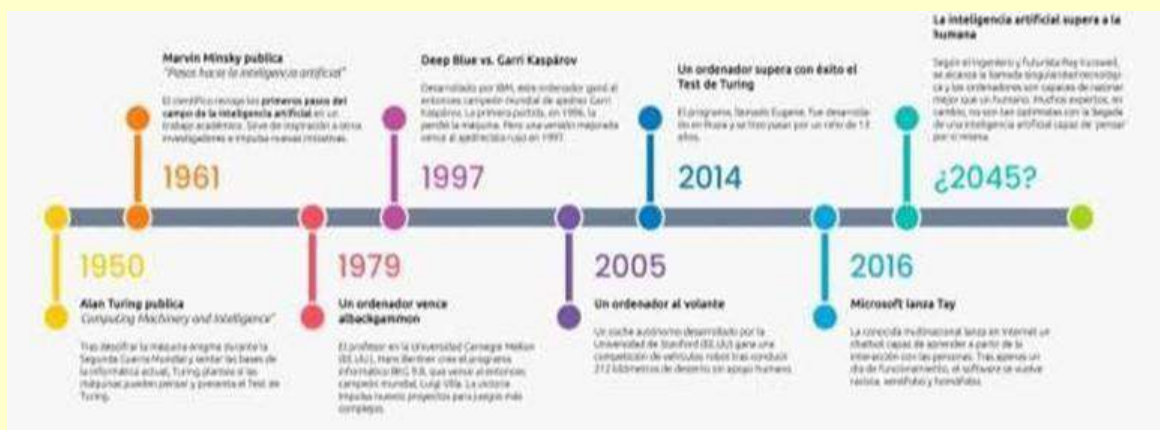
Las rutas hacia un mundo en evolución constante

algoritmos, hardware y técnicas de aprendizaje automático.

Ya en la década de 1990, los avances en la potencia informática y la disponibilidad de grandes cantidades de datos permitieron a los investigadores evolucionar algoritmos de aprendizaje y consolidar las bases de la IA del presente. En los últimos años, esta tecnología ha vivido un crecimiento exponencial, impulsado en buena medida por el desarrollo del aprendizaje profundo, que aprovecha redes neuronales artificiales con diversas capas para procesar e interpretar estructuras de datos complejas. Este avance ha revolucionado las aplicaciones de IA, incluyendo el reconocimiento de imágenes y voz, el procesamiento del lenguaje natural y los sistemas autónomos.

Figura 114

Línea de tiempo de hitos en la evolución de la inteligencia artificial



Nota. La imagen presenta una línea de tiempo con los principales avances en el desarrollo de la inteligencia artificial (IA), desde la publicación de los fundamentos teóricos por Alan Turing en 1950 hasta hitos recientes como el lanzamiento de Tay por Microsoft en 2016. También incluye proyecciones futuras, como la posibilidad de que la IA supere la inteligencia humana. Utilizada con fines educativos para analizar la evolución de la IA, sus implicaciones éticas y su impacto en diversos ámbitos de la sociedad.

11.3. LA BIOLOGÍA SINTÉTICA: LA NUEVA BIOTECNOLOGÍA

La biología sintética es una disciplina que, si bien aún se considera emergente, ha logrado posicionarse rápidamente como un campo clave en la biotecnología y la ciencia contemporánea. En esencia, esta área busca combinar principios fundamentales de la biología, la ingeniería, y la informática para crear o modificar organismos vivos con

propósitos específicos, tales como la producción de medicamentos, la generación de biocombustibles, o la depuración de contaminantes en el medio ambiente. A diferencia de la biología tradicional, que se enfoca en estudiar y comprender los procesos biológicos existentes, la biología sintética permite modificar y, en algunos casos, diseñar organismos de cero para llevar a cabo tareas que la naturaleza por sí sola no podría realizar con la misma eficiencia o precisión. El concepto de diseñar organismos como si fueran circuitos electrónicos, con módulos intercambiables que se ensamblan para cumplir una función concreta, ha sido uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de esta disciplina (Aguilar,2023).

En sus inicios, la biología sintética se encontraba en una fase experimental, pero hoy en día ha avanzado considerablemente gracias a los desarrollos en ingeniería genética, la edición genética y la capacidad para sintetizar grandes cantidades de ADN artificial. Las primeras investigaciones en este campo comenzaron a fines de la década de 1970, pero fue a principios del siglo XXI cuando comenzó a consolidarse como un campo independiente, con investigaciones que cruzan las fronteras tradicionales de la biología. Hoy en día, se utilizan herramientas avanzadas como la técnica CRISPR-Cas9, que permite una edición precisa del genoma, permitiendo a los científicos modificar organismos vivos de manera mucho más eficiente. La capacidad para alterar genes de manera tan exacta ha hecho que la biología sintética sea considerada una revolución dentro de la biotecnología moderna. Este tipo de herramientas también han dado lugar a proyectos tan ambiciosos como la creación de células completamente sintéticas, organismos diseñados desde cero para cumplir funciones predeterminadas como la producción de fármacos o la limpieza de contaminantes en el agua (Gonzales, 2023).

Orígenes e historia de la biología sintética

Para entender la magnitud de la biología sintética, es fundamental remontarse a sus orígenes, los cuales se encuentran en los avances pioneros de la ingeniería genética durante la década de 1970. Fue en ese entonces cuando los científicos comenzaron a descubrir formas de manipular el ADN, lo que permitió por primera vez introducir nuevos genes en organismos vivos, como las bacterias, y hacer que produjeran proteínas útiles. Los trabajos de Paul Berg, que combinó ADN de diferentes especies, y Herbert Boyer, que desarrolló la tecnología para cortar y pegar secuencias de ADN, fueron los primeros pasos en lo que hoy

conocemos como biotecnología moderna. Sin embargo, lo que separa a la biología sintética de la ingeniería genética tradicional es su enfoque mucho más integrado y sistemático: en lugar de modificar organismos para producir algo específico, la biología sintética va un paso más allá, diseñando organismos enteros con funciones predeterminadas, como si fueran "máquinas biológicas".

En sus primeros días, los esfuerzos estaban muy enfocados en el desarrollo de bacterias capaces de producir medicamentos, como la insulina, de forma más económica y eficiente que los métodos tradicionales. Con el tiempo, la biología sintética comenzó a abordar una variedad de problemas globales, desde la creación de organismos para la limpieza de residuos tóxicos, hasta la ingeniería de cultivos más resistentes y la creación de nuevas fuentes de energía. Fue el pionero Craig Venter, conocido por sus trabajos en el desciframiento del genoma humano, quien logró, en 2010, un avance significativo al crear la primera célula bacteriana controlada por un genoma completamente sintético. Este acontecimiento no solo demostró que la biología sintética era posible, sino que abrió la puerta a la creación de formas de vida artificiales completamente funcionales, un paso que podría cambiar el curso de la biología y la medicina para siempre.

Principales tecnologías en biología sintética

Las tecnologías que sustentan la biología sintética son clave para entender cómo se logran avances tan significativos en tan poco tiempo. Una de las herramientas más innovadoras es la técnica CRISPR-Cas9, un sistema de edición genética que ha revolucionado la ciencia biológica. Originalmente descubierta en bacterias como un mecanismo para defenderse de virus, esta técnica ha sido adaptada por científicos para cortar y pegar secciones de ADN en organismos vivos. La precisión de CRISPR ha permitido que los investigadores no solo eliminen genes problemáticos, sino que también inserten genes de manera controlada y específica. Esto ha abierto posibilidades para tratar enfermedades genéticas como la fibrosis quística, la anemia falciforme y algunas formas de cáncer, todo mediante la modificación genética a nivel de células individuales.

Otra herramienta fundamental en la biología sintética es la capacidad para sintetizar ADN artificialmente. La síntesis de ADN a gran escala permite la creación de secuencias genéticas completas desde cero, lo que ha posibilitado diseñar organismos con características y funciones nunca antes vistas. Un ejemplo de esto es la creación de

microorganismos que producen biocombustibles, como el etanol, a partir de materias primas renovables. A través de la ingeniería genética, estos microorganismos pueden ser programados para descomponer materiales orgánicos y convertirlos en combustibles, lo que abre nuevas posibilidades para una energía más limpia y accesible. Este tipo de avances tiene un impacto directo en la lucha contra el cambio climático, ya que ofrece alternativas más sostenibles a los combustibles fósiles (Santhosh, 2023).

La integración de la biología sintética con la informática también ha sido esencial para el progreso del campo. El uso de software especializado para modelar y simular sistemas biológicos ha permitido a los científicos predecir cómo se comportarán los organismos modificados bajo diferentes condiciones. Esta capacidad para modelar sistemas biológicos antes de experimentar con ellos en el laboratorio ha reducido considerablemente los costos y los riesgos, acelerando el proceso de investigación y desarrollo. Los algoritmos avanzados permiten simular la interacción de genes, proteínas y otras moléculas dentro de una célula, lo que facilita el diseño de circuitos genéticos más complejos y precisos (Central Interactiva, 2023).

Aplicaciones de La Biología sintética en la sociedad: un futuro más sostenible

La biología sintética tiene aplicaciones que podrían transformar diversos sectores de la sociedad, desde la salud hasta el medio ambiente, pasando por la agricultura y la industria. En el sector de la salud, los avances son particularmente impresionantes. Los científicos han diseñado bacterias modificadas para liberar medicamentos específicos solo en determinadas condiciones, lo que permite terapias más personalizadas y menos invasivas. Esto podría cambiar la forma en que tratamos enfermedades complejas, como el cáncer, al hacer que las bacterias o las células modificadas eliminen solo las células cancerígenas sin dañar el tejido sano circundante. Además, se están desarrollando vacunas más rápidas y eficaces utilizando la biología sintética, un ejemplo claro de esto son las vacunas de ARN mensajero contra el COVID-19, que fueron desarrolladas utilizando tecnologías basadas en la biología sintética.

En el ámbito medioambiental, la biología sintética también está mostrando su potencial para abordar los problemas más apremiantes, como la contaminación y el cambio climático. Investigadores han logrado diseñar microorganismos capaces de descomponer plásticos y otros desechos industriales que contaminan nuestros ecosistemas. Estos avances no solo

ayudarán a reducir la acumulación de residuos en los vertederos y los océanos, sino que también podrían jugar un papel crucial en la lucha contra la crisis climática. Además, las bacterias modificadas pueden capturar dióxido de carbono de la atmósfera, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático al reducir la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estas innovaciones están en sus primeras etapas, pero los resultados hasta ahora son prometedores y podrían marcar un antes y un después en la forma en que gestionamos el medio ambiente (Goldraij, 2023).

Desafíos éticos y de seguridad en la biología sintética

A pesar de sus notables avances y posibilidades, la biología sintética también plantea serios desafíos éticos y de seguridad que no deben pasarse por alto. La creación de vida en el laboratorio y la modificación de organismos con fines específicos abre un debate sobre los límites de la intervención humana en la naturaleza. ¿Es ético modificar organismos o incluso crear nuevos organismos de cero? Estos dilemas se intensifican cuando se piensa en las aplicaciones militares o bioterroristas de esta tecnología, como el desarrollo de armas biológicas utilizando organismos diseñados para propagarse o resistir a los tratamientos. Estos riesgos no solo son preocupantes desde el punto de vista moral, sino que también plantean serias cuestiones sobre la regulación internacional y el control de estos avances. La creación de organismos modificados que puedan escapar al entorno controlado en el que fueron diseñados también podría tener consecuencias imprevistas, alterando ecosistemas completos y provocando desequilibrios biológicos de gran alcance.

Uno de los principales retos es garantizar que las investigaciones en biología sintética se realicen de forma responsable, minimizando los riesgos mientras se maximizan los beneficios. Para esto, se requieren regulaciones claras y estrictas que guíen las investigaciones y el uso de esta tecnología, con el fin de evitar que se utilice para fines malintencionados o que los organismos modificados se liberen accidentalmente en la naturaleza. Además, los gobiernos y las instituciones científicas deben colaborar en la creación de una infraestructura de monitoreo que permita rastrear el comportamiento de los organismos modificados a lo largo del tiempo, asegurando que no causen daños a los ecosistemas o a la biodiversidad.

Otro desafío importante es el impacto a largo plazo de la biología sintética en los

ecosistemas naturales. Aunque la biotecnología puede ofrecer soluciones innovadoras para problemas como la contaminación o la escasez de recursos, la liberación no controlada de organismos modificados en la naturaleza podría alterar de manera irreversible los equilibrios ecológicos. Por ejemplo, la introducción de bacterias diseñadas para descomponer contaminantes podría tener efectos imprevistos en los microorganismos nativos, modificando el ciclo biológico de estos ecosistemas. La evaluación de riesgos debe ser rigurosa y realizada a largo plazo para asegurar que los beneficios superen los posibles daños (Adeline, 2021).

La promesa del futuro: más allá de la biología sintética

A medida que avanzamos hacia el futuro, el potencial de la biología sintética sigue expandiéndose. Los investigadores ya están trabajando en proyectos que podrían cambiar drásticamente la forma en que concebimos la biotecnología, desde la creación de órganos personalizados para trasplantes hasta la utilización de organismos diseñados para llevar a cabo tareas en el espacio exterior. Imagina un futuro en el que sea posible crear órganos humanos completamente funcionales, diseñados a partir de células madre modificadas, para reemplazar aquellos que ya no funcionan en el cuerpo humano.

Esta tecnología podría resolver uno de los problemas más complejos de la medicina moderna: la escasez de donantes de órganos, al mismo tiempo que eliminaría el riesgo de rechazo que se experimenta con los trasplantes tradicionales.

Otro campo de aplicación prometedor es la exploración espacial. La biología sintética podría desempeñar un papel crucial en la colonización de otros planetas, especialmente en un entorno tan inhóspito como Marte. Organismos diseñados para producir oxígeno a partir de compuestos disponibles en el planeta rojo o para crear alimentos de manera eficiente serían esenciales para cualquier misión de colonización a largo plazo. La capacidad de diseñar organismos que se adapten a ambientes extremos, como las bajas temperaturas, la falta de oxígeno y la exposición a radiación, podría ser la clave para la supervivencia humana fuera de la Tierra. La combinación de biología sintética con la inteligencia artificial también abriría nuevas posibilidades para el diseño de organismos aún más complejos y eficientes, lo que podría acelerar los avances en todos los campos, desde la medicina hasta la sostenibilidad ambiental (Harvard, 2023).

La biología sintética y la responsabilidad colectiva

A medida que la biología sintética continúa desarrollándose, es fundamental que la sociedad se involucre activamente en el debate sobre sus aplicaciones y sus implicaciones. Los avances en este campo tienen el potencial de transformar la humanidad, pero también plantean preguntas difíciles sobre la ética, la seguridad y el control de la vida misma. La creación y modificación de organismos, tanto naturales como sintéticos, ofrece una oportunidad única para resolver problemas globales como las enfermedades, la contaminación y la crisis energética, pero también puede tener consecuencias imprevistas que solo serán evidentes con el tiempo.

Es vital que este progreso se realice de manera ética, colaborativa y transparente. Los científicos, los legisladores, las organizaciones internacionales y la sociedad en general deben trabajar juntos para garantizar que la biología sintética se utilice de manera que beneficie a la humanidad y proteja nuestro entorno natural. Solo mediante un enfoque responsable y reflexivo podremos asegurar que esta tecnología no se desvíe de sus objetivos originales, sino que se utilice para mejorar la calidad de vida y enfrentar los desafíos más apremiantes de nuestra era (Harvard, 2023).

CÁPITULO XII
FRAGILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS

12.1. FRAGILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS: FOCOS DE PELIGRO

La fragilidad ecológica es un concepto fundamental para entender la vulnerabilidad de los ecosistemas ante las presiones tanto naturales como humanas. Los ecosistemas, como bosques, océanos, praderas o humedales, poseen un equilibrio delicado que puede ser fácilmente perturbado por actividades como la deforestación, la contaminación, el cambio climático o la explotación desmedida de recursos. En términos sencillos, un ecosistema se considera frágil cuando es incapaz de adaptarse adecuadamente a los cambios sin experimentar una degradación notable. Esta vulnerabilidad está vinculada a la interdependencia de los elementos que lo conforman: especies, recursos y el ambiente mismo. Los pequeños cambios en uno de estos componentes pueden desencadenar una serie de efectos que alteran todo el sistema, a menudo de forma irreversible.

Los ecosistemas frágiles suelen ser muy sensibles a las alteraciones externas. Pueden ser modificados por eventos naturales, como tormentas o sequías, pero las actividades humanas tienen un impacto mucho más directo y destructivo. La urbanización, la agricultura intensiva, la contaminación y el cambio climático son algunas de las principales amenazas que aumentan esta fragilidad. Las especies que habitan estos ecosistemas están a menudo adaptadas a condiciones específicas, por lo que cualquier cambio, por pequeño que sea, puede comprometer su supervivencia y, por ende, alterar el equilibrio del ecosistema. Esta vulnerabilidad se ve reflejada en la pérdida de biodiversidad, un fenómeno que no solo afecta a las especies en peligro de extinción, sino que también tiene repercusiones graves sobre las funciones que los ecosistemas desempeñan, como la purificación del aire y el agua, la regulación del clima y la estabilidad de los suelos.

Una de las características clave de la fragilidad ecológica es la pérdida de biodiversidad. La biodiversidad es esencial para la estabilidad de cualquier ecosistema, ya que permite que este se autorregule y se adapte a cambios. En los ecosistemas frágiles, la desaparición de especies clave puede desencadenar efectos en cadena que afectan a otras especies y alteran el funcionamiento de todo el sistema. Los polinizadores, por ejemplo, son vitales para la reproducción de plantas, y su desaparición podría afectar tanto a los cultivos que dependemos como a la cadena alimentaria completa. El cambio climático agrava esta fragilidad, ya que los ecosistemas frágiles suelen ser muy sensibles a las variaciones en las condiciones climáticas. A medida que las temperaturas aumentan o los patrones de

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

precipitación cambian, muchas especies no pueden adaptarse lo suficientemente rápido, lo que lleva a la disminución de su población o incluso a su extinción.

Los ecosistemas frágiles también se caracterizan por su dependencia de recursos limitados, lo que los hace aún más susceptibles a la explotación. Por ejemplo, los humedales dependen de fuentes de agua constante, y si estos recursos se ven comprometidos por la actividad humana o el cambio climático, el ecosistema entero puede colapsar. Esta dependencia hace que los ecosistemas sean especialmente vulnerables a la sobreexplotación, como ocurre con la pesca en los océanos o la tala indiscriminada de bosques. En muchos casos, la capacidad de estos ecosistemas para recuperarse tras una perturbación está reducida. La resiliencia, o la capacidad de un ecosistema para restaurarse a su estado original, es mucho menor en los ecosistemas frágiles. La degradación causada por la intervención humana puede ser tan profunda que estos sistemas no tienen la capacidad de regenerarse, o si lo hacen, no alcanzan nunca su estado original, lo que compromete su capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos fundamentales.

Algunos ejemplos de estos ecosistemas en peligro son:

Arrecifes de Coral

Figura 115

Ecosistema de arrecife de coral



Nota. La imagen muestra un vibrante ecosistema de arrecife de coral, hogar de una amplia variedad de especies marinas. Los arrecifes de coral desempeñan un papel crucial en la biodiversidad marina, proporcionando refugio y alimento a numerosas especies, además de proteger las costas contra la erosión. Sin embargo, estos ecosistemas están amenazados por el cambio climático, la contaminación y la pesca destructiva. Utilizada con fines educativos

para destacar la importancia de los arrecifes de coral en el equilibrio ecológico y la necesidad de su conservación.

Los arrecifes de coral están extremadamente amenazados por el cambio climático, particularmente debido al aumento de la temperatura del mar y la acidificación del océano, lo que puede inducir eventos de blanqueo masivo que dañan los corales.

Según (Hughes et al., 2018), los arrecifes de coral son muy sensibles a las alteraciones de la temperatura y la acidificación, lo que puede llevar a la pérdida de biodiversidad marina y el colapso de estos ecosistemas. (Bellwood et al., 2019) concluyó que la pérdida de corales afecta tanto a la biodiversidad marina como a las economías locales, dado que los arrecifes sirven como barreras naturales contra tormentas y proporcionan recursos pesqueros vitales.

Bosques Tropicales

Figura 116

Bosque tropical y su ecosistema fluvial



Nota. La imagen muestra un bosque tropical con un arroyo que atraviesa el ecosistema, representando la biodiversidad y riqueza natural de estas regiones. Los bosques tropicales son esenciales para el equilibrio climático global, actuando como sumideros de carbono y reservorios de biodiversidad. Sin embargo, están amenazados por la deforestación y las actividades humanas insostenibles. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de conservar los bosques tropicales y los servicios ecosistémicos que proveen. Los bosques tropicales, como los del Amazonas, son esenciales para la absorción de carbono y el mantenimiento de la biodiversidad global. Sin embargo, están siendo destruidos por la deforestación, impulsada por la agricultura y la urbanización. (Levis et al.,

2017) señaló que la deforestación y los incendios han reducido la capacidad de los bosques tropicales para actuar como sumideros de carbono, lo que agrava el cambio climático.

Según (Foley et al., 2019), la pérdida de bosques tropicales genera un impacto negativo sobre las especies locales y reduce los servicios ecosistémicos que estos bosques proporcionan, como la regulación del agua y el control de la erosión.

Humedales

Figura 117

Humedal: un ecosistema clave para la biodiversidad



Nota. La imagen muestra un humedal con vegetación flotante, un ecosistema vital para la biodiversidad que actúa como refugio para numerosas especies de flora y fauna. Los humedales también contribuyen a la regulación del ciclo del agua, la purificación natural y la mitigación del cambio climático. Sin embargo, están amenazados por la urbanización, la contaminación y el cambio de uso del suelo. Utilizada con fines educativos para resaltar la importancia de proteger y restaurar los humedales como parte de la conservación ambiental. Los humedales son fundamentales para la biodiversidad, la regulación del clima y la protección contra inundaciones. Están en peligro debido a la contaminación, el drenaje y la conversión de tierras para la agricultura. (Zedler y Kercher, 2005) destacan que los humedales son críticos para la captura de carbono, pero su destrucción libera grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. Culminando con los ejemplos, toca hablar de otro tema de suma importancia, y este es acerca de los factores que afectan a la fragilidad de estos ecosistemas.

Los ecosistemas son como el corazón de la naturaleza: son los lugares donde la vida se encuentra y se mantiene en equilibrio. Pero, como todo en la vida, también son frágiles y pueden romperse si no los cuidamos. En Perú, nuestro país tan conocido por su inmensa

diversidad biológica, esta fragilidad se siente con más fuerza. Desde las altas montañas de los Andes hasta las densas selvas del Amazonas, nuestros ecosistemas están sangrando. Este es un problema serio, no solo para los animales y las plantas, sino también para nosotros, los peruanos y peruanas. Los cambios que están ocurriendo en la naturaleza son tan grandes y rápidos que, si no actuamos, podemos perder para siempre muchos de los recursos que necesitamos para vivir.

Uno de los principales problemas es el cambio climático, algo que ya estamos viviendo. En Perú, estamos viendo cómo el clima está cambiando de manera inesperada. Hay más sequías, más lluvias fuertes, y las temperaturas son más altas de lo normal. Esto está afectando mucho la vida de las personas que viven en las montañas y en la selva. Por ejemplo, los glaciares de los sitios del patrimonio mundial, como el parque nacional Huascarán se están descongelando a gran velocidad (infobae, 2022). Este glaciar no solo nos da agua para beber, sino que también ayuda a regar los cultivos y a mantener a los animales. Si seguimos perdiendo los glaciares, muchas personas podrían quedarse sin agua. En la selva amazónica, el cambio climático está haciendo que el clima sea más seco, lo que está afectando a los bosques. Los árboles, que son como los pulmones del planeta, necesitan una humedad constante para sobrevivir y evolucionar. Cuando el clima se seca, estos bosques no pueden seguir creciendo como antes. Y sin los bosques, no solo perdemos árboles, sino también toda la vida que depende de ellos: animales, insectos, plantas... Todo esto afecta nuestra biodiversidad, la variedad de seres vivos que hacen de la selva un lugar único. La selva amazónica es como un enorme refugio para miles de especies, pero si las condiciones siguen empeorando, este refugio se va a desmoronar.

El cambio climático no es el único problema. Las actividades humanas, como la agricultura y la minería, están haciendo que la naturaleza sea aún más frágil. La deforestación, por ejemplo, es un problema de suma importancia. Cada vez más bosques se talan para hacer espacio para cultivos, ganadería o para la minería. Al cortar los árboles, no solo se destruye el hogar de muchas especies, sino que también afectamos el equilibrio de todo nuestro ecosistema. Los árboles no solo son bonitos, sino que son esenciales para la vida. Ayudan a regular el clima, a mantener el agua limpia y a asegurar que el aire que respiramos sea fresco. Sin ellos, todo esto se derrumba.

La minería, especialmente la minería ilegal, es otro gran problema en muchas partes de

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Perú. En la Amazonía, por ejemplo, se extrae oro utilizando mercurio, un veneno que contamina los ríos y el suelo. Los ríos son la fuente de vida para muchas personas y animales. Si el agua está contaminada, las consecuencias serían de alta urgencia. La minería, además de destruir el entorno natural, también pone en riesgo la salud de las personas y de los animales que viven cerca. Es como si estuviéramos dañando la tierra y el agua que nos da la vida, sin pensar en las consecuencias a largo plazo.

El crecimiento de las ciudades y la construcción de carreteras también están contribuyendo a la fragilidad de los ecosistemas. Cuando las ciudades crecen, los bosques, ríos y montañas tienen que ceder espacio. Los animales y plantas que vivían allí ya no tienen un lugar donde ir, y muchos se ven obligados a desaparecer. Además, la construcción de infraestructuras como represas o carreteras fragmenta el paisaje. Esto crea barreras que dificultan el paso de animales o el crecimiento de las plantas. Sin estos espacios para moverse y crecer, muchas especies no pueden sobrevivir.

Todo esto está llevando a una gran pérdida de biodiversidad. Perú es uno de los países más biodiversos del mundo, con miles de especies que no existen en ningún otro lugar. Pero estas especies están desapareciendo. Los jaguares, los monos, los osos de anteojos y muchas otras especies están perdiendo su hogar. Y cuando una especie desaparece, no es solo triste, sino que afecta todo el ecosistema. Cada especie juega un papel muy importante. Algunas ayudan a polinizar las plantas, otras controlan las plagas, y otras mantienen el equilibrio del ecosistema. Si una de ellas se pierde, puede desencadenar una reacción en cadena que afecta a todo lo demás.

Además, muchas personas que viven cerca de estos ecosistemas también dependen de ellos para su sobrevivencia. Las comunidades rurales han vivido durante generaciones de la caza, la pesca y la recolección de plantas. Pero, con la destrucción de los bosques y la contaminación del agua, estas fuentes de sustento están desapareciendo. La pérdida de biodiversidad afecta directamente la vida de las personas, especialmente aquellas que viven en áreas rurales o indígenas. Si no cuidamos la naturaleza, también estamos poniendo en peligro a estas comunidades.

12.2. FOCOS DE PELIGRO EN EL MUNDO ACTUAL

Los ecosistemas del mundo, que nos dan tanto sin pedir nada a cambio, están siendo golpeados por el cambio climático de maneras que no habríamos imaginado hace algunas décadas. Desde los bosques hasta los arrecifes de coral, pasando por los humedales, todo parece estar perdiendo su equilibrio. Los arrecifes de coral, por ejemplo, están siendo destruidos a gran velocidad debido a las temperaturas más altas del mar. Este fenómeno no solo afecta a las especies marinas, que dependen de estos ecosistemas para sobrevivir, sino también a las comunidades humanas que, durante generaciones, han dependido de estos arrecifes para obtener alimentos, ingresos y protección contra tormentas (WWF, 2024).

El clima está cambiando, y lo que antes era predecible, ahora ya no lo es. Las lluvias que antes caían en momentos específicos, ahora llegan con más fuerza y de forma más errática. Las inundaciones se han vuelto más frecuentes, y no solo en áreas rurales o remotas, sino también en ciudades. Esto está afectando especialmente a los sectores más vulnerables de la sociedad, como las comunidades de bajos recursos. En muchos casos, las personas que ya vivían en situaciones precarias se encuentran ahora desplazadas o, incluso, perdiendo todo lo que tenían. Este fenómeno no es solo un desastre natural; es una crisis que agrava las desigualdades sociales existentes (World Wildlife Fund, 2024).

Los incendios forestales, por su parte, están tomando una magnitud nunca antes vista. La combinación de altas temperaturas y largos periodos de sequía ha creado un caldo de cultivo perfecto para estos incendios devastadores. Los bosques, que son el hogar de innumerables especies y juegan un papel crucial en la regulación del clima, se están quemando a una velocidad alarmante. Las consecuencias no solo afectan a la fauna y la flora local, sino también a las personas. Muchas comunidades, especialmente aquellas que dependen directamente de los recursos naturales, se están viendo obligadas a abandonar sus hogares mientras las llamas arrasan con todo lo que encuentran a su paso (World Wildlife Fund, 2024).

Se está perdiendo biodiversidad a un ritmo alarmante. A medida que los hábitats naturales de las especies se destruyen o se alteran debido al cambio climático, muchas de ellas se encuentran al borde de la extinción. Esto no solo significa la desaparición de bellos animales y plantas, sino que también pone en peligro algo mucho más valioso: la capacidad de los ecosistemas para brindarnos servicios esenciales. Los ecosistemas, en su equilibrio natural,

nos filtran el agua, nos protegen contra desastres naturales y nos dan alimentos. Si seguimos perdiendo biodiversidad, perderemos estos servicios que son fundamentales para nuestra supervivencia (Met Office, 2024).

Otra causa de esto es la deforestación. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), alrededor del 80% de las especies terrestres dependen de los bosques para sobrevivir, lo que significa que la destrucción de estos hábitats afecta gravemente a la biodiversidad (FAO, 2020). Además, los bosques son esenciales para la regulación del clima. La FAO señala que los bosques almacenan aproximadamente el 30% del carbono del planeta, por lo que su destrucción contribuye significativamente al cambio climático al liberar grandes cantidades de dióxido de carbono (FAO, 2020). Además, los bosques juegan un papel muy importante en la regulación del ciclo del agua, y su pérdida puede llevar a la alteración de patrones de lluvia y a la erosión del suelo (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La minería también genera impactos ambientales severos. La extracción de minerales, especialmente mediante minería a cielo abierto, puede causar la destrucción de vastas áreas de tierra y alterar ecosistemas enteros. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la minería contribuye a la contaminación de cuerpos de agua con metales pesados y productos químicos tóxicos como el mercurio, lo que afecta la biodiversidad acuática y pone en riesgo la salud humana (PNUMA, 2015). En este contexto, los efectos sobre el suelo son igualmente preocupantes, ya que la actividad minera puede resultar en la degradación y pérdida de suelo fértil, lo que afecta la agricultura y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas (United Nations Environment Programme, 2016).

Por su parte, la pesca excesiva es responsable de la disminución de las poblaciones de peces y la destrucción de ecosistemas marinos. La FAO ha destacado que, a nivel mundial, el 34% de las poblaciones de peces se explotan a niveles insostenibles (FAO, 2020).

Figura 118

Mortalidad masiva de peces en un ecosistema acuático



Nota. La imagen muestra un evento de mortalidad masiva de peces en la orilla de un cuerpo de agua, posiblemente relacionado con la contaminación, cambios en la calidad del agua, proliferación de algas tóxicas o variaciones en los niveles de oxígeno. Estos eventos tienen un impacto significativo en la biodiversidad acuática y las comunidades humanas que dependen de estos recursos. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y consecuencias de las alteraciones en los ecosistemas acuáticos y fomentar estrategias para su protección y recuperación.

Esta sobreexplotación no solo afecta a las especies de peces, sino que también interrumpe las cadenas tróficas marinas, poniendo en peligro a las especies que dependen de ellas para su alimentación (Pauly et al., 2002). Además, la pesca excesiva destruye hábitats marinos como los arrecifes de coral, que son vitales para muchas especies marinas y actúan como barreras naturales contra las tormentas y la erosión costera (Moberg & Folke, 1999).

Otro tema a resaltar son los aditivos presentes en los plásticos, como los disruptores endocrinos, pueden alterar el sistema hormonal y provocar enfermedades graves, como cáncer, problemas de desarrollo y trastornos reproductivos (Cprac, 2020).

En cuanto a los químicos tóxicos, muchos de los compuestos que se encuentran en plásticos y otros productos comerciales son altamente peligrosos. Los perfluoro alquilados (PFAS), por ejemplo, son sustancias que se utilizan en productos resistentes al agua, y están asociadas con una variedad de problemas de salud, incluyendo cáncer, retrasos en el desarrollo y enfermedades del hígado (Huffington Post, 2024). Los efectos de estos químicos en el medioambiente son igualmente devastadores, ya que pueden contaminar el agua y el suelo, afectando tanto a la fauna como a las comunidades humanas que dependen

de estos recursos.

Por otro lado, las emisiones industriales contribuyen significativamente a la contaminación atmosférica y al cambio climático. Las fábricas y plantas de producción liberan una variedad de contaminantes al aire, como dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, que agravan el calentamiento global y alteran el equilibrio de los ecosistemas. Un caso particularmente grave es el río Citarum en Indonesia, que ha sido denominado uno de los ríos más contaminados del mundo debido a las descargas industriales sin control de más de 1.900 fábricas. Este río afecta a más de 25 millones de personas, exponiéndolas a riesgos de salud por la contaminación del agua (Huffington Post, 2024). Además, la producción de plásticos, que depende de la industria petroquímica, genera emisiones de gases de efecto invernadero, lo que amplifica el problema del cambio climático (UNEP, 2020).

12.3. UNA MEJOR ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA: EL PANORAMA ENERGÉTICO ACTUAL DEL PERÚ

Perú tiene un potencial significativo en energías renovables, incluyendo solar, eólica, y biomasa. La energía solar es particularmente prominente, con proyectos de paneles fotovoltaicos en techos urbanos que podrían satisfacer la demanda eléctrica actual de ciudades medianas, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (Bazan et al., 2018). Además, el uso de residuos agrícolas como la cáscara de arroz se ha evaluado como una fuente alternativa de energía, mostrando menores impactos ambientales en comparación con el carbón (Quispe et al., 2019). La energía eólica también se ha utilizado en proyectos de electrificación rural en las tierras altas andinas (Ferrer-Martí et al., 2011). En cuanto a energías no renovables, el gas natural es una fuente importante de energía en Perú, con planes para expandir su uso en los sectores industrial y comercial a través de la cogeneración, lo que podría aumentar la capacidad instalada del país (Palomino & Nebra, 2012). Sin embargo, el crecimiento del sector minero, que depende en gran medida del gas natural, podría limitar la disponibilidad de energía de alta calidad para otros sectores (Silva-Macher, 2016).

La capacidad de generación en Perú está en expansión, con un enfoque en integrar más fuentes renovables. Los sistemas híbridos que combinan solar, eólica y diésel han

demostrado ser económicamente viables para comunidades rurales, alcanzando fracciones de generación renovable de hasta el 97% (Rinaldi et al., 2020). Además, la energía de las olas ha sido identificada como un recurso potencial que podría superar la demanda eléctrica total del país (López et al., 2015).

Figura 119

Electrificación rural para el desarrollo sostenible



Nota. La imagen muestra a un técnico trabajando en la instalación o mantenimiento de un poste de luz en una comunidad rural. La electrificación rural es esencial para mejorar la calidad de vida, fomentar el desarrollo económico y reducir la desigualdad entre áreas urbanas y rurales. Este tipo de iniciativas contribuyen al acceso a servicios básicos como la educación y la salud, al mismo tiempo que impulsan la sostenibilidad si se integran fuentes de energía renovable. Utilizada con fines educativos para destacar la importancia de la infraestructura energética en el desarrollo inclusivo.

La distribución de energía en Perú es irregular, especialmente en áreas rurales no conectadas a la red eléctrica. Se han propuesto soluciones como micro redes y turbinas eólicas individuales para mejorar el acceso a la electricidad en estas regiones (Ferrer-Martí et al., 2011). La desconexión entre las prácticas locales de energía renovable y las políticas nacionales también afecta la distribución, como se observa en el caso de los calentadores solares de agua en Arequipa (Israel & Jehling, 2019).

El consumo de electricidad en Perú no muestra una relación causal directa con el crecimiento económico, a diferencia de otros países sudamericanos (Yoo & Kwak, 2010). Sin embargo, el consumo energético en el sector minero es extremadamente alto, lo que podría afectar la disponibilidad de energía para otros sectores (Silva-Macher, 2016). La promoción de proyectos de autogeneración fotovoltaica podría ayudar a diversificar el

consumo y reducir la dependencia de fuentes no renovables (Espinoza et al., 2019).

Otro tema importante a tratar es la demanda energética en Perú, la cual ha experimentado un crecimiento significativo en sectores clave como la minería, la industria y los hogares. Este análisis se centra en cómo estos sectores han contribuido al aumento de la demanda energética y las implicaciones futuras de este crecimiento.

El sector minero en Perú ha mostrado un aumento masivo en su tasa de consumo eléctrico, alcanzando 61.6 mega julios por hora en 2010, lo que es 11 veces mayor que la tasa de electricidad utilizada por hora en el sector de la construcción y manufactura (Silva-Macher, 2016). Este crecimiento está impulsado por la explotación de las reservas de gas natural de Camisea, lo que ha llevado a un aumento en la construcción de plantas eléctricas basadas en gas natural (Silva- Macher, 2016).

La proporción de electricidad utilizada en el sector minero podría aumentar, lo que podría comprometer la disponibilidad de suministros de energía primaria de alta calidad para el resto de la sociedad (Silva-Macher, 2016).

Aunque el estudio específico se centra en Chile, se pueden extraer lecciones relevantes para Perú. En Chile, el sector industrial es el mayor consumidor de energía, y la intensidad energética ha aumentado con el tiempo, aunque el consumo energético se ha mantenido estable (Duran et al., 2015). Esto sugiere que las políticas de eficiencia energética podrían ser cruciales para mantener la competitividad y reducir el impacto ambiental en el sector industrial peruano (Duran et al., 2015).

En Colombia, por ejemplo, el sector residencial enfrenta desafíos en la demanda energética debido a fenómenos climáticos y cambios tecnológicos (Nieves et al., 2019). En un escenario positivo, el crecimiento económico y la sustitución tecnológica acelerada permiten niveles más altos de eficiencia energética y una mayor migración hacia tecnologías más limpias (Nieves et al., 2019).

El apoyo gubernamental al crecimiento del sector minero en Perú podría necesitar ser reconsiderado debido a sus implicaciones en la disponibilidad de energía para otros sectores (Silva-Macher, 2016).

La implementación de políticas diferenciadas por sector podría ser más efectiva que una política global única, especialmente en el sector industrial, donde los patrones de consumo energético e intensidad varían significativamente entre subsectores (Duran et al., 2015).

Aparte de eso, el Perú enfrenta diversos desafíos en su infraestructura energética, particularmente en las zonas rurales. Entre estos desafíos se incluyen las ineficiencias en la infraestructura, la dependencia de fuentes de energía no renovables y brechas significativas en el acceso a la energía para las comunidades rurales.

La sostenibilidad de los esfuerzos de electrificación rural en Perú se ve comprometida por la debilidad de los marcos institucionales. Cuestiones como la rotación de personal, la superposición de competencias y la externalización generalizada sin controles sólidos han afectado la confiabilidad de los sistemas implementados (Feron y Cordero, 2018; Feron et al., 2017). Las reformas liberales en Perú no han abordado adecuadamente la necesidad de electrificación rural, lo que hace que estas zonas sean menos atractivas para la inversión privada (Cherni y Preston, 2007).

Si bien los sistemas renovables híbridos (solar, eólico, diésel) son económicamente viables, todavía existe una dependencia significativa de los motores diésel, que contribuyen a las emisiones de CO₂, aunque a una tasa reducida en comparación con los sistemas que funcionan solo con diésel (Rinaldi et al., 2020).

La modernización de los sistemas energéticos en el Perú a veces ha pasado por alto las prácticas renovables tradicionales, como la energía solar térmica, que de otro modo podrían contribuir a una transición energética más sostenible (Israel y Jehling, 2019).

Muchas comunidades rurales siguen desconectadas de la red eléctrica, por lo que necesitan soluciones fuera de la red, como sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, estos sistemas a menudo no satisfacen las demandas energéticas y carecen de la participación de la comunidad, lo que conduce al fracaso de los proyectos (Feron y Cordero, 2018; Eras-Almeida et al., 2019; Feron et al., 2017).

La introducción de proyectos de energía renovable ha proporcionado beneficios como una menor contaminación del aire y un mejor acceso a las comunicaciones, pero estos proyectos también pueden crear inadvertidamente desigualdades sociales si no se gestionan con cuidado (Fernández-Baldor et al., 2014).

12.4. Impactos socioambientales de la mala gestión energética

La sobreexplotación de recursos en Perú, especialmente en la Amazonía, tiene efectos significativos como la contaminación, deforestación y pérdida de biodiversidad. Estos

impactos son principalmente impulsados por actividades como la minería de oro a pequeña escala y la expansión de la infraestructura.

La minería de oro artesanal y a pequeña escala (ASGM) es una fuente importante de contaminación por mercurio en la región de Madre de Dios, lo que ha llevado a emergencias nacionales debido al envenenamiento por mercurio (Espejo et al., 2018; Diringer et al., 2019).

Figura 120

Impacto de la deforestación en los ecosistemas amazónicos



Nota. La imagen muestra un área de bosque amazónico afectada por la deforestación junto a un río, destacando el contraste entre el ecosistema natural y las áreas degradadas. La deforestación, impulsada por actividades como la agricultura intensiva y la explotación de recursos, pone en riesgo la biodiversidad, afecta los ciclos hidrológicos y contribuye al cambio climático. Utilizada con fines educativos para analizar las causas y consecuencias de la deforestación y promover estrategias para la conservación y restauración de los ecosistemas forestales.

La deforestación asociada a la minería también moviliza mercurio natural y antropogénico hacia los ríos, aumentando el riesgo de bioacumulación en peces y exposición a comunidades humanas (Diringer et al., 2019).

La minería de oro ha causado una deforestación significativa en la Amazonía peruana, con pérdidas de bosque que alcanzan las 100,000 hectáreas en un período de 34 años (Espejo et al., 2018; Asner & Tupayachi, 2016).

La expansión de la infraestructura, como la Carretera Interoceánica, ha acelerado la deforestación y fragmentación del hábitat, afectando la biodiversidad (Sánchez-Cuervo et al., 2020).

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

La deforestación y la conversión de tierras para la agricultura y la minería han reducido la biodiversidad del suelo y amenazan la conservación de especies en la Amazonía (Franco et al., 2019).

La pérdida de hábitat y la fragmentación debido a la minería y la agricultura intensiva han afectado negativamente a la biodiversidad, incluyendo especies emblemáticas y plantas sobreexplotadas (Souza & Prevedello, 2020; Siqueira-Gay et al., 2020).

Además de todo lo ya mencionado, la gestión energética inadecuada en Perú contribuye significativamente a los problemas ambientales globales, exacerbando los efectos del cambio climático. A continuación, se detallan las principales consecuencias y contribuciones de esta gestión deficiente:

La modernización de los sistemas energéticos en Perú ha marginado prácticas tradicionales de energía renovable, como el uso de calentadores solares de agua en Arequipa. Esta desconexión de las políticas nacionales amenaza la innovación local y el sustento de las personas involucradas en estas prácticas (Israel & Jehling, 2019).

Dependencia de Combustibles Fósiles: El uso de combustibles fósiles sigue siendo predominante, contribuyendo a las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque hay esfuerzos para incorporar fuentes de energía renovable, como el uso de residuos agrícolas, la implementación es limitada y no suficientemente efectiva para reducir significativamente las emisiones (Quispe et al., 2019; Vázquez-Rowe et al., 2019).

Figura 121

Operaciones mineras a cielo abierto



Nota. La imagen muestra una operación minera a cielo abierto, donde maquinaria pesada es utilizada para extraer minerales. Este tipo de minería tiene un alto impacto ambiental, incluyendo la alteración de paisajes, la contaminación de suelos y cuerpos de agua, y la

pérdida de biodiversidad. Sin embargo, su regulación y la implementación de prácticas sostenibles pueden mitigar sus efectos negativos. Utilizada con fines educativos para analizar los impactos ambientales y sociales de la minería y promover la adopción de estrategias responsables en la extracción de recursos.

El crecimiento del sector minero, apoyado por el gobierno, ha incrementado el uso de energía y podría establecer un "bloqueo de carbono" en el sector eléctrico, limitando la disponibilidad de energía de alta calidad para otros sectores de la sociedad (Silva-Macher, 2016).

La producción de cemento y la dependencia de combustibles fósiles en la generación de energía son responsables de una parte significativa de las emisiones de CO₂ en Perú (Vázquez- Rowe et al., 2019; Vázquez-Rowe et al., 2019).

La quema de residuos agrícolas, como la cáscara de arroz, en espacios abiertos contribuye a la contaminación del aire y del agua, afectando la salud humana y el medio ambiente (Quispe et al., 2019).

La falta de acceso a la red eléctrica en comunidades rurales ha llevado a la dependencia de sistemas híbridos que, aunque más sostenibles, aún enfrentan desafíos económicos y de implementación (Rinaldi et al., 2020).

12.5. EL PAPEL DE LA CIUDADANÍA Y LA EDUCACIÓN ENERGÉTICA

La sensibilización sobre el uso eficiente de la energía es un tema muy importante en el contexto actual de cambio climático y sostenibilidad. La educación juega un papel fundamental en la promoción de hábitos responsables en el consumo de energía, especialmente entre las generaciones más jóvenes, quienes pueden influir significativamente en sus comunidades.

Los programas educativos, como la iniciativa Schools4energy, han demostrado ser efectivos en la reducción del consumo energético al involucrar a estudiantes en actividades prácticas y competitivas que fomentan comportamientos energéticos virtuosos. Este enfoque no solo promueve el ahorro de energía, sino que también genera un cambio de mentalidad en la sociedad al involucrar a los jóvenes en la promoción de prácticas energéticas responsables (Pietrapertosa et al., 2021).

La implementación de ecosistemas TIC en entornos escolares, que incluyen elementos web,

móviles y de sensores, ha sido clave para motivar y apoyar el cambio de comportamiento de los jóvenes hacia una mayor eficiencia energética. Estos sistemas permiten el monitoreo y gestión de la eficiencia energética en edificios educativos, facilitando la educación y la concienciación sobre el uso responsable de la energía (Amaxilatis et al., 2017).

Las clases interactivas transfronterizas, como las realizadas entre estudiantes de Chile y Perú, han demostrado ser una alternativa educativa factible para aumentar la conciencia sobre la eficiencia energética. Estas clases fomentan la colaboración internacional y el entendimiento de la relación entre el desarrollo socioeconómico y las emisiones de CO₂, promoviendo la necesidad de trabajar juntos para mejorar la eficiencia energética (Araya & Collanqui, 2021).

La educación en conceptos de energía renovable y desarrollo sostenible en escuelas secundarias es crucial para motivar a los estudiantes a seguir carreras en tecnologías de energía renovable. Sin embargo, existe una falta significativa de currículos que aborden estos temas, lo que refleja un bajo nivel de conocimiento e interés entre los estudiantes. La introducción de cursos y actividades específicas ha mostrado impactos positivos en la conciencia y el comportamiento de los estudiantes hacia la energía renovable (Hoque et al., 2022).

Proyectos como GAIA han demostrado que la educación puede cambiar los patrones de consumo energético al mejorar el conocimiento ambiental y fomentar comportamientos sostenibles. Los estudiantes con menor conocimiento previo mostraron mayores efectos de aprendizaje, lo que sugiere que la educación puede ser un poderoso motor de cambio hacia comportamientos más ecológicos (Maurer et al., 2020).

La participación ciudadana en la gestión energética es un componente crucial para la transición hacia sistemas de energía más sostenibles. En el contexto de Perú, las comunidades pueden involucrarse activamente a través de proyectos locales y cooperativas energéticas, lo que no solo promueve la autosuficiencia energética, sino que también fortalece la cohesión social y económica.

La identidad comunitaria y la confianza son determinantes clave para la participación en proyectos de energía comunitaria. Las normas sociales y la preocupación ambiental también juegan un papel importante en la disposición de los ciudadanos para participar en estos proyectos (Kalkbrenner & Roosen, 2016; Fischer et al., 2021).

Las rutas hacia un mundo en evolución constante

Los participantes en iniciativas energéticas comunitarias tienden a ser bien educados y conscientes de los beneficios de estas iniciativas, aunque esto no siempre se traduce en un compromiso activo (Radtke, 2014).

Las cooperativas energéticas permiten a los ciudadanos participar tanto política como económicamente en la generación de energía renovable. Estas cooperativas, en colaboración con los municipios, pueden ser efectivas en la implementación de transiciones energéticas descentralizadas (Schmid et al., 2020).

La combinación de modelos de crowdfunding y cooperativas puede ser efectiva para financiar proyectos de energía renovable, involucrando a los ciudadanos en el proceso de recaudación de fondos y promoviendo la transición energética (De Crescenzo et al., 2020).

La falta de transparencia en las operaciones de los cuerpos directivos de las cooperativas energéticas puede ser un obstáculo para la participación activa. Es crucial que las estructuras de gobernanza sean participativas e inclusivas para empoderar a las comunidades locales (Radtke, 2014; Lennon et al., 2019).

En Perú, la transición hacia un modelo de co-gobernanza ha permitido una mayor participación de los actores sociales en la política energética, lo que ha contribuido al éxito de proyectos como el de gas de Camisea (Fontaine, 2010).

EPÍLOGO

En un mundo de crecientes desafíos ambientales y sociales, el equilibrio en los ecosistemas se está convirtiendo en una base esencial para el desarrollo sostenible del planeta. Este libro examina cómo las interacciones químicas en el agua, el suelo y el aire, influenciadas por las actividades humanas, afectan la estabilidad de los ecosistemas y, en última instancia, la supervivencia de nosotros. El examen de los impactos del desarrollo industrial, la contaminación, la pérdida de biodiversidad y los cambios en la producción agrícola resalta tanto los desafíos como las oportunidades para crear un futuro más sostenible.

Después de todo, el conocimiento de las ciencias básicas no es sólo una herramienta para comprender el medio ambiente sino también una guía para tomar decisiones responsables. Si adoptamos prácticas sostenibles, promovemos la innovación científica y priorizamos el bien colectivo, podemos ayudar a cuidar los recursos esenciales para el sustento de la vida. Mantener el equilibrio químico del mundo natural no es sólo un imperativo ambiental sino también una inversión en el legado que dejamos a las generaciones futuras.

En este ambiente, es fundamental promover una visión colectiva que trascienda fronteras y generaciones, reconociendo al mismo tiempo que cada pequeño esfuerzo cuenta para mantener el equilibrio natural. Desde la conservación de los recursos hídricos hasta la protección de la biodiversidad, nuestras acciones diarias reflejan nuestro compromiso con un planeta más saludable. Las ciencias básicas conectan los procesos fundamentales de la vida, ofrece soluciones prácticas que pueden integrarse en las políticas públicas, las iniciativas públicas y las decisiones individuales, acercándolas. Apuntamos a un modelo de desarrollo verdaderamente armonioso y sostenible.

REFERENCIAS

- A, J. P. M. (2007). La política criminal de los tratados internacionales. *Ius Et Praxis*, 13(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-00122007000100010>
- Aamer, A., Sahara, C., & Al-Awlaqi, M. (2022). Digitalization of the supply chain: transformation factors. *Journal of Science and Technology Policy Management*. <https://doi.org/10.1108/jstpm-01-2021-0001>
- Aasaiyan, S. (2019). Impacto del crecimiento y desarrollo de la población en la India.,22, 2787-2790.
- Abdel-Fatah, M., & Bazedi, G. (2020). Water Treatment and Desalination. Desalination – Challenges and Opportunities. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91471>
- Abd-Elhamid, H., Zele, M., So, T., Saleh, O., El-Dakak, A., y A, A. (2023). Monitoreo de riesgos de inundaciones y sequías en regiones áridas y semiáridas utilizando datos de teledetección e índice de precipitación estandarizado: un estudio de caso de Siria. *Journal of Flood Risk Management*, 17. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12961>
- Abdullah, S., Al-Baldawi, I., Almansoor, A., Purwanti, I., Al-Sbani, N., & Sharuddin, S. (2020). Plant-assisted remediation of hydrocarbons in water and soil: Application, mechanisms, challenges and opportunities. *Chemosphere*, 247, 125932.
- Aboah, M., y Miyittah, M. (2022). Estimación de los niveles globales de agua, saneamiento e higiene y los riesgos relacionados para la salud humana, utilizando datos de indicadores globales de 1990 a 2020. *Journal of water and health*, 20 7, 1091 1101. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.065>
- Abraham, F., Cortina, J., & Schmukler, S. (2019). The Rise of Domestic Capital Markets for Corporate Financing. *International Corporate Finance eJournal*. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8844>
- Abrahms, B. (2021). Conflicto entre humanos y vida silvestre en el contexto del cambio climático. *Science*, 373, 484 - 485. <https://doi.org/10.1126/science.abj4216>
- Acquaphi. (n.d.). Beneficios de la eliminación de sólidos suspendidos y sedimentos. Acquaphi. <https://acquaphi.com/es/benefits/schwebende-feststoffe-und-sedimente/>
- Acquaphi. (n.d.). Beneficios de la eliminación de sólidos suspendidos y sedimentos. Acquaphi. <https://acquaphi.com/es/benefits/schwebende-feststoffe-und-sedimente/>
- Adegoke, Y., Mbonigaba, J. y George, G. (2023). Nexo entre salud y productividad total de los

- factores en países seleccionados del África subsahariana: modelado cuadrático y de umbral. *BMJ Open*, 13. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-066970>
- Adeniran, A., Daniell, K., & Pittock, J. (2021). Water Infrastructure Development in Nigeria: Trend, Size, and Purpose. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w13172416>
- Adesemoye, A., & Kloepper, J. (2009). Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 1-12.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (s.f.). Resumen de Salud Pública: Hidrocarburos totales de petróleo. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html
- Agroquimicos Y Fertilizantes En La Salud De Los Trabajadores De Follajes Del Municipio De Zipacon Cundinamarca. *Actas Del Congreso De*
- Aguilar, N. J. P. B. (2019). Comportamiento político en la tensión libre comercio- proteccionismo: Caso de dumping LAICA-La Maquila S.A. *Revista Rupturas*, 167- 199. <https://doi.org/10.22458/rr.v10i1.2754>
- Aguilar-Luis, M., Sanchez, J., Mercado, W., & Alegre, J. (2024). Sustainable Agriculture in Peru Based on Agrobiodiversity and Climate-Smart Agriculture:Evaluation of a Case Study with Small Farmers in an Andean Basin. *Journal of Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.12911/22998993/185221>
- Aguilar-Luis, M., Sanchez, J., Mercado, W., & Alegre, J. (2024). Sustainable Agriculture in Peru Based on Agrobiodiversity and Climate-Smart Agriculture:Evaluation of a Case Study with Small Farmers in an Andean Basin. *Journal of Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.12911/22998993/185221>
- Aguilera, E., Díaz-Gaona, C., García-Laureano, R., Reyes-Palomo, C., Guzmán, G., Ortolani, L., Sánchez-Rodríguez, M., & Rodríguez-Estévez, V. (2020). Agroecologyfor adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review. *Agricultural Systems*, 181, 102809. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102809>
- Ahmed, A., Gohary, E., Tzanakakis, V., & Angelakis, A. (2020). Egyptian and Greek Water Cultures and Hydro-Technologies in Ancient Times. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12229760>
- Ahmed, N., & Turchini, G. (2021). The evolution of the blue-green revolution of rice-fish cultivation for sustainable food production. *Sustainability Science*, 16, 1375 - 1390.

<https://doi.org/10.1007/s11625-021-00924-z>

Ahmed, S., Abedulwahab, A., Ahmed, R., Najemalden, M., & Taha, O. (2020).

Assessment of Lower Zab river water quality using both Canadian Water Quality Index Method and NSF Water Quality Index Method., 29, 155-171.

<https://doi.org/10.22630/pniks.2020.29.2.14>

Ahmed, Z., Gui, D., Murtaza, G., Liu, Y. y Ali, S. (2023). Una descripción general de la gestión inteligente del riego para mejorar la productividad del agua en las zonas áridas en condiciones de cambio climático. *Agronomía*.

<https://doi.org/10.3390/agronomy13082113>

Ahmedov, I. (2020). The Impact Of Digital Economy On International Trade. *European Journal of Business and Management*,

5.<https://doi.org/10.24018/ejbmr.2020.5.4.389>

Ajmal, M., Ali, H., Saeed, R., Akhtar, A., Tahir, M., Mehboob, M., & Ayub, A. (2018). Biofertilizer as an Alternative for Chemical Fertilizers. *Research & Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 7, 1-7.

Akanmu, A., Olowe, O., Phiri, A., Nirere, D., Odebode, A., Umuhoza, N., Asemoloye, M., & Babalola, O. (2023). Bioresources in Organic Farming: Implications for Sustainable Agricultural Systems. *Horticulturae*.

Akanmu, A., Olowe, O., Phiri, A., Nirere, D., Odebode, A., Umuhoza, N., Asemoloye, M., & Babalola, O. (2023). Bioresources in Organic Farming: Implications for Sustainable Agricultural Systems. *Horticulturae*.

Akanmu, A., Olowe, O., Phiri, A., Nirere, D., Odebode, A., Umuhoza, N., Asemoloye, M., & Babalola, O. (2023). Bioresources in Organic Farming: Implications for Sustainable Agricultural Systems. *Horticulturae*.

Akchurin, M. (2022). Infraestructuras en disputa: agua, privatización y protestas desde lugares concretos en el Gran Buenos Aires. *Ciudad y comunidad*, 22, 171 - 194.
<https://doi.org/10.1177/15356841221139249>

Akhtar, M., & Maab, I. (2022). Race to Digitalization – Sustainability Challenges for Developing Countries. *The International Journal of Frontier Sciences*.
<https://doi.org/10.37978/tijfs.v6i1.414>

Al 2024 la población peruana proyectada alcanza los 34 millones de habitantes. (s. f.).

- Noticias - Instituto Nacional de Estadística E Informática - Plataforma del Estado Peruano.
<https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/987317-al-2024-la-poblacion-peruana-proyectada-alcanza-los-34-millones-de-habitantes>
- Alarcon-Aguirre, G., Mamani, M. M., & Vásquez Zavaleta, T. (2023). Forest loss related to Brazil nut production in non-timber forest product concessions in the Peruvian Amazon. Remote Sensing. <https://consensus.app/papers/forest-loss-related-to-brazil-nut-production-in-nontimber-alarcón-aguirre-mamani/faf9511024bc5b178085ab6654fe2351/>
- Alarcón-Aguirre, G., Mamani, M., Canahuire-Robles, R., Zavaleta, T., Valdeiglesias, J., Revoredo, J., Achata, L., Enciso, D., & Garate-Quispe, J. (2023). Forest Loss Related to Brazil Nut Production in Non-Timber Forest Product Concessions in a Micro-Watershed in the Peruvian Amazon. Remote. Sens., 15, 5438. <https://doi.org/10.3390/rs15235438>
- Alberini, A., & Austin, D. (1999). Strict Liability as a Deterrent in Toxic Waste Management: Empirical Evidence from Accident and Spill Data. Journal of Environmental Economics and Management, 38, 20-48.
- Albert, J., Destouni, G., Duke-Sylvester, S., Magurran, A., Oberdorff, T., Reis, R., Winemiller, K. y Ripple, W. (2020). Advertencia de los científicos a la humanidad sobre la crisis de la biodiversidad del agua dulce. Ambio, 50, 85-94. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>
- Albores, J. M. G., De Jesús Matuz Cruz, M., Llanes, J. y. A., Carrasco, E. L., Vázquez, V. G., & Cárdenas, N. G. (2024). Avances y perspectivas de la agricultura de precisión para la sostenibilidad agrícola. XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan, 12(24), 1-6. <https://doi.org/10.29057/xikua.v12i24.12790>
- Alcances sobre la Norma Técnica para la Gestión de la Calidad de Servicios. (s. f.). Orientación - Presidencia del Consejo de Ministros - Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/32363-alcances-sobre-la-norma-tecnica-para-la-gestion-de-la-calidad-de-servicios>
- Alcaraz, M. C., & Carrasco, I. (2019). Análisis de los factores que afectan al tamaño de la población de los municipios de castilla-la mancha. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8370003>
- Alcon, F., Marín-Miñano, C., Zabala, J., De-Miguel, M., & Martínez-Paz, J. (2020). Valuing diversification benefits through intercropping in Mediterranean agroecosystems: A choice

- experiment approach. Ecological Economics, 171, 106593.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106593>
- Aldenderfer, M. (1999). The Pleistocene/Holocene transition in Peru and its effects upon human use of the landscape. Quaternary International, 11-19. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(98\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(98)00004-4)
- Alfredo, A. L. J. (2024). ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN y DENSIDAD DE BACTERIAS EN SEDIMENTOS DE MANGLAR, PASTO MARINO, MACROALGA y SIN VEGETACIÓN ACUÁTICA SUMERGIDA EN UNA LAGUNA COSTERASEMIÁRIDA SUBTROPICAL.<http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3220>
- Peralta, A., & Leyva, L. (2020). Efecto "in vitro" de dietas para corderos más un suplementoproteico en su rendimiento. Semantic Scholar.
https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-%22in-vitro%22-de-dietas-para-corderos-m%C3%A1s-un-de-Peralta-Leyva/f1dd12ae604340f036d392255b7a2fa0678d8355?utm_source=consensus
- Alimentación y nutrición. (2023, 28 marzo). Genially.
<https://view.genially.com/63735ed615ed100018c7ca7c/interactive-content-alimentacion-y-nutricion#:~:text=Los%20nutrientes%20inorg%C3%A1nicos%20son%20nutrientes,el%20yodo%20y%20el%20hierro.>
- Alivernini, S. (2020). “Let’s move the earth and build a canal!” The management ofwater infrastructures in a Sumerian city at the end of the third millennium. Water History, 12, 93-104. <https://doi.org/10.1007/s12685-020-00242-8>
- Aliyev, T. (2021). MAIN ESSENCE AND HISTORY OF GLOBAL FINANCIALMARKETS. Globus: economy sciences. <https://doi.org/10.52013/2713-3052-43-3-2>
- Aljamali, N., Alfatlawi, I., Husien, N., Hussein, A., & Almosawy, M. (2020). Reviewon Effect of Chemical Waste on Environment., 6, 20-29.
- Aljamali, N., Kadhium, A., Ghafil, R., & Jawd, S. (2020). Review in Effect ofChemical and Biological Waste on Environment., 6, 34-44.
- Al-Kwifi, O., Farha, A., & Zaraket, W. (2020). Competitive Dynamics Between Multinational Companies and Local Rivals in Emerging Markets. FIIB BusinessReview, 9, 189 - 204.<https://doi.org/10.1177/2319714520939673>
- Allan, D., & Flecker, A. (1993). Biodiversity conservation in runningwaters. BioScience, 43, 32-

43. <https://doi.org/10.2307/1312104>

Allard, P., Aiuppa, A., Bani, P., Métrich, N., Bertagnini, A., & Gauthier, P. J. (2014). Steam and gas emission rate from the La Soufrière Volcano, Guadeloupe (Lesser Antilles): Quantification and implications for summit hydrothermal system monitoring. *Geophysical Research Letters*, 41(22), 7895–7901.

Almeida, R. (2023). The effects of oil spills on marine life and coastal communities. *International Journal of Geography, Geology and Environment*.

Alori, E., Adekiya, A., & Adegbite, K. (2020). Impact of Agricultural Practices on Soil Health., 89-98. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1_5

Alsagr, N., & Van Hemmen, S. (2021). The impact of financial development and geopolitical risk on renewable energy consumption: evidence from emerging markets. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28, 25906 - 25919. Als

Alsharhan, A., & Rizk, Z. (2020). Overview on Global Water Resources., 17-61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31684-6_2

Altea, L. (2020). Perceptions of climate change and its impacts: a comparison between farmers and institutions in the Amazonas Region of Peru. *Climate and Development*, 12, 134 - 146. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1605285>

Altieri, M., & Nicholls, C. (2013). The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140, 33-45. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>

Altieri, M., & Toledo, V. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38, 587 - 612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947> Altieri,

M., Funes-Monzote, F., & Petersen, P. (2011). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>

Altieri, M., Nicholls, C., Henao, A., & Lana, M. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 869 - 890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>

Altinörs, G. (2021). The Political Sociology of International Organisations (IOs) in the Age of Neoliberal Globalisation., 17, 1338-1354. <https://doi.org/10.26466/OPUS.797023>

- Alvarado-Bolovich, V., Medrano, J., Haro, J., Castro-Montoya, J., Dickhoefer, U., & Gómez, C. (2021). Enteric methane emissions from lactating dairy cows grazing cultivated and native pastures in the high Andes of Peru. *Livestock Science*, 243, 104385. <https://consensus.app/papers/enteric-methane-emissions-from-lactating-dairy-cows-alvarado-bolovich-medrano/923b1a25cbb85f9ebc57a6d014aa1119/>
- Alvarez, I. (2019, 11 julio). Cuáles son las principales críticas al Banco Mundial y elFMI? ProyectoBrettonWoods.<https://www.brettonwoodsproject.org/es/2019/07/cuales-son-las-principales-criticas-al-banco-mundial-y-el-fondo-monetario-internacional/>
- Álvarez-Berrios, N. L., et al. (2021). Does formalizing artisanal gold mining mitigate environmental impacts? *Environmental Research Letters*. <https://consensus.app/papers/does-formalizing-artisanal-gold-mining-mitigate-alvarez-berrios-l'roe/d4826a5e2848564b8bf3f8e6b3f31bcf/>
- Alves, L., Cruz, E., Lopes, S., Faria, P., & Da Cruz, A. (2021). Towards circular economy in the textiles and clothing value chain through blockchain technology andIoT: A review. *Waste Management & Research*, 40, 3 - 23.
- Alves, L., Sá, M., Cruz, E., Alves, T., Alves, M., Oliveira, J., Santos, M., & Da Cruz, <https://doi.org/10.1177/0734242X211052858>
- (2023). A Traceability Platform for Monitoring Environmental and Social Sustainability in the Textile and Clothing Value Chain: Towards a Digital Passport for Textiles and Clothing. <https://doi.org/10.3390/su16010082>
- Amaneesh, C., Balan, S., Silpa, P., Kim, J., Greeshma, K., Mohan, A., Antony, A., Grossart, Amiesimaka, O., y Payam, S. (2024). Política de planificación familiar y género en Nigeria: un análisis temático de la perspectiva de la política sanitaria del gobierno. *Sociología de la salud y la enfermedad*. <https://doi.org/10.1111/1467-9566.13853>
- Anandhabalaji, V., Babu, M., & Anandhi, E. (2022). Cryptocurrency: the good, the bad and the ugly. 2022 International Conference on Computer, Power and Communications (ICCPC), 656-663. <https://doi.org/10.1109/ICCPC55978.2022.10072283>
- Andersen, L., Sucho, A., & Verner, D. (2009). Social Impacts of Climate Change in Peru: A District Level Analysis of the Effects of Recent and Future Climate Change on Human Development and Inequality. *Environmental Economics*. <https://consensus.app/papers/social-impacts-of-climate-change-in-peru-a-district-level-andersen->

suxo/42d29d7e44e9581883ed8b3f330fe940/

- Andrés, G. R. J., Jesús, M. C., De València Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente – Departament D’Enginyeria Hidràulica I Medi Ambient, U. P., & De València Escuela Politécnica Superior de Gandia – Escola Politècnica Superior de Gandia, U. P. (2024, 26 septiembre). Estudio del uso de bioadsorbentes para el control de la eutrofización del lago Taihu (China). <https://m.riunet.upv.es/handle/10251/208733>
- Angelakis, A., Baba, A., Valipour, M., Dietrich, J., Fallah-Mehdipour, E., Krasilnikoff, J., Bilgiç, E., Passchier, C., Tzanakakis, V., Kumar, R., Min, Z., Dercas, N., & Ahmed, A. (2024). Water Dams: From Ancient to Present Times and into the Future. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w16131889>
- Angelakis, A., Zaccaria, D., Krasilnikoff, J., Salgot, M., Bazza, M., Roccaro, P., Jiménez, B., Kumar, A., Wang, Y., Baba, A., Harrison, J., Garduno-Jimenez, A., & Fereres, E. (2020). Irrigation of World Agricultural Lands: Evolution through the Millennia. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w12051285>
- Angulo-Bustanza, H., Arce-Larrea, G., & Calderon-Contreras, V. (2022). Peru-China international trade and its effect on inclusive economic growth in Peru 2000- 2019. *Decision Science Letters*. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2022.8.003>
- Annis, P. (2016). Chemicals for Grain Production and Protection.
- Anthonella Buchelli (2021). “El posicionamiento del Perú a nivel comercial en el mercado de China y América del Sur. Análisis de oportunidades con el Puerto de Chancay”. <https://repositorio.adp.edu.pe/handle/ADP/194>
- Antle, J., y Ray, S. (2020). Desafíos de la agricultura sostenible en los países en desarrollo., 95-138. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34599-0_4
- Antuña, J. C., Robock, A., Ammann, C., & Vernier, J. P. (2009). Temperature trends in Camagüey, Cuba, after large volcanic eruptions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D23).
- Anyssa, T., Roua, M., & Saloua, B. (2024). Cryptocurrencies and Environmental Sustainability: A Complex Challenge and Emerging Positive Trends for Logistics Transactions. 2024 IEEE 15th International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA), 1-6. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA61063.2024.10571439>
- APPLICATION PROCEDURES FOR COMPOST, VERMICOMPOST

- ANDVERMIWASH Aquabook. (2000). Disponibilidad de agua y población. https://aquabook.agua.gob.ar/1024_0
- Arango, J., Ruden, A., Martínez-Barón, D., Loboguerrero, A., Berndt, A., Chacón, M., ... & Chirinda, N. (2020). Ambition Meets Reality: Achieving GHG Emission Reduction Targets in the Livestock Sector of Latin America. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, <https://consensus.app/papers/ambition-meets-reality-achieving-ghg-emission-reduction-arango-ruden/1c8a8ac13aca5736907ad9646fd1f6cc/>
- Aranguren-Díaz, Y., Galán-Freyle, N., Guerra, A., Manares-Romero, A., Pacheco- Londoño, L., Romero-Coronado, A., Vidal-Figueroa, N., & Machado-Sierra, E. (2024). Aquifers and Groundwater: Challenges and Opportunities in Water Resource Management in Colombia. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w16050685>
- Araujo, E. J. R. S. (2014). Impacto de los tratados de libre comercio (tlc) en la economía colombiana. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9673604>
- Araújo, M., Ramalho, C., & De Melo, P. (2020). Artisanal fishers, consumers and the environment: immediate consequences of the oil spill in Pernambuco, Northeast Brazil. *Cadernos de saude publica*, 36 1, e00230319.
- Arifin, H., Fadlilah, S., & Klankhajhon, S. (2022). Malnutrition: Undernutrition or overnutrition?. *Jurnal Keperawatan Padjadjaran*.
- Arman, N., Salmiati, S., Aris, A., Salim, M., Nazifa, T., Muhamad, M., & Marpongahtun, M. (2021). A Review on Emerging Pollutants in the Water Environment: Existences, Health Effects and Treatment Processes. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w13223258>
- Armengot, L., Ferrari, L., Milz, J., Velásquez, F., Hohmann, P., & Schneider, M. (2020). Cacao agroforestry systems do not increase pest and disease incidence compared with monocultures under good cultural management practices. *Crop Protection*, 130, 105047. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105047>
- Arneth, A., Shin, Y., Leadley, P., Rondinini, C., Bukvareva, E., Kolb, M., Midgley, G., Oberdorff, T., Palomo, I., & Saito, O. (2020). Post-2020 biodiversity targets need to embrace climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 30882 - 30891. <https://doi.org/10.1073/pnas.2009584117>
- Arslan, A., Tschirley, D. y Egger, E. (2020). Bienestar de los jóvenes rurales en el gradiente rural-urbano: un análisis empírico en el mundo en desarrollo. *The Journal of Development Studies*,

- 57, 544-570.<https://doi.org/10.1080/00220388.2020.1808197>
- Asadnabizadeh, M., & Moe, E. (2024). A review of Global Carbon Markets from Kyoto to Paris and beyond: the persistent failure of implementation. *Frontiers in Environmental Science*.<https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1368105>
- Ascencio, E. J., Barja, A., Benmarhnia, T., & Carrasco-Escobar, G. (2023). Disproportionate exposure to surface-urban heat islands across vulnerable populations in Lima city, Peru. *Environmental Research Letters*, 18. <https://consensus.app/papers/disproportionate-exposure-to-surfaceurban-heat-islands-ascencio-barja/997458c75be55a1796a092077297d60c/>
- Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z., Ashraf, S., & Asghar, H. (2019). Phytoremediation: Atsumi, H., Damdinsuren, A., Asai, S., Kakizoe, H., Nagakawa, A., Iwashita, H., Umezawa, K. y Miyachi, H. (2024). Un programa educativo de extensión comunitaria local sobre pruebas genéticas: un estudio piloto. *La revista Tokai de medicina clínica y experimental*, 49 2, 67-72.
- Avazdahandeh, S., & Khalilian, S. (2020). The effect of urbanization on agricultural water consumption and production: the extended positive mathematical programming approach. *Environmental Geochemistry and Health*, 43, 247-258.<https://doi.org/10.1007/s10653-020-00668-2>
- Ayisha, M. y Latip, H. (2023). Desarrollo socioeconómico sostenible de las mujeres: un modelo desde la vulnerabilidad al empoderamiento. *Revista internacional de investigación académica en economía y ciencias de la gestión*. <https://doi.org/10.6007/ijarems/v12-i2/16662>
- Ayuso-Díaz, A. (2024). Breaking free? The evolution of intra-Asian trade at the dawn of globalization (1795–1839). *The Economic History Review*. <https://doi.org/10.1111/ehr.13350>
- Azedi, A., & Schofer, E. (2023). Assessing the Anti-Globalization Movement: Protest Against the WTO, IMF, and World Bank in Cross-National Perspective. *The Sociological Quarterly*, 64, 445 - 470. <https://doi.org/10.1080/00380253.2023.2167672>
- Azim, K., Jafor, A., Hossain, M., Shayed, A., Nikita, N., & Khan, O. (2024). The Impact of Economic Policy Changes on International Trade and Relations. *Advanced International Journal of Multidisciplinary*

- Reserch.<https://doi.org/10.62127/aijmr.2024.v02i05.1098>
- Babb, F. (2020). ‘The real indigenous are higher up’: locating race and gender in Andean Peru. *Latin American and Caribbean Ethnic Studies*, 17, 12 - 33.
- Babuji, P., Thirumalaisamy, S., Duraisamy, K., & Periyasamy, G. (2023). Human Health Risks due to Exposure to Water Pollution: A Review. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w15142532>
- Badagliacca, G., Testa, G., La Malfa, S., Cafaro, V., Lo Presti, E., & Monti, M. (2024). Organic Fertilizers and Bio-Waste for Sustainable Soil Management to Support Crops and Control Greenhouse Gas Emissions in Mediterranean Agroecosystems: A Review. *Horticulturae*.
- Bahlburg, F. (2023). The Local Impact of Mining in Peruvian Districts: Evidence of a Subnational Resource Curse?. *International Journal of Energy Economics and Policy* <https://doi.org/10.32479/ijeep.14319>
- Bain, R., Johnston, R. y Slaymaker, T. (2020). Calidad del agua potable y los ODS. *Npj Clean Water*, 3, 1-3. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-00085-z>
- Bajan, B., Łukasiewicz, J., & Smutka, L. (2021). Similarity and Competition of Polish Agri-food Export with the Largest Agricultural Producers in the EU. *Analysis of EU, US and China Market*. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*.
- Bakerrisk. (10/11/2022). La importancia de una sólida gestión de riesgos en la industria aeroespacial <https://www.bakerrisk.com/es/news/risk-management-aerospace/>
- Baklouti, M., Corriou, J., & Laurent, A. (1998). Transient Self-Heating in Storage of Bulk
- Balsari, S., Dresser, C. y Leaning, J. (2020). Cambio climático, migración y conflictos civiles. *Current Environmental Health Reports*, 7, 404-414. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00291-4>
- Ban, Q., Li, Y., Tian, G., Wu, Z., & Xia, Q. (2023). Carbon Inequality Embodied in Inter-Provincial Trade of China’s Yangtze River Economic Belt. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16134942>
- Banerjee, S., Bose, P., & Siddiqui, I. (2022). Digital Dynamics and International Trade: Experiences of South and South-East Asia. *Int. J. Asian Bus. Inf. Manag.*, 13, 1-16. <https://doi.org/10.4018/ijabim.297849>
- Baracat, E., Finger, J., Thorne, R., & Nogués, J. (2013). Sustaining Trade Reform: Institutional Lessons from Peru and Argentina. *Cultural Anthropology eJournal*. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6610>

- Baracat, E., Finger, J., Thorne, R., & Nogués, J. (2015). Trade Reform and Institution Building: Peru and Argentina under the WTO. *World Trade Review*, 14, 579 - 615. <https://doi.org/10.1017/S147474561500018X>
- Barahona, S. P. (2003). El estatuto de «refugiado» en la Convención de Ginebra de 1951. *Revista Electrónica de Derecho de la Universidad de la Rioja (REDUR)*, 1, 225. <https://doi.org/10.18172/redur.3840>
- Bardarov, G. (2023). CONFLICTOS POR EL AGUA VINCULADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA EXPLOSIÓN DEMOGRÁFICA. *Actas de la SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference. EXPO.* <https://doi.org/10.5593/sgem2023v/4.2/s19.48>.
- Barja-Ore, J., Valverde-Espinoza, N., Nathalie, F. R. K., Aguilar-Aguilar, S., Barja-Ore, J., Valverde-Espinoza, N., Nathalie, F. R. K., & Aguilar-Aguilar, S. (s. f.). Cambios en la disponibilidad de los recursos humanos en salud en el Perú. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572021000100014&script=sci_arttext
- Baroni, P., & Spagnolo, T. (2022). The Pacific Alliance and ASEAN: opportunities and challenges in the strengthening of ties. *Journal of Business*. <https://doi.org/10.21678/jb.2022.2029>
- Barquero, A. C., Vargas, W. M., & Sáenz, L. F. L. (2023). Análisis del comportamiento de la tasa de natalidad en Costa Rica del años 2001 al 2022. *Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad de Lberoamérica*, 2(2), 80-89. <https://doi.org/10.54376/rcmui.v2i2.174>
- Barreto, L., Souza, A., Martins, C., Araújo, S., & Ribeiro, C. (2019). Urban effluents affect the early development stages of Brazilian fish species with implications for their population dynamics. *Ecotoxicology and environmental safety*, 109907. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109907>
- Báscones, J. (2017). Análisis de los TLC suscritos con los países asiáticos - Facilitación del Comercio y Procedimientos Aduaneros. *Ius Et Veritas*, 256-283. <https://doi.org/10.18800/IUSETVERITAS.201703.016>
- BasirianJahromi, R. (2021). Environmental fate of cigarette butts and their toxicity in aquatic organisms: A comprehensive systematic review.. *Environmental research*, 110881.
- Bathelt, H., Buchholz, M., & Storper, M. (2024). The nature, causes, and consequences of inter-regional inequality. *Journal of Economic Geography*. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbae005>
- Baweja, P., Kumar, S., & Kumar, G. (2020). Fertilizers and Pesticides: Their Impact on Soil Health

and Environment., 265-285.

- Bax, V., Castro-Núñez, A., & Francesconi, W. (2021). Assessment of Potential Climate Change Impacts on Montane Forests in the Peruvian Andes: Implications for Conservation Prioritization. *Forests*.<https://doi.org/10.3390/F12030375>
- Bax, V., Castro-Núñez, A., Huayhuaca, M., & Liebe, J. (2021). Assessment of potential climate change impacts on montane forest biodiversity in the Peruvian Andes. *Conservation Science and Practice*, 3(2). <https://consensus.app/papers/assessment-of-potential-climate-change-impacts-on-montane-bax-castro-nuñez/763702fb81f55b9c875fd5b88a49ac7f/>
- Bax, V., Francesconi, W., & Delgado, A. (2019). Land-use conflicts between biodiversity conservation and extractive industries in the Peruvian Andes.. *Journal of environmental management*, 232, 1028-1036.
<https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.12.016>
- Baxendale, C. A., & Buzai, G. D. (2024). Urbanización y herramientas de apoyo a la gestión. *ZONA COSTERA DE LA PAMPA ARG. REC. NAT. SOST.*, 159.
- Baynes, C., Steyn, P., Soi, C., Dinis, A., Tembe, S., Mehrtash, H., Narasimhan, M., Kiarie, J. y Sherr, K. (2022). Uso de la ciencia de la implementación para promover programas de planificación familiar en países de ingresos bajos y medios: una revisión sistemática. *Frontiers in Global Women's Health* , 3. <https://doi.org/10.3389/fgwh.2022.1038297>
- Bazan, J., Rieradevall, J., Gabarrell, X., & Vázquez-Rowe, I. (2018). Low-carbon electricity production through the implementation of photovoltaic panels in rooftops in urban environments: A case study for three cities in Peru.. *The Science of the total environment*, 622-623, 1448-1462. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.003>
- Bazzana, D., Gilioli, G., & Zaitchik, B. (2020). Impact of hydropower development on rural livelihood: An agent-based exploration. *Journal of Cleaner Production*, 275,122333. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122333>
- BBVA. (s.f.). Historia de la inteligencia artificial. Recuperado de <https://www.bbva.com/es/innovacion/historia-de-la-inteligencia-artificial/>
- Bce. (2023, 13 octubre). El impacto de la globalización en la macroeconomía. Rural vía.<https://blog.ruralvia.com/globalizacion-economica/>
- Bebbington, A., & Bury, J. (2009). Institutional challenges for mining and sustainability in Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(42), 17296-17301. Recuperado de

<https://consensus.app/papers/institutional-challenges-for-mining-and-sustainability-bebbington-bury/69042825a117545cb35daa2e3879b098/>

- Bebbington, A., & Bury, J. (2022). Institutional challenges for mining and sustainability in Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 17296–17301. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906057106>
- Becerra, S., Marinero, J., & Borghi, C. (2022). Poaching and illegal wildlife trade in western Argentina. *Ethnobiology and Conservation*. <https://doi.org/10.15451/ec2022-01-11.05-1-15>
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., & Makowski, D. (2019). Evidence map of crop diversification strategies at the global scale. *Environmental Research Letters*, 14. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4449>
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, É., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27, 4697–4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>
- Belik, W. (2018). Impasses en la transformación del sistema alimentario. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 6, 5–8.
- Bella, R., Filho, L., Sigahi, T., Rampasso, I., Quelhas, O., Bella, L., Moraes, G., & Anholon, R. (2024). Small- and Medium-Sized Enterprises: Trends and Future Perspectives for Sustainability and Digitalization in Germany. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16166900>
- Belle, G., Schoeman, Y., & Oberholster, P. (2023). Potential Toxic-Element Pollution in Surface Water and Its Implications for Aquatic and Human Health: Source–Pathway–Receptor Model. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w15173100>
- Bellwood, D. R., Hughes, T. P., Folke, C., Nyström, M., & Worm, B. (2019). Confronting the coral reef crisis: Managing marine biodiversity in an era of anthropogenic change. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(10), 921–937.
- Beltrán-Bejarano, D., & Bohórquez-Montes, L. (2021). Análisis descriptivo del comercio internacional entre Colombia y Estados Unidos a partir del Tratado de Libre Comercio., 9. <https://doi.org/10.21158/23227230.V9.N0.2019.2873>
- Benavides, Q. (1990). Exploration and mining ventures in Peru. *Economic Geology*, 85, 1296–1302. <https://doi.org/10.2113/GSECONGEO.85.7.1296>
- Bernard, A., Jensen, J., Redding, S., & Schott, P. (2006). Firms in International Trade.

- McDonough: Strategy [including Economics. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1015617>
- Berrios, M. R. (2024, 13 julio). Crece el número de habitantes en el Perú este 2024: estudio de INEI revela la nueva cifra. Infobae.[https://www.infobae.com/peru/2024/07/12/peru-aumento-el-numero-de-habitantes-en-el-2024-estudio-de-inei-revela-la-nueva-cifra/#:~:text=Con%20la%20publicaci%C3%B3n%20del%20documento,la%20poblaci%C3%B3n%20a%20nivel%20nacional&text=De%20acuerdo%20con%20el%20Instituto,mil%20son%20mujeres%20\(50.4%25\)](https://www.infobae.com/peru/2024/07/12/peru-aumento-el-numero-de-habitantes-en-el-2024-estudio-de-inei-revela-la-nueva-cifra/#:~:text=Con%20la%20publicaci%C3%B3n%20del%20documento,la%20poblaci%C3%B3n%20a%20nivel%20nacional&text=De%20acuerdo%20con%20el%20Instituto,mil%20son%20mujeres%20(50.4%25))
- Bevanda, V., & Zagorova, K. (2022). Analysis of the Mechanism of the Common Organization of the Markets for Agricultural Products in the European Union. International Scientific Conference ERAZ - Knowledge Based Sustainable Development.<https://doi.org/10.31410/eraz.2022.1>
- Beydoun, M., y Wang, Y. (2008). ¿Los conocimientos y creencias sobre nutrición modifican la asociación de los factores socioeconómicos y la calidad de la dieta entre los adultos estadounidenses? Medicina preventiva , 46 2, 145-53.
- Bezuidenhout, H., Mhonyera, G., Van Rensburg, J., Sheng, H., Carrera, J., & Cui, X. (2021). Emerging Market Global Players: The Case of Brazil, China and South Africa. Sustainability.<https://doi.org/10.3390/su132112234>
- Bhadula, R., Sharma, A. y Tiwari, C. (2021). Modelado matemático sobre predicción de población. Webología.<https://doi.org/10.29121/web/v18i3/7>.
- Bhambra, G. (2020). Colonial global economy: towards a theoretical reorientation of political economy. Review of International Political Economy, 28, 307 - 322. <https://doi.org/10.1080/09692290.2020.1830831>
- Bhardwaj, D., Ansari, M., Sahoo, R., & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. Microbial Cell Factories, 13, 66 - 66.
- Bhat, R., Singh, D., Qadri, H., Dar, G., Dervash, M., Bhat, S., Unal, B., Ozturk, M., Hakeem, K., & Yousaf, B. (2021). Vulnerability of municipal solid waste: An emerging threat to aquatic ecosystems.. Chemosphere, 287 Pt 3, 132223.
- Bhattacharya, D., Clement, P., & Dhanasekaran, M. (2016). Evaluating the neurotoxic effects of Deepwater Horizon oil spill residues trapped along Alabama's beaches.. Life sciences, 155,

161-6.

- Bhutta, Z., Berkley, J., Bandsma, R., Kerac, M., Trehan, I., & Briend, A. (2017). Severe childhood malnutrition. *Nature Reviews Disease Primers*, 3.
- Bilali, H., Rokka, S., Calabrese, G., Borelli, T., Grazioli, F., Tietiambou, S., Nanema, J., Guimbo, I., Dambo, L., Nouhou, B., Gonnella, M., & Acasto, F. (2024). Conservation and Promotion of Neglected and Underutilized Crop Species in West Africa: Policy and Governance. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16146194>
- Binkley, N., & Krueger, D. (2009). Hypervitaminosis A and bone.. *Nutrition reviews*, 585, 138-44
- BioBioChile. (2024). ¿Por qué la NASA eligió a Perú para construir el puerto espacial más grande de Sudamérica?. <https://www.biobiochile.cl>
- Bjørnbet, M., Skaar, C., Fet, A., & Schulte, K. (2021). Circular economy in manufacturing companies: A review of case study literature. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126268. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126268>
- Blaylock, J., Smallwood, D., Kassel, K., Variyam, J. y Aldrich, L. (1999). Economía, elección de alimentos y nutrición. *Food Policy*, 24, 269-286.
- Blog R&C Consulting, Escuela de Gobierno y Gestión Pública. (2024, 29 junio). ¿QUÉ ES LA CALIDAD DE SERVICIO AL CIUDADANO? <https://rc-consulting.org/blog/2022/05/calidad-de-servicio-al-ciudadano/>
- Blundo-Canto, G., Cruz-García, G., Talsma, E., Francesconi, W., Labarta, R., Sanchez- Choy, J., Pérez-Marulanda, L., Paz-García, P., & Quintero, M. (2020). Changes in food access by mestizo communities associated with deforestation and agrobiodiversity loss in Ucayali, Peruvian Amazon. *Food Security*, 12, 637 - 658. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01022-1>
- Bodorkós, B., Pataki, G., Mer, A., & István, S. (2010). PARTICIPATORY ACTION RESEARCH FOR CONSERVING CROP GENETIC RESOURCES: BEANS.
- Bogale, D., Estifanos, S., & Asfaw, Z. (2023). Comparative Analysis of Fruit Tree– Based Agroforestry and Monoculture in Tackling Climate Change Challenges: Evidence from Sofi District, Ethiopia. *Ekológia (Bratislava)*, 42, 381 - 391. <https://doi.org/10.2478/eko-2023-0043>
- Bollinger, W. (2012). Textiles, guano and railroads: The role of the United States in the early

- development failures of Peru, 1818-1876. Recuperado de <https://consensus.app/papers/textiles-guano-and-railroads-the-role-of-the-united-states-bollinger/d87abe63bd955827856d510d2ca6fbbf/>
- Borzenko, O., & Hlazova, A. (2022). THEORETICAL APPROACHES TO RESEARCHING DIGITALIZATION PROCESSES IN THE GLOBAL ECONOMY. JOURNAL OF EUROPEAN ECONOMY. <https://doi.org/10.35774/jee2022.03.307>
- Borzoiepour, S., Alizadeh, G., Jafary, H., & Zarnaq, R. (2024). Identify Affecting Factors on Total Fertility Rate: A Systematic Review. Health Scope.
- Borzoiepour, S., Alizadeh, G., Jafary, H., & Zarnaq, R. (2024). Identify Affecting Factors on Total Fertility Rate: A Systematic Review. Health Scope.
- Bossi, P., Delrio, P., Mascheroni, A., & Zanetti, M. (2021). The Spectrum of Bossone, E., Ranieri, B., Coscioni, E. y Baliga, R. (2019). Salud comunitaria y prevención: ¿Se necesita un pueblo para reducir el riesgo cardiovascular! ¿Hagámoslo juntos!. European Journal of Preventive Cardiology , 26, 1840-1842. <https://doi.org/10.1177/2047487319867505>
- Bourke, P., Evers, J., Bijma, P., Van Apeldoorn, D., Smulders, M., Kuyper, T., Mommer, L., & Bonnema, G. (2021). Breeding Beyond Monoculture: Putting the “Intercrop” Into Crops. Frontiers in Plant Science, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.734167>
- Branca, D., & Haller, A. (2021). Cusco: Profile of an Andean city. Cities, 113, 103169. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2021.103169>
- Brandão, D., Barata, L., & Nobre, C. (2022). The Effects of Environmental Changes on Plant Species and Forest Dependent Communities in the Amazon Region. Forests. <https://doi.org/10.3390/f13030466>
- Bravo, E., Amasifuen, C., Cayo, I., Pariente, E., Sanchez, T., Vásquez, J., & Vergara, A. (2024). Constraints on Public Policy Design and Formulation: A Case Study on the Conservation of Natural Resources in Local Governments of the Amazonia, Peru. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su16198559>
- Bravo-Ureta, B., Higgins, D., & Arslan, A. (2020). Irrigation infrastructure and farm productivity in the Philippines: A stochastic Meta-Frontier analysis. World Development, 135, 105073. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105073>
- Briceño, F. (1998). Certezas e incertidumbres sobre la hipótesis del cambio. Investigaciones Geográficas, 20.

<https://www.investigacionesgeograficas.com/article/view/1998-n20-certezas-e-incertidumbres-sobre-la-hipotesis-del-cambio>

Briceño, N., Sánchez, D., Castillo, E., Gurbillón, M., Sarmiento, F., Sotomayor, D., Oliva, M., & López, R. (2020). Current and Future Distribution of Five Timber Forest Species in Amazonas, Northeast Peru: Contributions towards a Restoration Strategy. Diversity.

<https://doi.org/10.3390/d12080305>

Bridges, A. (2024). Evaluating Sustainability in Social-ecological Systems: 50 Years of Conservation in Florianópolis, Brazil. Conservation and Society.

https://doi.org/10.4103/cs.cs_70_23

Brodie, J., Williams, S., & Garner, B. (2021). The decline of mammal functional and evolutionary diversity worldwide. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1921849118>

Brose, U., Blanchard, J., Eklöf, A., Galiana, N., Hartvig, M., Hirt, M., Kalinkat, G., Nordström, M., O’Gorman, E., Rall, B., Schneider, F., Thébault, É., & Jacob, U. (2017). Predicting the consequences of species loss using size-structured biodiversity approaches. Biological Reviews, 92. <https://doi.org/10.1111/brv.12250>

Brunner, M. y Fischer, S. (2022). Las inundaciones provocadas por la nieve están más fuertemente conectadas en el espacio que las inundaciones provocadas puramente por la lluvia. Environmental Research Letters, 17. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac948f>

Bugelli, A., Da Silva, R., Dowbor, L. y Sicotte, C. (2021). Los determinantes de la mortalidad infantil en Brasil, 2010-2020: una revisión exploratoria. Revista internacional de investigación ambiental y salud pública, 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126464>.

Bulletti, F., Berrettini, M., Sciorio, R., & Bulletti, C. (2023). Artificial intelligence algorithms for optimizing assisted reproductive technology programs: A systematic review. Global Translational Medicine. <https://doi.org/10.36922/gtm.0308>

Burgess, J. (2021). Economics of the Biodiversity Convention. <https://doi.org/10.1093/ACREFORE/9780199389414.013.421>

Burgueno, E. (2023). El acceso al agua potable en el mundo. Statista. <https://es.statista.com/grafico/30663/porcentaje-de-la-poblacion-con-acceso-al-menos-a-servicios-basicos-de-agua-potable>

Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., & Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on

the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 19–33.

<https://consensus.app/papers/potential-impacts-of-climate-change-on-the-environmental-buytaert-cuesta-camacho/79ad115ecbc453ffa335a14cc0213b1d/>

Buzoianu, O., Gombos, S., Barladeanu, T., & Istrate, B. (2022). Distribution management in the hypermarket system. *Business Excellence*, 16, 285 - 293. <https://doi.org/10.2478/picbe-2022-0028>

Byerlee, D., & Lynam, J. (2020). The development of the international center model for agricultural research: A prehistory of the CGIAR. *World Development*, 135, 105080. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105080>

Caballero Espejo, J., Messinger, M., Román-Dañobeytia, F., Ascorra, C., Fernandez, L. E., & Silman, M. (2018). Deforestation and Forest Degradation Due to Gold Mining in the Peruvian Amazon: A 34-Year Perspective. *Remote. Sens.*, 10(12), 1903. <https://consensus.app/papers/deforestation-and-forest-degradation-due-to-gold-mining-in-espejo-messinger/5efe4e437eb25636adef96342f44b5dd/>

Cabernard, L., & Pfister, S. (2022). Hotspots of Mining-Related Biodiversity Loss in Global Supply Chains and the Potential for Reduction through Renewable Electricity. *Environmental science & technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c04003>

CADTM. (2024, 3 abril). Las falacias teóricas del Banco Mundial – CADTM. <https://www.cadtm.org/las-ideas-del-banco-en-materia-de>

Cai, W., McPhaden, M. J., Grimm, A. M., Rodrigues, R. R., Taschetto, A. S., Garreaud, R., Dewitte, B., Poveda, G., Ham, Y., Santoso, A., Ng, B., Anderson, W., Wang, G., Geng, T., Jo, H., Marengo, J. A., Alves, L. M., Osman, M., Li, S., Wu, L., Karamperidou, C., Takahashi, K., & Vera, C. (2020). Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(5), 215–231. <https://consensus.app/papers/climate-impacts-of-the-el-niño-southern-oscillation-on-cai-mcphaden/e11f893362dd5ed987285a1d18e72e11/>

Cai, Y., Zhang, W., Kong, L., Yang, Y., & Yang, Z. (2024). Impact of Digital Transformation on International Trade. *Transactions on Economics, Business and Management Research*. <https://doi.org/10.62051/xwmyf659>

Calcagno, P., Crawford, T., & Maldonado, B. (2024). Do U.S. Trade Agreements Affect

- Corruption in Latin America? A Difference in Difference Analysis. Public Finance Review. <https://doi.org/10.1177/10911421241242516>
- Callao: Hoy se cumple un año del derrame de petróleo que indignó al Perú [informe].(s/f). Elperuano.pe.
- Calle, J. A. (2014). Industrialización en el Perú: 1930–1975. Recuperado de <https://consensus.app/papers/industrialización-en-el-perú-1930–1975-calle/ba02f03207005c71adecfb842cb3c54d/>
- Camadro, E., & Rimieri, P. (2021). Ex situ PLANT GERMPLASM CONSERVATION REVISED AT THE LIGHT OF MECHANISMS AND METHODS OF GENETICS. Journal of Basic and Applied Genetics. <https://doi.org/10.35407/bag.2020.32.01.02>
- Camargo, J., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. Environment international, 32 6, 831-49.
- Cambios poblacionales con especial referencia a la mortalidad. (2023). Revista internacional de investigación multidisciplinaria. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i01.1455>.
- Campos, A. (2021). Lessons of pandemic: the return to a sustainable ruraleconomy. Horticulture International Journal. <https://doi.org/10.15406/HIJ.2021.05.00200>
- Campos, M. D. (2019). La indispensable política de desarrollo industrial: Opciones para el nuevo gobierno. [Análisis político-industrial]. <https://consensus.app/papers/la-indispensable-política-de-desarrollo-industrial-campos/80dd1d2dcf3658e888624f4e90741563/>
- Candau, F., & Gbandi, T. (2021). Climate Change Fosters International Cooperation: Evidence from Water Treaties.
- Candau, F., & Gbandi, T. (2022). When Climate Change Determines International Agreements, Evidence of Water Treaties.
- Canudas-Romo, V., Shen, T. y Payne, C. (2022). Los componentes del cambio en las tasas de crecimiento de la población. Demografía. <https://doi.org/10.1215/00703370-9765067>.
- Canudas-Romo, V., Shen, T. y Payne, C. (2024). Tasa de crecimiento de la población nacional, sus componentes y contribuciones subnacionales: una nota de investigación. Demografía. <https://doi.org/10.1215/00703370-11372369>.
- Cardellino, R., & Boyazoglu, J. (2009). Research opportunities in the field of animal genetic

- resource .Livestock Science, 120, 166-173.<https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2008.07.002>
- Cardona, W., De Jong, W., & Pokorny, B. (2022). The Future of Nature Conservation in Amazonia: Evidence From Transboundary Protected Areas., 5.<https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.647484>
- Caribe, C.E.P.A.L. y E. (1996, 1 abril). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/12014-globalizacion-perdida-AUT>. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/12014-globalizacion-perdida-autonomia-autoridades-fiscales-bancarias-monetarias>
- Carpenter, S. (2005). Eutrophication of aquatic ecosystems: bistability and soil phosphorus.. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102 29, 10002-5.
- Carpenter, S., Caraco, N., Correll, D., Howarth, R., Sharpley, A., & Smith, V. (1998). Carraro, E., Bonetta, S., Bertino, C., Lorenzi, E., Bonetta, S., & Gilli, G. (2016). Hospital effluents management: Chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries. Journal of environmental management, 168, 185-99.
- Carrera, E., Rombaldoni, R., & Pozzi, R. (2021). Socioeconomic inequalities in Europe. Economic Analysis and Policy, 71, 307-320.<https://doi.org/10.1016/J.EAP.2021.05.007>
- Casanova-Pérez, L., Martínez-Dávila, J., López-Ortiz, S., Landeros-Sánchez, C., & López-Romero, G. (2020). Historical Reconstruction of Subordination in a Local Context: Agroecosystems with Sugarcane in Veracruz, Mexico., 13. <https://doi.org/10.32854/AGROP.V13I11.1810>
- Casimiro, T. (2020). Globalization, trade, and material culture: Portugal's role in the making of a multicultural Europe (1415–1806). Post-Medieval Archaeology, 54, 1 -17. <https://doi.org/10.1080/00794236.2020.1750239>
- Castelli, F. (2018). Factores que impulsan la migración: ¿por qué se desplazan las personas? Journal of travel medicine, 25 1.<https://doi.org/10.1093/jtm/tay040>
- Castle, S., Miller, D., Ordonez, P., Baylis, K., & Hughes, K. (2021). The impacts of agroforestry interventions on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in low- and middle-income countries: A systematic review Campbell systematic reviews, 17 2, e1167.<https://doi.org/10.1002/CL2.1167>
- Castro, J., Morales-Rueda, F., Navarro, F., Löf, M., Vacchiano, G., & Alcaraz-Segura, D. (2021). Precision restoration: a necessary approach to foster forest recovery in the 21st century. Restoration Ecology, 29. <https://doi.org/10.1111/rec.13421>

- Cedron, M., & Catholic, P. (2012). Historic mines in Peru - a new tourist attractionCerro de Pasco Case.
- CEPLAN. (n.d.). Ficha temática: Tasa de fecundidad. Observatorio CEPLAN. <https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/t2>
- Ceron, K., Sales, L., Santana, D., & Pires, M. (2023). Decoupled responses of biodiversity facets driven from anuran vulnerability to climate and land-use changes.. Ecology letters.<https://doi.org/10.1111/ele.14207>
- Cervilla, J. (2024). “Megapuerto de Chancay: oportunidades y desafíos de una obra que transformará el comercio regional y la economía peruana”. PuntoEdu PUCP. <https://puntoedu.pucp.edu.pe/coyuntura/megapuerto-de-chancay-china- oportunidades- y- desafios/#:~:text=Se%20remonta%20al%202008%2C%20cuando,capacidad%20de%20 recibir%20grandes%20embarcaciones>
- Chagnon, M., Kreutzweiser, D., Mitchell, E., Morrissey, C., Noome, D., & Van Der Sluijs, J. (2014). Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. Environmental Science and Pollution Research International, 22, 119 - 134.
- Chai, M., Tseng, Y., Lu, H., Luo, M., Chang, J., & Liao, P. (2022). Riding an escalator: upward range shift and patterns of genetic response to climate change in *Acer caudatifolium*. Diversity and Distributions, 28, 1863 - 1874. <https://doi.org/10.1111/ddi.13588>
- Chambi-Legoas, R., et al. (2021). Natural regeneration after gold mining in the Peruvian Amazon: Implications for restoration of tropical forests. Frontiers in Forests and Global Change, 4.<https://consensus.app/papers/natural-regeneration-after-gold-mining-in-the-peruvian-chambi-legoas-rodriguez/1ceb3dcc104855c480b7c8207a1f5bdf/>
- Chandrakar, S., & Yadav, R. (2019). SYNTHESIS OF BIO-FERTILIZERS , CONTAINING NUTRIENTS (NPK) FROM ORGANIC MATTERS FOR AGRICULTURAL PURPOSE.
- Chang, R., Soebarto, V., Zhao, Z., & Zillante, G. (2016). Facilitating the transition to sustainable construction: China's policies. Journal of Cleaner Production, 131, 534-544.<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.04.147>
- Chang, S., Stone, J., Demes, K., & Piscitelli, M. (2014). Consequences of oil spills: a review and framework for informing planning. Ecology and Society, 19, 26.
- Channab, B., Idrissi, E., Ammar, A., Dardari, O., Marrane, S., Gharrak, A., Akil, A., Essemlali, Y., & Zahouily, M. (2024). Recent advances in nano-fertilizers: synthesis, crop yield impact, and

economic analysis.. Nanoscale.

- Charles, K. y Greggio, E. (2021). Perspectiva invitada: Más allá de las encuestas nacionales sobre la calidad del agua: mejorar la vigilancia de la calidad del agua para lograr agua potable segura para todos (Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.1). *Environmental Health Perspectives*, 129. <https://doi.org/10.1289/EHP10064>
- Charoenwong, B., Han, M., & Wu, J. (2022). Trade and Foreign Economic Policy Uncertainty in Supply Chain Networks: Who Comes Home?. *Manag.*, 25, 126-147. <https://doi.org/10.1287/msom.2022.1136>
- Chase, J., Blowes, S., Knight, T., Gerstner, K., & May, F. (2020). Ecosystem decay exacerbates biodiversity loss with habitat loss. *Nature*, 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2531-2>
- Chaudhary, A., Pfister, S., & Hellweg, S. (2016). Spatially Explicit Analysis of Biodiversity Loss Due to Global Agriculture, Pasture and Forest Land Use from a Producer and Consumer Perspective. *Environmental science & technology*, 50 7, 3928-36. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06153>
- Chen, F., Federgruen, A., & Zheng, Y. (2001). Coordination Mechanisms for a Distribution System with One Supplier and Multiple Retailers. *Manag. Sci.*, 47, 693-708. <https://doi.org/10.1287/MNSC.47.5.693.10484>
- Chen, J., Lü, S., Zhang, Z., Zhao, X., Li, X., Ning, P., & Liu, M. (2018). Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment.. *The Science of the total environment*, 613-614, 829-839.
- Chen, L., Yu, L., Yin, J. y Xi, M. (2023). Impacto de la densidad de población en las diferencias espaciales en el crecimiento económico de las aglomeraciones urbanas: el caso de la aglomeración urbana de la llanura de Guanzhong, China. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151914601>
- Chen, W., Yao, T., Zhang, G., Li, S., & Zheng, G. (2021). Accelerated glacier mass loss in the largest river and lake source regions of the Tibetan Plateau and its link with local water balance over 1976–2017. *Journal of Glaciology*, 67, 577 - 591. <https://doi.org/10.1017/jog.2021.9>
- Chen, X., & Chen, H. (2019). Plant diversity loss reduces soil respiration across terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 25, 1482 - 1492. <https://doi.org/10.1111/gcb.14567>
- Cheng, X., Yang, Y., Schwebel, D., Liu, Z., Li, L., Cheng, P., Ning, P. y Hu, G. (2020).

- Envejecimiento de la población y mortalidad durante 1990-2017: un análisis de descomposición global. *Medicina PLoS* , 17.<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003138>
- Cherni, J., & Preston, F. (2007). Rural electrification under liberal reforms: the case of Peru. *Journal of Cleaner Production*, 15, 143-152.<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2006.01.029>
- Chmel, R., & Cekal, M. (2020). Assisted reproductive methods - current status and perspectives. *Ceska gynekologie*, 85 4, 244-253.
- Choppala, G., Bolan, N., & Park, J. (2005). Chromium contamination and its risk management in complex environmental settings. *Advances in Agronomy*, 86, 1-82.
- Christian, H. (2023). The Main Drivers of Biodiversity Loss: A Brief Overview. *Journal of Ecology & Natural Resources*. <https://doi.org/10.23880/jenr-16000346>
- Christidis, N., Betts, R., & Stott, P. (2019). The extremely wet March of 2017 in Peru. *Bulletin of the American Meteorological Society*. <https://consensus.app/papers/the-extremely-wet-march-of-2017-in-peru-christidis-betts/7625a87762f259218b5dcb6b5fef588e/>
- Chu, A., & Xu, R. (2023). From Neolithic Revolution to industrialization. *Macroeconomic Dynamics*. <https://doi.org/10.1017/s1365100523000214>
- Chu, A., Peretto, P. y Wang, X. (2020). Revolución agrícola e industrialización. *Journal of Development Economics* . <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102887>.
- Chu, A., y Xu, R. (2023). De la revolución neolítica a la industrialización. *Dinámica macroeconómica*. <https://doi.org/10.1017/s1365100523000214>.
- Chu, I., Tsai, S., Huang, W., Tseng, J., Li, J., & Lin, C. (2014). Modelling Method for Preventing Thermal Runaway Reaction Accident of Thermal Reactive Material. *Advanced Materials Research*, 936, 2030 - 2034.
- Cirera, X., Lederman, D., Castillejo, J., Barrachina, M., & Sanchis-Llopis, J. (2020). Firm productivity gains in a period of slow trade liberalization: evidence from Brazil. *Economia Politica (Bologna, Italy)*, 38, 57 -87.<https://doi.org/10.1007/s40888-020-00204-6>
- Ciriminna, L., Signa, G., Cilluffo, G., Rakaj, A., & Vizzini, S. (2024). Aquaculture of emerging species in North-Eastern Atlantic and Mediterranean Sea: a systematic review on sea cucumber farming and potential development. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1381836>
- Ciurlau, L., & Ianc, M. (2020). IMPLICATIONS OF THE GLOBALIZATION PROCESS ON

- THE EFFICIENCY AND STABILITY OF FINANCIAL SYSTEMS. Claret, F., Marty, N., & Tournassat, C. (2018). Modeling the Long-term Stability of Multi-barrier Systems for Nuclear Waste Disposal in Geological Clay Formations., 395- 451.
- Clark, R. y Dolan, L. (2020). Complacer al director: la influencia de Estados Unidos en la formulación de políticas del Banco Mundial. *American Journal of Political Science*. <https://doi.org/10.1111/ajps.12531>
- Coayla, E., & Bedón, Y. (2020). The Agro Exports of Organic Native Products and Environmental Security in Peru. *European Journal of Economics and Business Studies*. <https://doi.org/10.26417/175umi47d>
- Cole, M., Augustin, M., Robertson, M. y Manners, J. (2018). La ciencia de la seguridad alimentaria. *NPJ Science of Food*, 2. <https://doi.org/10.1038/s41538-018- 0021-9>
- Concello da Coruña. (n.d.). Tasa general de fecundidad. Concello da Coruña. <https://www.coruna.gal/descarga/1453723097290/Tasa-general-de-fecundidad.pdf>
- Concepto.de. (s.f.). Ciencias naturales. Recuperado de <https://concepto.de/ciencias-naturales/Condiciones atmosféricas de incendios forestales – DZ2>. (2024). Informes y Publicaciones – Servicio Nacional de Meteorología E Hidrología del Perú – Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/informes-publicaciones/6186574-condiciones-atmosfericas-de-incendios-forestales-dz2-14-al-21-de-noviembre-de-2024>
- Conte, A., y Migali, S. (2019). El papel del conflicto y la violencia organizada en la migración forzada internacional. *Investigación demográfica*. <https://doi.org/10.4054/DEMRES.2019.41.14>
- Conte, G. (2021). Defining financial reforms in the 19th-century capitalist world- economy: The Ottoman case (1838–1914). *Capital & Class*, 46, 33 - 58. <https://doi.org/10.1177/03098168211022222>
- Costa, A., Bommarco, R., Smith, M., Bowles, T., Gaudin, A., Watson, C., Alarcón, R., Berti, A., Blecharczyk, A., Calderon, F., Culman, S., Deen, W., Drury, C., Garcia, A., García-Díaz, A., Plaza, E., Jonczyk, K., Jäck, O., Martínez, L., Montemurro, F., Morari, F., Onofri, A., Osborne, S., Pasamón, J., Sandström, B., Santín-Montanyá, I., Sawińska, Z., Schmer, M., Stalenga, J., Strock, J., Tei, F., Topp, C., Ventrella, D., Walker, R., & Vico, G. (2024). Crop rotational diversity can mitigate climate-induced grain yield losses. *Global Change Biology*, 30. <https://doi.org/10.1111/gcb.17298>

- Cowl, V., Comizzoli, P., Appeltant, R., Bolton, R., Browne, R., Holt, W., Penfold, L., Swegen, A., Walker, S., & Williams, S. (2023). Cloning for the Twenty-First Century and Its Place in Endangered Species Conservation.. Annual review of animalbiosciences. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-071423-093523>
- Cprac. (2020). Aditivos tóxicos en plásticos: peligros ocultos relacionados con la salud y el medio ambiente.
- Cricelli, L., & Strazzullo, S. (2021). The Economic Aspect of Digital Sustainability:A Systematic Review. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/SU1315824>
- Csillik, O., & Asner, G. (2020). Aboveground carbon emissions from gold mining in the Peruvian Amazon. Environmental Research Letters15<https://consensus.app/papers/abovthecsillik-asner/703a3afb1bf55847b2692d0bcd6fd67d/>
- Cui, Y., Zhu, L., Ju, J., Luo, L., & Wang, Y. (2023). Climate Change and Hydrological Response in the Ranwu Lake Basin of Southeastern Tibet Plateau. Water. <https://doi.org/10.3390/w15112119>
- Cunningham, S., Berti, W., & Huang, J. (1995). Phytoremediation of contaminated soils. Trends in Biotechnology, 13, 393-397.
- Da Silva Medina, G., Rotondo, R., & Rodríguez, G. (2024). Innovations in Agricultural Bio-Inputs: Commercial Products Developed in Argentina and Brazil. Sustainability.
- Da Silva, C., Elias, F., Nascimento, R., & Ferreira, J. (2023). The potential for forest landscape restoration in the Amazon: state of the art of restoration strategies. Restoration Ecology, 31. <https://doi.org/10.1111/rec.13955>
- Dang, P., Zhang, M., Chen, X., Loreau, M., Duffy, J., Li, X., Wen, S., Han, X., Liao, L., Huang, T., Wan, C., Qin, X., Siddique, K., & Schmid, B. (2024). Plant diversity decreases greenhouse gas emissions by increasing soil and plant carbon storage in terrestrial ecosystems. Ecology letters, 27 7, e14469. <https://doi.org/10.1111/ele.14469>
- Dantas, T., De-Souza, E., Destro, I., Hammes, G., Rodriguez, C., & Soares, S. (2021). Cómo la combinación de la Economía Circular y la Industria 4.0 puede contribuir a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sustainable Production and Consumption, 26, 213-227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>
- Daraojimba, C., Kolade, A., Nwankwo, T., Agho, M., & Okafor, C. (2023). A Review of Business

- Development Strategies in Emerging Markets: Economic Impacts and Growth Evaluation. International Journal of Research and Scientific Innovation. <https://doi.org/10.51244/ijrsi.2023.10919>
- Darmawan, H., Chang, H. y Wu, H. (2023). Un programa de cría comunitaria como estrategia de gestión de recursos genéticos del ganado ongole de Indonesia. Sustentabilidad. <https://doi.org/10.3390/su15076013>
- Das, D. y Basu, S. (2023). Cambio climático, migración y poblaciones desplazadas internamente en la región del océano Índico: evidencia del sur de Asia y el este de África. Journal of the Indian Ocean Region, 19, 167-190. <https://doi.org/10.1080/19480881.2023.22553867>
- Das, P., Khan, S., Chaudhary, A., AbdulQuadir, M., Thaher, M., & Al-Jabri, H. (2019). Potential Applications of Algae-Based Bio-fertilizer. Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment.
- Daskalova, G., Myers-Smith, I., Bjorkman, A., Blowes, S., Supp, S., Magurran, A., & Dornelas, M. (2020). Landscape-scale forest loss as a catalyst of population and biodiversity change. Science, 368, 1341 -1347. <https://doi.org/10.1126/science.aba1289>
- Dauphin, B., Rellstab, C., Schmid, M., Zoller, S., Karger, D., Brodbeck, S., Guillaume, F., & Gugerli, F. (2020). Genomic vulnerability to rapid climate warming in a tree species with a long generation time. Global Change Biology, 27. <https://doi.org/10.1111/gcb.15469>
- Davidson, E., de Abreu Sá, T. D., Reis Carvalho, C. J., de Oliveira Figueiredo, R., Kato, M., Kato, O., & Ishida, F. Y. (2008). An integrated greenhouse gas assessment of an alternative to slash-and-burn agriculture in eastern Amazonia. Global Change Biology, 14(5). <https://consensus.app/papers/an-integrated-greenhouse-gas-assessment-of-an-alternative-davidson-sá/fd056c8133985525b9615b072563d5ef/>
- Davidson, K., Fowler, M., Skov, M., Doerr, S., Beaumont, N., & Griffin, J. (2017). Livestock grazing alters multiple ecosystem properties and services in salt marshes: a meta-analysis. Journal of Applied Ecology, 54, 1395- 1405. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12892>
- Davis, J., Oaks, B., & Engle-Stone, R. (2020). The Double Burden of Malnutrition: A Systematic Review of Operational Definitions. Current Developments in Nutrition, 4.
- Davis, J., Oaks, B., & Engle-Stone, R. (2020). The Double Burden of Malnutrition: A Systematic Review of Operational Definitions. Current Developments in Nutrition, 4.

- Davis, K., Müller, M., Rulli, M., Tatlhago, M., Ali, S., Baggio, J., Dell'Angelo, J., Jung, S., Kehoe, L., Niles, M., & Eckert, S. (2023). Transnational agricultural landacquisitions threaten biodiversity in the Global South. *Environmental Research Letters*, 18. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acb2de>
- Davis, V. R. J. (2024). Modelo de regresión logística binaria de la natalidad según factores asociados en mujeres en edad fértil en la región La Libertad. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/4e4fa771-a9f5-445d-98b1-ba70a265a8ed>
- Davos: 3 razones para ser optimistas sobre la economía en 2024. (2024, 10 septiembre). Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/stories/2024/01/3-razones-para-ser-optimistas-sobre-la-economia-en-2024/>
- De Angeli, K., Abbasi, E., Gan, A., Ingram, D., Giam, X., & Chang, C. (2021). Modeling the impact of wild harvest on plant–disperser mutualisms. *Ecological Modelling*, 439, 109328. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109328>
- De Boni, A., D'Amico, A., Acciani, C., & Roma, R. (2022). Crop Diversification and Resilience of Drought-Resistant Species in Semi-Arid Areas: An Economic and Environmental Analysis. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14159552>
- De Cássia Onuzik, N., Mikael-Silva, T., Modena, C. y Heller, L. (2024). "Fora Saneouero, a água é do povo": representaciones sociales de habitantes de Ouro Preto, Brasil, sobre la privatización de los servicios de agua y saneamiento. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*. <https://doi.org/10.55905/oelv22n8-118>
- De Ceupe, B. (2019, 15 octubre). Ceupe. Ceupe. <https://www.ceupe.com/blog/formas-de-entrada-en-los-mercados-internacionales.html>
- De Crescenzo, V., Baratta, R., & Simeoni, F. (2020). Citizens' engagement in funding renewable and energy efficiency projects: A fuzzy set analysis. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124060. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124060>
- De la Cigoña, J. R. F. (2024, 11 octubre). ¿Qué es el flujo circular de la renta y cómo afecta a la economía? *Sage Advice España*. <https://www.sage.com/es-es/blog/que-es-el-flujo-circular-de-la-renta-y-como-afecta-a-la-economia/>
- De la Cuba, M. (1988). Crecimiento industrial: En un modelo primario exportador y en un modelo de sustitución de importaciones: El caso peruano 1958-1969. *Apuntes: Revista de Ciencias Sociales*, 15, 129-148. Recuperado de

<https://consensus.app/papers/crecimiento-industrial-en-un-modelo-primario-exportador-y-cuba/f472b2a10f8856c8ac7e5d4a32a1fa7e/>

De Marsily, G. (2021). ¿Nos quedaremos pronto sin agua?. *Annals of Nutrition and Metabolism* , 76, 10-16. <https://doi.org/10.1159/000515019>

De Rijcke, M., Baert, J., Brion, N., Vandeghechuchte, M., De Laender, F., & Janssen,(2020). Monoculture-based consumer-resource models predict species dominance in mixed batch cultures of dinoflagellates.. *Harmful algae*, 99, 101921. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101921>

De Souza Sá, Á., & Branco, D. (2023). Fondo social y mortalidad infantil: evidenciade una política antipobreza en el nordeste de Brasil. *Economía de la salud* . <https://doi.org/10.1002/hec.4785>.

De Souza, T., & Ghisi, E. (2020). Recolección de agua de lluvia de plataformas y paredes de andamios para reducir el consumo de agua potable en las obras de construcción de edificios. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120909.<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120909>

De Windt, L., Badreddine, R., & Lagneau, V. (2007). Long-term reactive transport modelling of stabilized/solidified waste: from dynamic leaching tests to disposal scenarios *Journal of hazardous materials*, 139 3, 529-36.

Definición.de. (n.d.). Tasa de fecundidad. Definición.de. <https://definicion.de/tasa-de-fecundidad/>
Definición.de. (s.f.). Tecnología. Recuperado de <https://definicion.de/tecnologia/>

Dejene, T. y Gurmu, E. (2022). Explorando las trayectorias reproductivas de los jóvenes de Oromia, Etiopía: un enfoque del curso de vida. *MÁS UNO*, 17.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279773>

Del Río Castro, G., Fernández, M., & Colsa, Á. (2021). Impulsando la convergenciaen medio de la digitalización y la sostenibilidad hacia la consecución de los Objetivosde Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión holística. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122204>

Delgado, D., & Olausson, N. (2024). Structural Transformation in the Agricultural Sector- Diversity in exports of Moquegua, Peru.

Delgado-Caceres, M. (2023). Trade Facilitation at the Peru–Chile Land Border:Policy Impact of Digital Importation and Prearrival Declarations. *Borders in Globalization Review*. <https://doi.org/10.18357/bigr42202321355>

- DeLoughery, T. G. (2017). Iron deficiency anemia. *The Medical Clinics of North America*, 101(2), 319–332
- DeRosa, M., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nature nanotechnology*, 5(2), 91. <https://doi.org/10.1038/nnano.2010.2>
- Derrame de petróleo en el litoral: MML continúa apoyando a gobiernos locales en limpieza de playas afectadas. (s. f.). Noticias – Municipalidad Metropolitana de Lima– Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/munilima/noticias/579004-derrame-de-petroleo-en-el-litoral-mml-continua-apoyando-a-gobiernos-locales-en-limpieza-de-playas-afectadas>
- Derrame de petróleo en río Pastaza está controlado y el OEFA mantiene supervisión en la zona. (s/f). Gob.pe.
- Desai, B. (2021). Sixty Years of the Indus Waters Treaty in the Era of Climate Change: A Look Ahead in Hydro-diplomacy and Treaty Law. *Environmental Policy and Law*. <https://doi.org/10.3233/EPL-210013>
- Deshpande, A. (2020). Mapeo de las desigualdades geográficas en el acceso al agua potable y a las instalaciones de saneamiento en países de ingresos bajos y medios, 2000- 2017. A.
- Devee, D. (2019). Industrial development and its impact on the tribals of Dimoria Development Block, Kamrup (Metro), Assam, India. Recuperado de <https://consensus.app/papers/industrial-development-and-its-impact-on-the-tribals-of-devee/3b5a5fa4b122589bb702649a9d0e146b/>
- Devendiran, R., Rao, S., Turukmane, D., Prasad, B., Sathiyaraj, A. y Pulipati, S. (2023). Riego inteligente: revolucionando la gestión del agua en la agricultura para prácticas sostenibles y mejorar el rendimiento de los cultivos. 2023 6.^a Conferencia internacional sobre tendencias recientes en informática avanzada (ICRTAC), 651- 656. <https://doi.org/10.1109/ICRTAC59277.2023.10480750>
- Di Clemente, R., Strano, E. y Batty, M. (2020). Urbanización y complejidad económica. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83238-5>
- Di Sacco, A., Hardwick, K., Blakesley, D., Brancalion, P., Breman, E., Rebola, L., Chomba, S., Dixon, K., Elliott, S., Ruyonga, G., Shaw, K., Smith, P., Smith, R., & Antonelli, A. (2020). Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology*, 27. <https://doi.org/10.1111/gcb.15498>

- Di Santo, L., & Hamilton, J. (2020). Uso de datos ambientales y geográficos para optimizar las colecciones ex situ y preservar el potencial evolutivo. *Biología de la conservación*, 35. <https://doi.org/10.1111/cobi.13568>
- Díaz-López, C., Navarro-Galera, A., Zamorano, M., & Buendía-Carrillo, D. (2021). Identifying Public Policies to Promote Sustainable Building: A Proposal for Governmental Drivers Based on Stakeholder Perceptions. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/SU13147701>
- Dietrich, P., Roeder, A., Cesarz, S., Eisenhauer, N., Ebeling, A., Schmid, B., Schulze, E., Wagg, C., Weigelt, A., & Roscher, C. (2020). Nematode communities, plant nutrient economy and life-cycle characteristics jointly determine plant monoculture performance over 12 years. *Oikos*. <https://doi.org/10.1111/oik.06989>
- Diez playas afectadas por derrame de petróleo de Repsol aún registran presencia de hidrocarburos. (s/f). Gob.pe.
- Diferenciador.com. (s.f.). Evolución de la tecnología. Recuperado de <https://www.diferenciador.com/evolucion-de-la-tecnologia/>
- Dinar, S. (2020). Emerging Issues and Challenges in Transboundary Freshwater: The Role of Treaties and Treaty Design. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.698>
- Ding, C., Xia, Y., Su, Y., Li, F., Xiong, C., & Xu, J. (2022). Study on the Impact of Climate Change on China's Import Trade of Major Agricultural Products and Adaptation Strategies. *Health*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114374>
- Dmitriev, S. (2023). U.S. - Chinese foreign economic relations at the stage of "partial decoupling". *International Journal of Environmental Research and Public USA & Canada Economics – Politics – Culture* <https://doi.org/10.31857/s2686673023080072>
- Dobaradaran, S., Soleimani, F., Akhbarizadeh, R., Schmidt, T., Marzban, M., &
- Dollinger, J., & Jose, S. (2018). Agroforestry for soil health. *Agroforestry Systems*, 92, 213-219. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0223-9>
- Dudkin, I., Zhilyakov, D., Dolgoplova, N., & Malysheva, E. (2023). Ecological problems of soil science and farming. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/72-77>
- Dueñas Herrera, A. (2011). La hipertensión arterial. *Revista cubana de medicina*, 50(3), 232–233.
- Duffy, E. (2003). Biodiversity loss, trophic skew and ecosystem functioning. *Ecology Letters*, 6, 680-687. <https://doi.org/10.1046/J.1461-0248.2003.00494.X>

- Dun, Z., & Liu, F. (2024). Research on Global Exhibition Industry Management Models and Their Implications for China's Regional Exhibition Industry. *International Journal of Management Science Research*.[https://doi.org/10.53469/ijomsr.2024.07\(02\).05](https://doi.org/10.53469/ijomsr.2024.07(02).05)
- Duran, E., Aravena, C., & Aguilar, R. (2015). Analysis and decomposition of energy consumption in the Chilean industry. *Energy Policy*, 86, 552-561. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2015.07.033>
- Durán-Lara, E., Valderrama, A., & Marican, A. (2020). Natural Organic Compounds for Application in Organic Farming. *Agriculture*.
- DW. (2024, junio 25). El deshielo descontrolado en la Antártida, llegando a su punto de inflexión. DW. <https://www.dw.com/es/el-deshielo-descontrolado-en-la-ant%C3%A1rtida-llegando-a-su-punto-de-inflexi%C3%B3n/a-69508926>
- DW. (2024, junio 25). El deshielo descontrolado en la Antártida, llegando a su punto de inflexión. DW. <https://www.dw.com/es/el-deshielo-descontrolado-en-la-ant%C3%A1rtida-llegando-a-su-punto-de-inflexi%C3%B3n/a-69508926>
- Dwiningsih, Y. (2023). Aprovechamiento del potencial genético de las variedades tradicionales de arroz y conservación de la biodiversidad del arroz mediante un sistema de gestión de la intensificación del cultivo. *Agronomía*. <https://doi.org/10.3390/agronomy1312301>
- Dwivedi, S. (2016). Adverse Effects of Oil Spills on Human and Marine Life and Causing Deterioration to Ecological Balance., 6, 1-7.
- Ebert, A., & Engels, J. (2020). Plant Biodiversity and Genetic Resources Matter! *Plants*, 9. <https://doi.org/10.3390/plants9121706>
- Echegaray-Cabrera, I., Cruz-Villacorta, L., Ramos-Fernández, L., Bonilla-Cordova, M., Heros-Aguilar, E., & Flores del Pino, L. (2024). Effect of Alternate Wetting and Drying on the Emission of Greenhouse Gases from Rice Fields on the Northern Coast of Peru. *Agronomy*, 14(2), 248. <https://consensus.app/papers/effect-of-alternate-wetting-and-drying-on-the-emission-of-echegaray-cabrera-cruz-villacorta/2c019522478b5129b49caf9f80156599/>
- Edeme, R., y Olisakwe, O. (2019). Gasto en salud pública, crecimiento económico y resultados sanitarios en Nigeria. *Revista internacional de investigación en políticas públicas y administración*. <https://doi.org/10.18488/JOURNAL.74.2019.61.23.32>.
- Eduardo, C. P. J. (2023, 1 diciembre). Los flujos de préstamos de los organismos internacionales al Perú, 2000-2020. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/8525>

edX. (s.f.). Aprende sobre economía globalizada con cursos online.
<https://www.edx.org/es/aprende/economia-globalizada>

Einarsdóttir, H., Guðmundsson, B., & Ómarsson, V. (2022). Automation in the fish industry. *Animal Frontiers: The Review Magazine of Animal Agriculture*, 12, 32-39.
<https://doi.org/10.1093/af/vfac020>

El desafío de la Declaración. (s. f.). GoogleBooks.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vhUijKB7th8C&oi=fnd&pg=PA5&dq=info:FVDBfyK2YAOJ:scholar.google.com/&ots=2OEa5iZTlf&sig=Da9Cl4CipNMAZBQG3hu4hQNmGzc#v=onepage&q&f=false>

El impacto de los procesos industriales en el medio ambiente – Laboratorio AmbientalChavezsolutions.(s. f.).<https://chavezsolutions.com/noticias-ambientales/el-impacto-de-los-procesos-industriales-en-el-medio-ambiente/>

El País. (2024). De la gasolina al plástico: la estrategia de negocio de las petrolerasque bloquea tratados medioambientales. Recuperado de <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2024-12-05/de-la-gasolina-al-plastico-la-estrategia-de-negocio-de-las-petroleras-que-bloquea-tratados-medioambientales.html>

Elizabeth, M. L. M., Lucia, R. M. A., & Juana, V. C. P. (2024). Análisis y evaluación de la gestión financiera en las empresas agroexportadoras peruana a partir del 2017 al 2022: Caso Novoliz SA. <https://hdl.handle.net/20.500.12640/4041>

El-Khoshiban, N. (2016). ISSN 2320-5407 *International Journal of Advanced Research* (2016), Volume 4, Issue 4, 1475-1487.

Elmadani, M., Kiptulon, E., Klára, S., & Orsolya, M. (2024). Systematic Review of the Impact of Natural Resource Management on Public Health Outcomes: Focus on Water Quality. *Resources*.<https://doi.org/10.3390/resources13090122>

Empresa Peruana de Servicios Editoriales S. A. EDITORA PERÚ. (2022, 26 enero).

Derrame de petróleo: drones, nanotecnología y otras innovaciones para limpiar el mar.
<https://andina.pe/agencia/noticia-derrame-petroleo-drones-nanotecnologia-y-otras-innovaciones-para-limpiar-mar-878519.aspx>

Enflo, K., & Missiaia, A. (2020). Between Malthus and the industrial take-off: regional inequality in Sweden, 1571–1850. *The Economic History Review*. <https://doi.org/10.1111/ehr.12910>

Engelhardt, H. (2016). AGROECOLOGY KNOWLEDGE EXCHANGE FROM CUBAN

PEASANTS TO EUROPEAN PEASANTS: FINDING A COMMON GROUND IN THE STRUGGLE OF LA VIA CAMPESINA FOR FOOD SOVEREIGNTY.

- Engels, J., Ebert, A., & Van Hintum, T. (2024). Collaboration between Private and Public Genebanks in Conserving and Using Plant Genetic Resources. *Plants*, 13. <https://doi.org/10.3390/plants13020247>
- Engstrand, R. C., et al. (2024). Repeated mining accounts for the majority of artisanal and small-scale gold mining activity in Southeastern Peru. *Environmental Research Letters*, 19. <https://consensus.app/papers/repeated-mining-accounts-for-the-majority-of-artisanal-and-engstrand-espejo/8046d4c1e4b85f3ab36e9c47a4ebe4b9/>
- Enu, K., Zingraff-Hamed, A., Rahman, M., Stringer, L. y Pauleit, S. (2023). Articuloderevisión: Potencial de las soluciones basadas en la naturaleza para mitigar los riesgos hidrometeorológicos en el África subsahariana. *Ciencias de los sistemas terrestres y riesgos naturales*. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-481-2023>Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and environmental safety*, 174, 714-727.
- Eras-Almeida, A., Fernandez, M., Eisman, J., Martín, J., Caamaño, E., & Egidio- Aguilera, M. (2019). Lessons Learned from Rural Electrification Experiences with Third Generation Solar Home Systems in Latin America: Case Studies in Peru, Mexico, and Bolivia. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11247139>
- Ermawati, T., & Edi, R. (2024). Agro-Industrial Sustainability through Business Model: A Systematic Literature Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1358.<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1358/1/012031>
- Escalona, G., López, J. A., & Rodríguez, C. (2018). Comparación del flujo de emisión de SO₂ derivado de COSPEC y MODIS en el volcán Popocatepetl, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 35(2), 133–148.
- Esenarro, D., Vasquez, P., Morales, W., & Raymundo, V. (2023). InterpretationCenter for the Revaluation of Flora and Fauna in Cusco, Perú. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13092345>
- ESIC University. (s. f.). 3 formas de acceso a mercados internacionales: estrategias. <https://www.esic.edu/rethink/categoria/business/3-formas-acceso-mercados-internacionales-c>

- Espinoza, R., Muñoz-Cerón, E., Aguilera, J., & Casa, J. (2019). Feasibility evaluation of residential photovoltaic self-consumption projects in Peru. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.01.003>
- Esteban, M. (2023). Implicaciones económicas y geopolíticas del parón demográfico en China. *Análisis del Real Instituto Elcano (ARI)*, (4), 1.
- Estrada-Carmona, N., Sánchez, A., Remans, R., & Jones, S. (2022). Complex agricultural landscapes host more biodiversity than simple ones: A global meta-analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2203385119>
- Estupiñán, J. M. T. (2022). Desigualdad económica en el Siglo XXI. *Revista Finanzas y Política Económica*, 14(1). <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.v14.n1.2022.1>
- Etale, A., Fielding, K., Schäfer, A. y Siegrist, M. (2020). Agua reciclada y desalinizada: asociaciones de consumidores e influencia del afecto y el disgusto en la disposición a usarla. *Journal of environmental management*, 261, 110217. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110217>
- Etukudoh, E., Ilojiana, V., Ayorinde, O., Daudu, C., Adefemi, A. y Hamdan, A. (2024). Revisión del impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua en los EE. UU. y África. *Archivo de la Revista Internacional de Ciencia e Investigación*. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.1.0169>
- Euroinova International Online Education. (2024, 7 octubre). Impacto ambiental de las actividades industriales. <https://www.euroinova.com/blog/impacto-ambiental-de-las-actividades-industriales>
- Euronews. (2024). Una IA científica ya es capaz de realizar sus propios experimentos: ¿Qué implicaciones tiene? Recuperado de <https://es.euronews.com/next/2024/09/09/una-ia-cientifica-ya-es-capaz-de-realizar>
- Fagan, B. (2020). Una historia de la humanidad: la evolución del sistema humano. Por Patrick Manning (Nueva York, Cambridge University Press, 2020) 363 pp. \$79,99 tela \$24,99 papel. *The Journal of Interdisciplinary History*. https://doi.org/10.1162/jinh_r_01595.
- Fagúndez, J. (2013). Heathlands confronting global change: drivers of biodiversity loss from past to future scenarios.. *Annals of botany*, 111 2, 151-72. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs257>

- Fahad, S., Chavan, S., Chichaghare, A., Uthappa, A., Kumar, M., Kakade, V., Pradhan, A., Jinger, D., Rawale, G., Yadav, D., Kumar, P., Farooq, T., Ali, B., Sawant, A., Saud, S., Chen, S., & Poczai, P. (2022). Agroforestry Systems for SoilHealth Improvement and Maintenance. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su142214877>
- FAO Knowledge Repository. (s. f.). <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/94b6235a-e5a4-457b-864f-33c5234ef92f/download>
- FAO. (2020). El estado de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO: A short history. (s. f.). <https://www.fao.org/UNFAO/Histo-s.htm>
- Fazzo, L., Minichilli, F., Santoro, M., Ceccarini, A., Seta, M., Bianchi, F., Comba, P., & Martuzzi, M. (2016). Hazardous waste and health impact: a systematic review of the scientific literature. *Environmental Health*, 16.
- Fedorov, D. (2024). Peculiarities of China's trade policy: current state and directions of development. *Theoretical economics*. <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2024-8-107-121>
- Feingold, B., et al. (2020). Population-based dietary exposure to mercury through fish consumption in the Southern Peruvian Amazon. *Environmental Research*. <https://consensus.app/papers/populationbased-dietary-exposure-to-mercury-through-fish-feingold-berky/1f226c3104e15fa8b48c0e16ccf2f2db/>
- Feldman, O., Korotkov, V., & Logofet, D. (2005). The monoculture vs. rotation strategies in forestry: formalization and prediction by means of Markov-chain modelling.. *Journal of environmental management*, 77 2, 111-21. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2005.03.005>
- Fenetiruma, O., & Kamakaula, Y. (2023). Ecological and Cultural Balance in Traditional Agriculture: An Environmental Anthropological Approach. *Global International Journal of Innovative Research*. <https://doi.org/10.59613/global.v1i2.17>
- Fernandes, D., Práxedes, É., Freitas, C. y Pereira, A. (2022). Enfoques ex situ para la conservación de recursos genéticos en el superorden Xenarthra. *Biopreservación y biobancos*. <https://doi.org/10.1089/bio.2021.0182>
- Fernández, E., & Paredes, C. (2014). Evaluación de los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos de Chile. *Scielo Chile*.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-34292014000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=en

- Fernández-Baldor, Á., Boni, A., Lillo, P., & Hueso, A. (2014). Are technological projects reducing social inequalities and improving people's well-being? A capability approach analysis of renewable energy-based electrification projects in Cajamarca, Peru. *Journal of Human Development and Capabilities*, 15, 13 - 27. <https://doi.org/10.1080/19452829.2013.837035>
- Fernández-Llamazares, Á., Lepofsky, D., Lertzman, K., Armstrong, C., Brondízio, E., Gavin, M., Lyver, P., Nicholas, G., Pascua, P., Reo, N., Reyes-García, V., Turner, N., Yletyinen, J., Anderson, E., Balée, W., Cariño, J., David-Chavez, D., Dunn, C., Garnett, S., Greening, S., Selapem, S., Kuhnlein, H., Molnár, Z., Odonne, G., Retter, G., Ripple, W., Sáfián, L., Bahraman, A., Torrents-Ticó, M., & Vaughan, M. (2021). Scientists' Warning to Humanity on Threats to Indigenous and Local Knowledge Systems. *Journal of Ethnobiology*, 41, 144 - 169. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-41.2.144>
- Fernando, C. C. C. (2024). Diseño de sistema de protección contra descargas atmosféricas para zona de tanques de GLP. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27303>
- Feron, S., Cordero, R., & Labbé, F. (2017). Rural electrification efforts based on off-grid photovoltaic systems in the Andean Region: Comparative assessment of their sustainability. *Sustainability*, 9, 1825. <https://doi.org/10.3390/SU9101825>
- Ferrari, G., Rheingantz, M., Rajão, H., & Lorini, M. (2023). Wanted: A systematic review of the most trafficked songbirds in a Neotropical hotspot., 6. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.930668>
- Ferrer-Martí, L., Pastor, R., Capó, G., & Velo, E. (2011). Optimizing microwind rural electrification projects. A case study in Peru. *Journal of Global Optimization*, 50, 127-143. <https://doi.org/10.1007/s10898-011-9697-y>
- Fertilizers and Human Health—A Systematic Review of the Epidemiological Evidence. *Toxics*, 12. Ficha metodológica: Tasa de Natalidad. (s. f.). https://es.eustat.eus/documentos/datos/PI_metod/INDES-DEM02_c.asp#:~:text=Objetivo,mil%20habitantes%20en%20un%20a%C3%B1o
- Filazzola, A., Brown, C., Dettlaff, M., Batbaatar, A., Grenke, J., Bao, T., Heida, I., & Cahill, J. (2020). The effects of livestock grazing on biodiversity are multi- trophic: a meta-analysis..

- Ecology letters. <https://doi.org/10.1111/ele.13527>
- Filho, L., Totin, E., Franke, J., Andrew, S., Abubakar, I., Azadi, H., Nunn, P., Ouweneel, B., Williams, P. y Simpson, N. (2021). Comprensión de las respuestas a la escasez de agua relacionada con el clima en África. *La ciencia del medio ambiente* total, 806 Pt 1, 150420. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150420>
- Fiorella, P. M. (2019). Análisis jurídico de la aplicación de las normas nacionales a las prácticas anticompetitivas en el marco del capítulo 16 del Acuerdo Integral y Progresivo de Asociación Transpacífico (CPTPP). <http://repositorio.adp.edu.pe/handle/ADP/168>
- Fiorella, P. M. (2019). Análisis jurídico de la aplicación de las normas nacionales a las prácticas anticompetitivas en el marco del capítulo 16 del Acuerdo Integral y Progresivo de Asociación Transpacífico (CPTPP). <http://repositorio.adp.edu.pe/handle/ADP/168>
- Fischer, B., Gutsche, G., & Wetzel, H. (2021). Who wants to get involved? Determining citizen willingness to participate in German renewable energy cooperatives. *Energy research and social science*, 76, 102013. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2021.102013>
- Fiszbein, M. (2022). Diversidad agrícola, cambio estructural y desarrollo a largo plazo: evidencia de los Estados Unidos. *American Economic Journal: Macroeconomics*. <https://doi.org/10.1257/mac.20190285>.
- Florencia, M. (2024). Dónde será mayor el estrés hídrico en 2050. Statista. <https://es.statista.com/grafico/31943/relacion-proyectada-entre-la-demanda-y-la-disponibilidad-de-agua--nivel-de-estres-hidrico/>
- Foley, J. A., Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., & Lichter, D. (2019). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574.
- Fondo Monetario Internacional - Página principal. (2024, 16 octubre). IMF. <https://www.imf.org/es/Home>
- Fontaine, G. (2010). The effects of energy co-governance in Peru. *Energy Policy*, 38, 2234-2244. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2009.12.011>
- Forno, A., Bataglini, W., Steffens, F., & De Souza, A. (2021). Research Journal of Industry 4.0 in textile and apparel sector: a systematic literature review. *Textile and Apparel*. <https://doi.org/10.1108/rjta-08-2021-0106>
- Fourier, J. (1824). Memoir on the Temperature of the Terrestrial Globe and Planetary Spaces. Recuperado de <https://climate.nasa.gov/evidence/>

- Fraisl, D., Campbell, J., Véase, L., Wehn, U., Wardlaw, J., Gold, M., Moorthy, I., Arias, R., Piera, J., Oliver, J., Masó, J., Penker, M. y Fritz, S. (2020). Mapeo de las contribuciones de la ciencia ciudadana a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU. *Ciencia de la Sostenibilidad*, 15, 1735 - 1751. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00833-7>
- Francisco, B. C. (2008). El Tratado de Lisboa en el diván. Una reflexión sobre estatalidad, constitucionalidad y Unión Europea. Documentos - Universidad de Granada. <https://produccioncientifica.ugr.es/documentos/618f55d29ff8c939aacbd07c?lang=gl>
- Franco, S., Pancino, B., Martella, A., & De Gregorio, T. (2022). Assessing the Presence of a Monoculture: From Definition to Quantification. *Agriculture*. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091506>
- Frenkel, R. (2003). Globalización y Crisis Financieras en América Latina. *Brazilian Journal Of Political Economy*, 23(3), 437-455. <https://doi.org/10.1590/0101-31572004-0671>
- Fróna, D., Szenderák, J. y Harangi-Rákos, M. (2019). El desafío de alimentar al mundo. *Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.3390/su11205816>
- Frynas, J. (2012). Corporate Social Responsibility or Government Regulation? Evidence on Oil Spill Prevention. *Ecology and Society*, 17, 4
- Fuchs, A., Berger, V., Steinbauer, K., Köstl, T., Wuttej, D. y Jungmeier, M. (2021). Efectos a largo plazo del monocultivo de maíz en la diversidad vegetal. *Phytocoenologia*. <https://doi.org/10.1127/PHYTO/2021/0382>
- Funciones y poderes| Consejo Seguridad. (s. f.). <https://main.un.org/securitycouncil/es/content/functions-and-powers>
- Funk, C. (1913). Studies on beri-beri. *The Journal of Physiology*, 46.
- Fuzessy, L., Pavoine, S., Cardador, L., Maspons, J., & Sol, D. (2024). Loss of species and functions in a deforested megadiverse tropical forest.. *Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology*, e14250. <https://doi.org/10.1111/cobi.14250>
- Gaffikin, L. y Engelman, R. (2018). La planificación familiar como contribución a la sostenibilidad ambiental: evaluación de la evidencia. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology*, 30, 425–431. <https://doi.org/10.1097/GCO.0000000000000489>
- Gaisberger, H., Legay, S., Andre, C., Loo, J., Azimov, R., Aaliev, S., Bobokalonov, F., Mukhsimov, N., Kettle, C., & Vinceti, B. (2020). Diversity Under Threat: Connecting Genetic Diversity and Threat Mapping to Set Conservation Priorities for *Juglans regia* L.

- Populations in Central Asia., 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00171>
- Gaitán-Espitia, J., & Hobday, A. (2020). Evolutionary principles and genetic considerations for guiding conservation interventions under climate change. *Global Change Biology*, 27, 475 - 488. <https://doi.org/10.1111/gcb.15359>
- Galveston Bay Foundation. (s.f.). Resumen sobre incidentes y fuentes decontaminación en la Bahía de Galveston. Recuperado de <https://www.galvbaygrade.org/es/resumen-sobre-incidentes-y-fuentes-de-contaminacion/>
- Gao, T., Wang, X., Wei, D., Wang, T., Liu, S. y Zhang, Y. (2021). Escasez de agua transfronteriza en el contexto del cambio climático. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2021.126453>
- Garber, P., Estrada, A., Shanee, S., Svensson, M., Arregoitia, L., Nijman, V., Shanee, N., Gouveia, S., Nekaris, K., Chaudhary, A., Bicca-Marques, J., & Hansen, M. (2024). Global wildlife trade and trafficking contribute to the world's nonhumanprimate conservation crisis. *Frontiers in Conservation Science*. <https://doi.org/10.3389/fcosc.2024.1400613>
- García, D. P. O. (2022). América Latina y el régimen de no proliferación nuclear. *RHS- Revista Humanismo y Sociedad*, 10(1). <https://doi.org/10.22209/rhs.v10n1a01>
- García, E., & Ramírez, J. (2011). Técnicas de tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria. *Scielo México*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000800001
- García-De-La-Fuente, L., García-Flórez, L., Fernández-Rueda, M., Alcázar-Álvarez, J., Colina-Vuelta, A., Fernández-Vázquez, E., & Ramos-Carvajal, C. (2020). Comparing the contribution of commercial and recreational marine fishing to regionaleconomies in Europe. An Input-Output approach applied to Asturias (Northwest Spain). *Marine Policy*, 118, 104024. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104024>
- Gardner, A., Moholdt, G., Cogley, J. G., Wouters, B., Arendt, A. A., Wahr, J., ... & van den Broeke, M. R. (2013). A reconciled estimate of glacier contributions to sealevel rise: 2003 to 2009. *Science*, 340(6134), 852–857. <https://consensus.app/papers/a-reconciled-estimate-of-glacier-contributions-to-sea-gardner-moholdt/eda9b4ef3e5750fa8afb5f52a9dc61e5/>
- Garrick, D., Hanemann, M., & Hepburn, C. (2020). Rethinking the economics of water: an assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, 36, 1-23.

<https://doi.org/10.1093/oxrep/grz035>

- Gatti, L., Basso, L., Miller, J. B., Gloor, M., Domingues, L. G., Cassol, H., ... & Nobre, C. (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, 595, 388–393. <https://consensus.app/papers/amazonia-as-a-carbon-source-linked-to-deforestation-and-gatti-basso/d2cfd1a5f655643b69f0207a9fcf359/>
- Gaur, V., Sharma, P., Sirohi, R., Awasthi, M., Dussap, C., & Pandey, A. (2020). Assessing the impact of industrial waste on environment and mitigation strategies: A comprehensive review.. *Journal of hazardous materials*, 398, 123019.
- Gaur, V., Sharma, P., Sirohi, R., Awasthi, M., Dussap, C., & Pandey, A. (2020). Assessing the impact of industrial waste on environment and mitigation strategies: A comprehensive review. *Journal of hazardous materials*, 398, 123019.
- Geldenhuys, K. (2020). Corruption ensures a flourishing illegal wildlife trade. *Servamus Community-based Safety and Security Magazine*, 113, 26-30.
- Geldmann, J., Deguignet, M., Balmford, A., Burgess, N., Dudley, N., Hockings, M., Kingston, N., Klimmek, H., Lewis, A., Rahbek, C., Stolton, S., Vincent, C., Wells, S., Woodley, S., & Watson, J. (2020). Essential indicators for measuring site-based conservation effectiveness in the post-2020 global biodiversity framework. *Conservation Letters*, 14. <https://doi.org/10.1111/conl.12792>
- George, T. (2024). Una revisión sobre la mejora del rendimiento de los cultivos mediante riego inteligente. *Revista internacional de investigación en ciencia aplicada y tecnología de ingeniería*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.64249>
- Gerhard, M., Mori, C., & Striebel, M. (2020). Nonrandom species loss in phytoplankton communities and its effect on ecosystem functioning. *Limnology and Oceanography*, 66. <https://doi.org/10.1002/lno.11642>
- Gerhard, M., Mori, C., & Striebel, M. (2020). Nonrandom species loss in phytoplankton communities and its effect on ecosystem functioning. *Limnology and Oceanography*, 66. <https://doi.org/10.1002/lno.11642>
- Gerveni, M., Avelino, A., & Dall’erba, S. (2020). DRIVERS OF WATER USE IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE EUROPEAN UNION 27.. *Environmental science & technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06662>
- Gestión de la calidad de servicios. (s. f.). Orientación - Presidencia del Consejo de Ministros -

Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/23110-gestion-de-la-calidad-de-servicios>

- Ghamkhar, K., Hay, F., Engbers, M., Dempewolf, H., & Schurr, U. (2024). Realizing the potential of plant genetic resources: the use of phenomics for genebanks. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10570>
- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., & Leifert, C. (2008). Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6, 149-162.
- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., & Leifert, C. (2008). Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6, 149-162.
- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., & Leifert, C. (2008). Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6, 149-162.
- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., & Leifert, C. (2008). Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6, 149-162.
- Ghoreishifar, S., Eriksson, S., Johansson, A., Khansefid, M., Moghaddaszadeh-Ahrabi, S., Parna, N., Davoudi, P., & Javanmard, A. (2020). Signatures of selection reveal candidate genes involved in economic traits and cold acclimation in five Swedish cattle breeds. *Genetics, Selection, Evolution : GSE*, 52. <https://doi.org/10.1186/s12711-020-00571-5>
- Ghosh-Jerath, S., Kapoor, R., Ghosh, U., Singh, A., Downs, S., & Fanzo, J. (2021). Pathways of Climate Change Impact on Agroforestry, Food Consumption Pattern, and Dietary Diversity Among Indigenous Subsistence Farmers of Sauria Paharia Tribal Community of India: A Mixed Methods Study. *Frontiers in sustainable food systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.667297>
- Gil-Barragan, J., & Aguilera-Castillo, A. (2021). The Pacific Alliance. Handbook of Research on Institutional, Economic, and Social Impacts of Globalization and Liberalization. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4459-4.ch020>
- Giudice, R., & Börner, J. (2021). Benefits and costs of incentive-based forest conservation in the Peruvian Amazon. *Forest Policy and Economics*, 131, 102559. <https://doi.org/10.1016/J.FORPOL.2021.102559>
- Glasser, N. F., Harrison, S., Jansson, K. N., Anderson, K., & Cowley, A. (2011). Global sea-level contribution from the Patagonian Icefields since the Little Ice Age maximum. *Nature Geoscience*, 4(5), 303–307. <https://consensus.app/papers/global-sealevel-contribution->

from-the-patagonian-glasser-harrison/b30692993e51582f96b032aeb7959f70/

- Gliessman, S. (2021). Preservación de la naturaleza salvaje de los parientes silvestres de los cultivos. *Agroecología y sistemas alimentarios sostenibles*, 46, 1 - 2. <https://doi.org/10.1080/21683565.2021.1998981>
- Gliessman, S. (2023). New leadership for the agroecology movement. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 47, 917 - 918. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2216495>
- Gliessman, S., Friedmann, H., & Howard, P. (2019). Agroecology and Food Sovereignty. *IDS Bulletin*. <https://doi.org/10.19088/1968-2019.120>
- Göker, M. (2024). THE ISSUES OF SCOPE AND LEGAL STATUS IN WTO – IMF CONSULTATIONS. *Akdeniz Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.54704/akdhfd.1439203>
- Gołaś, J., Zarębska, K., Nosek, K., Szramowiat-Sala, K., y Marczak, M. (2019). Energía y medio ambiente como bases para el desarrollo sostenible. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 8359-8361. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04299-8>
- Gonçalves, B., Morais, M., Pereira, S., Mosquera-Losada, M., & Santos, M. (2021). Tree–Crop Ecological and Physiological Interactions Within Climate Change Contexts: A Mini-Review. , 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.661978>
- Gonçalves-Souza, D., Verburg, P., & Dobrovolski, R. (2020). Habitat loss, extinction predictability and conservation efforts in the terrestrial ecoregions. *Biological Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108579>
- González, C. (2024). Impacto del FMI en los medios periodísticos de Argentina. *Aprendo Con NooJ*, 4. <https://doi.org/10.35305/an.vi4.33>
- Gordeev, R. (2020). Fundamentos metodológicos de la investigación sobre la cuarta revolución industrial. *Uchenyy Sovet (Consejo Académico)*. <https://doi.org/10.33920/nik-02-2008-07>
- Götmark, F., & Andersson, M. (2020). Human fertility in relation to education, economy, religion, contraception, and family planning programs. *BMC Public Health*, 20. Götmark, F., & Andersson, M. (2020). Human fertility in relation to education, economy, religion, contraception, and family planning programs. *BMC Public Health*, 20.
- Götte, J. y Brunner, M. (2024). Transiciones hidrológicas de sequía a inundación en diferentes hidroclimas en los Estados Unidos. *Investigación sobre recursos hídricos*.

<https://doi.org/10.1029/2023wr036504>

- Goulart, M., Loebens, L., Farias, R., Demarco, C., & Quadro, M. (2020). Oil spills: cases and consequences analysis. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*.
- Gowder, SJT . (2024). Aspectos sociales de la alimentación y la nutrición: una visión general. *Graham, M., Jelin, A., Hoon, A., Floet, A., Levey, E., & Graham, E. (2022). Assisted reproductive technology: Short- and long-term outcomes. Developmental Medicine and Child Neurology, 65, 38 - 49. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15332>*
- Grass, I., (2020). Trade-offs between multifunctionality and profit in tropical smallholder landscapes. *Nature Communications, 11.*<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15013-5>
- Griffon, D., Hernandez, M., & Ramírez, D. (2021). Theoretical Clues for Agroecological Transitions: The Conuco Legacy and the Monoculture Trap., 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.529271>
- Grillos, T., Bottazzi, P., Crespo, D., Asquith, N., & Jones, J. (2019). In-kind conservation payments crowd in environmental values and increase support for government intervention: A randomized trial in Bolivia. *Ecological Economics, 166, 106404.* <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2019.106404>
- Grossel, S. (1997). Guidelines for safe storage and handling of reactive materials. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries, 10, 75.*
- Gu, D., Andreev, K. y Dupre, M. (2021). Principales tendencias en el crecimiento demográfico en todo el mundo. *China CDC semanal, 3, 604 - 613. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2021.160>.*
- Guan, B., Gao, J., Chen, W., Gong, X., & Ge, G. (2021). The Effects of Climate Change on Landscape Connectivity and Genetic Clusters in a Small Subtropical and Warm- Temperate Tree. *Frontiers in Plant Science, 12.*<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.671336>
- Guarderas, P., Trávez, K., Boeraeve, F., Cornelis, J., & Dufrêne, M. (2022). Native forest conversion alters soil macroinvertebrate diversity and soil quality in tropical mountain landscapes of northern Ecuador., 5.<https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.959799>
- Guelfi, D., Nunes, A., Sarkis, L., & Oliveira, D. (2022). Innovative Phosphate Fertilizer Technologies to Improve Phosphorus Use Efficiency in Agriculture. *Sustainability*.
- Guerrero, G. S., Franco, J. A. A., Morales, E. V., & Riaño, L. J. C. (2023). La Implementación de una red neuronal y un modelo de forrester para la predicción entre factores demográficos y

- agentes contaminantes: Implementation of a neural network and a forrester model for the prediction between demographic factors and pollutants. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8895235>
- Guevara, S. (s.f.). La deforestación. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Guevara-3/publication/267714794_La_Deforestacion/links/548f18530cf225bf66a7fb13/La-Deforestacion.pdf
- Guillermo, G. R. E., Alfonso, C. R., & Biología. (2022, 2 diciembre). Efecto de la variabilidad térmica diaria en la producción primaria bentónica. Universidad de Cádiz. <http://hdl.handle.net/10498/27801>.
- Gullotta, G., Engels, J., y Halewood, M. (2023). ¿Qué recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura están disponibles en virtud del Tratado sobre Plantas y dónde se encuentra esta información? *Plants*, 12. <https://doi.org/10.3390/plants12233944>
- Gunarathne, A., y Lee, K. (2020). Ecocontrol para la gestión sostenible corporativa: una perspectiva desde la etapa de desarrollo de la sostenibilidad. *Responsabilidad social corporativa y gestión ambiental*, 27, 2515-2529. <https://doi.org/10.1002/csr.1973>
- Gunning, P., Hills, C., & Carey, P. (2010). Accelerated carbonation treatment of industrial wastes. *Waste management*, 30 6, 1081-90.
- Guo, J., Yu, Z., Z., Xu, D., y Cao, S. (2021). ¿Qué factores han impulsado la urbanización en China?. *Medio ambiente, desarrollo y sostenibilidad*. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01714-4>
- Gupta, G., Dhar, S., Kumar, A., Choudhary, A., Dass, A., Sharma, V., Shukla, L., Upadhyay, Gupta, H., Kumar, A., & Wasan, P. (2021). Industry 4.0, cleaner production and circular economy: An integrative framework for evaluating ethical and sustainable business performance of manufacturing organizations. *Production*, 295, 126253. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126253>
- Gupta, S., (2024). Mapeo de la fuerza laboral mundial en neurocirugía. Parte 1: Densidad de neurocirujanos consultores. *Journal of Neurosurgery*. <https://doi.org/10.3171/2023.9.jns231615>
- Gutiérrez, J. (2016). Caracterización y evaluación de la biomasa residual para su aprovechamiento energético. *ScienceDirect*.

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2040470016000121?via%3Dihub>
- Gyawali, B., Mkoma, G., & Harsch, S. (2024). Social Determinants Influencing Nutrition Behaviors and Cardiometabolic Health in Indigenous Populations: A Scoping Review of the Literature. *Nutrients*, 16.
- H., Kim, H., & Ramanan, R. (2022). Gross Negligence: Impacts of Microplastics and Plastic Leachates on Phytoplankton Community and Ecosystem Dynamics..*Environmental science & technology*.
- Haber, S. H. (1992). Concentración industrial, desarrollo del mercado de capitales y redes financieras basadas en el parentesco: Un estudio comparado de Brasil, México y los Estados Unidos, 1840–1930 (1.a parte). *Revista de Historia Económica / Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 10, 99-124.<https://consensus.app/papers/concentración-industrial-desarrollo-del-mercado-de-haber/3527229de5b25973bb158ebcbbd518d3/>
- Habibullah, M., Din, B., Tan, S., & Zahid, H. (2021). Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15702-8>
- Hakeem, R., Shrivastava, P., & A, F. (2023). COMPOSITION, MANUFACTURE AND
- Halewood, M., Chiurugwi, T., Hamilton, S., Kurtz, B., Marden, E., Welch, E., Michiels, F., Mozafari, J., Sabran, M., Patron, N., Kersey, P., Bastow, R., Dorius, S., Dias, S., McCouch, S., & Powell, W. (2018). Plant genetic resources for food and agriculture: opportunities and challenges emerging from the science and information technology revolution. *The New phytologist*, 217 4, 1407-1419. <https://doi.org/10.1111/nph.14993>
- Halley, J., & Pimm, S. (2023). The rate of species extinction in declining or fragmented ecological communities. *PLOS ONE*, 18.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285945>
- Hamed, F., Kandhan, K., Liu, Y., Ren, M., Jaleel, A., & Alyafei, M. (2023). Wastewater Irrigation: A Promising Way for Future Sustainable Agriculture and Food Security in the United Arab Emirates. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w15122284>
- Hänggli, A., Levy, S., Pascual, D., Bovolo, I., Branda, oJ., Rueda, X., & Garrett, R. (2023). A systematic comparison of deforestation drivers and policy effectiveness across the Amazon biome. *Environmental Research Letters*, 18. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd408>
- Hård, M., & Tjoa-Bonatz, M. (2020). Trading zones in a colony: Transcultural techniques at

- missionary stations in the Dutch East Indies, 1860 – 1940. *Studies of Science*, 50, 932 - 955.
<https://doi.org/10.1177/0306312720925913>
- Harris, M. J., Martel, K. S., Munyaco, C. V., Lescano, A. G., Mordecai, E., Trok, J.T., Diffenbaugh, N. S., & Borbor Cordova, M. J. (2024). Extreme precipitation exacerbated by anthropogenic climate change drove Peru's record-breaking 2023 dengue outbreak. Preprint.
<https://consensus.app/papers/extreme-precipitation-exacerbated-by-anthropogenic-harris-martel/a0d3425e7fc251cca0828581b5b11ac2/>
- Hatcher, V., Williams, M., Dorin, P. y Switzer, K. (2023). Catalizando el desarrollo sostenible: evaluación del impacto de los programas de planificación familiar en el control de la población, la salud reproductiva y el empoderamiento de género. *Law and Economics*.
<https://doi.org/10.35335/laweco.v17i2.4>
- Hay, F. (2021). New technologies to improve the ex situ conservation of plant genetic resources. *Plant genetic resources: A review of current research and future needs*.
<https://doi.org/10.19103/as.2020.0085.14>
- Hay, M., & Kubanek, J. (2002). Community and Ecosystem Level Consequences of Chemical Cues in the Plankton. *Journal of Chemical Ecology*, 28, 2001-2016.
- He, C. (2020). Tabla periódica del proceso de civilización humana. *Filosofía y teoría educativa*, 52, 848 - 868. <https://doi.org/10.1080/00131857.2019.1642197>.
- He, Q., Zhu, H., Liu, Q. y Shan, W. (2021). Análisis de población y epidemia basado en Malthus y el modelo logístico. *Actas del 2.º Simposio internacional sobre inteligencia artificial para las ciencias de la medicina*. <https://doi.org/10.1145/3500931.3501022>.
- He, T., & Li, C. (2020). Harness the power of genomic selection and the potential of germplasm in crop breeding for global food security in the era with rapid climate change. *The Crop Journal*.
<https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.04.005>
- Heal the Bay. (2024). Lo que sabemos y no sabemos sobre el derrame de petróleo en Orange County. Recuperado de <https://healthebay.org/lo-que-sabemos-y-no-sabemos-sobre-el-derrame-de-petroleo-en-orange-county/>
- Hedlund, J., Carlsen, H., Croft, S., West, C., Bodin, Ö., Stokeld, E., Jägermeyr, J., & Müller, C. (2022). Impacts of climate change on global food trade networks. *Environmental Research Letters*, 17. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aca68b>
- Heinrich, M., y Hesketh, A. (2019). 25 años después de la «Convención de Río»: lecciones

- aprendidas en el contexto del desarrollo sostenible y la protección del conocimiento indígena y local. *Phytomedicine: revista internacional de fitoterapia y fitofarmacología*, 53, 332-343. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.04.061>
- Hellwig, F., Moreira, L., Silveira, M., Vieira, C., Rios-Quituzaca, P., Masabanda, M., Serucaca, J., Rudasingwa, S., Nyandwi, A., Mulu, S., Rashad, H., y Barros, A. (2024). Políticas para ampliar la cobertura de planificación familiar: lecciones de cinco países exitosos. *Frontiers in Public Health*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1339725>
- Hemidat, S., Achouri, O., Fels, E., Elagroudy, S., Hafidi, M., Chaouki, B., Ahmed, M., Hodgkinson, I., & Guo, J. (2022). Solid Waste Management in the Context of a Circular Economy in the MENA Region. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14010480>
- Hernan Alfredo Azcona Hidalgo (2022) Estudio comparativo de métodos de remediación de pasivos ambientales mineros en el Perú. Repositorio institucional UPN.
- Hernández, J., & Castro, M. (2015). Dinámicas de cambio climático en América Latina y el Caribe. *Revista de Ciencias Ambientales y Tecnologías*. <https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/ATM.2015.28.03.06/45972>
- Hernández, L., & Castillo, A. (2019). Aplicación de métodos estadísticos en la evaluación de impactos ambientales. *RevistaLa Técnica*, 24(1). <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1595>
- Hernández-García, C., & Martínez-Jerónimo, F. (2023). Changes in the morphology and cell ultrastructure of a microalgal community exposed to a commercial glyphosate formulation and a toxigenic cyanobacterium. *Frontiers in Microbiology*, 14.
- Herrera, C., y Sahn, D. (2020). Determinantes infantiles de la migración interna de jóvenes en Senegal. *Revista electrónica de economía del desarrollo: estudios regionales y nacionales*. <https://doi.org/10.4054/DEMRES.2020.43.45>
- Hickley, P. (2009). Global Challenges in Recreational Fisheries. *Fish and Fisheries*, 10, 113-114. <https://doi.org/10.1111/J.1467-2979.2008.00319.X>
- Hidayat, T., Almadani, N., Nugroho, J., Baswedan, A., Pranada, G., Hartono, R., & Setiawan, Hiddink, J., & Davies, T. (2024). Resource limitation of compensatory responses in ecosystem processes after biodiversity loss. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14756>

- Hien, L., Ha, N., Hằg, P., & Anh, T. (2024). Status on management of access to genetic resources, traditional knowledge and benefit sharing. *Vietnam Journal of Biotechnology*. <https://doi.org/10.15625/vjbt-20230>
- Hirt, M., Barnes, A., Gentile, A., Pollock, L., Rosenbaum, B., Thuiller, W., Tucker, M., & Brose, U. (2021). Environmental and anthropogenic constraints on animal space use drive extinction risk worldwide.. *Ecology letters*. <https://doi.org/10.1111/ele.13872>
- Hochkirch, A., (2023). A multi-taxon analysis of European Red Lists reveals major threats to biodiversity. *PLOS ONE*, 18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293083>
- Hochkirch, A., (2020). A strategy for the next decade to address data deficiency in neglected biodiversity. *Conservation Biology*, 35. <https://doi.org/10.1111/cobi.13589>
- Hokmollahi, Y., Taiebnia, A., & Souri, A. (2021). Investigating the Effect of Structural Changes and Trade Liberalization on Total Factor Productivity in Iran (1991-2018). *Journal of Money and Economy*. <https://doi.org/10.52547/jme.16.1.71>
- Hong, T., Zhang, H., & , T. (2016). Domestic market network in China: structure, position, and regional economic growth. *Transylvanian Review*, 24.
- Hook, V. (1978). Transport and transportation pathways of hazardous chemicals from solid waste disposal.. *Environmental Health Perspectives*, 27, 295 - 308.
- Hooper, D., Adair, E., Cardinale, B., Byrnes, J., Hungate, B., Matulich, K., Gonzalez, A., Duffy, E., Gamfeldt, L., & O'Connor, M. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486, 105-108. <https://doi.org/10.1038/nature11118>
- Hossen, M., Connor, J., & Ahammed, F. (2023). How to Resolve Transboundary River Water Sharing Disputes. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w15142630>
- Hovestadt, T., Poethke, H., Müller, J., & Mitesser, O. (2024). Species Diversity and Habitat Fragmentation Per Se: The Influence of Local Extinctions and Species Clustering. *The American Naturalist*, 203, 655 -667. <https://doi.org/10.1086/729620>
- Hristov, J., Domínguez, I., Fellmann, T., & Elleby, C. (2023). Economic impacts of climate change on EU agriculture: will the farmers benefit from global climate change?. *Environmental Research Letters*, 19. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad0e34>
- Hua, F., Bruijnzeel, L., Meli, P., Martin, P., Zhang, J., Nakagawa, S., Miao, X., Wang, W., McEvoy, C., Peña-Arancibia, J., Brancalion, P., Smith, P., Edwards, D., & Balmford, (2022).

- The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. *Science*, 376, 839 -844. <https://doi.org/10.1126/science.abl4649>
- Huang, C., y Xu, N. (2022). Cuantificación de la expansión urbana de 1985 a 2018 en grandes ciudades de todo el mundo. *Geocarto International*, 37, 18356-18371. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2142957>
- Huang, Q., Kuang, Y., Zhou, H., Li, X., & Yin, L. (2024). Biodiversity Conservation in Xishuangbanna, China: Diversity Analysis of Traditional Knowledge Related to Biodiversity and Conservation Progress and Achievement Evaluation. *Diversity*. <https://doi.org/10.3390/d16050260>
- Huang, Z., Nya, E., Rahman, M., Mwamila, T., Cao, V., Gwenzi, W. y Noubactep, (2021). Gestión integrada de los recursos hídricos: replanteamiento de la contribución de la captación de agua de lluvia. *Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.3390/su13158338>
- Huaycochea Llacua, K. M., Medina Vásquez, M. A., Quiroz Quispe, S. Y., & Sánchez Chuquiyauri, E. (2020). Estrategias de manejo de residuos sólidos peligrosos en hospitales de Lima-Este. Universidad César Vallejo.
- Huffington Post. (2024). Alarma navidad tóxica: descubren plaga de sustancias peligrosas en juguetes infantiles.
- HuffPost. (2024). Preocupación por el peligroso hallazgo de unos pozos petrolíferos huérfanos fuera del radar humano. Recuperado de <https://www.huffingtonpost.es/planeta/preocupacion-peligroso-hallazgo-pozos-petroliferos-huerfanos-fuera-radar-humano.html>
- Hughes, T. P., Anderson, K. D., Connolly, S. R., Cumming, G. S., Jackson, J. B., & Muthiga, N. (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene.
- Humphries, F., Lawson, C., Benzie, J., & Morrison, C. (2022). African Aquaculture: Genetic Resource and Traditional Knowledge Access and Benefit Sharing Measures. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 31, 180 - 196. <https://doi.org/10.1080/23308249.2022.2027866>
- Agua, R. (2024, 23 mayo). ¿Qué es la eutrofización? iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-eutrofizacion>
- Ibeh, F. (2024). Assessing the Impact of Trade Policies on Growth and Development of the Manufacturing and Agricultural Sectors in Nigeria. *Insight on Africa*, 16, 230252. <https://doi.org/10.1177/09750878231217956>

- Iberdrola. (s.f.). Historia de la inteligencia artificial. Recuperado de <https://www.iberdrola.com/innovacion/historia-inteligencia-artificial>
- ICCSI. (s.f.). Acontecimientos importantes de la inteligencia artificial. Recuperado de <https://iccsi.com.ar/acontecimientos-importantes-de-la-inteligencia-artificial/>
- Idowu, J., Ojima, W., Adetutu, S., Mary, A., Oluwakayode, A. y Alex, O. (2024). El empoderamiento de las mujeres como determinante de la mortalidad neonatal en África subsahariana: una revisión narrativa centrada en Nigeria. *Global Health Action*, 17. <https://doi.org/10.1080/16549716.2024.2394256>
- IISec. (n.d.). Tasa de fecundidad general. IISec UCB. <https://iisec.ucb.edu.bo/indicador/tasa-de-fecundidad-general>
- Imari, M., Kadhim, A., & Hussein, A. (2024). THE IMPORTANCE OF MULTINATIONAL COMPANIES IN ACCELERATING THE MOVEMENT OFFOREIGN INVESTMENTS. *International journal of business and management sciences*. <https://doi.org/10.55640/ijbms-04-04-02IN> THE DEVELOPMENT OF ORGANIC CROP PRODUCTION. *InternationalJournal of Advanced Research*.
- Infante, F. (2023). Social capital and landscape: effects of monoculture forest plantations on small producers in the Mediterranean dryland of south-central Chile. *Rural Society*, 32, 151 - 168. <https://doi.org/10.1080/10371656.2023.2270849>
- Infobae. (2022, noviembre 3). UNESCO alerta que glaciares del Parque NacionalHuascarán se descongelan con rapidez. Infobae. <https://www.infobae.com/america/peru/2022/11/03/unesco-alerta-que-glaciares-del-parque-nacional-huascarán-se-descongelan-con-rapidez/>
- Infobae. (30/10/2024). Crisis hídrica en Piura: Contraloría interviene sede delProyecto Especial Chira por escasez deagua. Infobae.<https://www.infobae.com/peru/2024/10/30/crisis-hidrica-en-piura-contraloria-interviene-sede-del-proyecto-especial-chira-por-escasez-de-agua/>
- Infobae. (31/10/2024). Se mantiene la mejora gradual del agujero de la capa de ozono. Infobae. <https://www.infobae.com/america/agencias/2024/10/31/se-mantiene-la-mejora-gradual-del-agujero-de-la-capade-ozono/>
- Infobae. (31/10/2024). Se mantiene la mejora gradual del agujero de la capa de ozono. Infobae. <https://www.infobae.com/america/agencias/2024/10/31/se-mantiene-la-mejora-gradual->

del-agujero-de-la-capa-de-ozono/

Intarapat, S., Sukparangsi, W., Gusev, O., & Sheng, G. (2023). A Bird's-Eye View of Endangered Species Conservation: Avian Genomics and Stem Cell Approaches for Green Peafowl (*Pavo muticus*). *Genes*, 14. <https://doi.org/10.3390/genes14112040>

Integración de la tecnología | Economía Digital País Vasco. (2018, 31 enero). *Economía y Sociedad Digitales En el País Vasco*. <https://www.orkestra.deusto.es/euskadi-economia-digital/2017/integracion-tecnologia.phtml> Investigación,

Desarrollo e Innovación, 226–236. IPCC. (2021). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2021. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Islam, N., & Bhandari, P. (2023). Economic and Long-Term Impacts of Free Trade Agreements (FTAs) with the U.S.A. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://doi.org/10.46254/an13.20230607>

Israel, A., & Jehling, M. (2019). How modern are renewables? The misrecognition of traditional solar thermal energy in Peru's energy transition. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2019.110905>

Israel, A., & Jehling, M. (2019). How modern are renewables? The misrecognition of traditional solar thermal energy in Peru's energy transition. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2019.110905>

Jackson, L., O'Connor, A., Paneque, M., Curtisová, V., Lunt, P., Pourová, R., Macek, M., Stefansdottir, V., Turchetti, D., Campos, M., Henneman, L., Godino, L., Faldan, H. y

Cornel, M. (2018). El Proyecto Gen-Equip: evaluación e impacto de los recursos de aprendizaje electrónico en genética para atención primaria en seis idiomas europeos. *Genética en Medicina*, 21, 718 - 726. <https://doi.org/10.1038/s41436-018-0132-3>

Jakubowska, Z., Koza, K., Leder, W., Owczarczyk, A., Skorupka, Z., & Wróblewski, T. (2021). The Power of Fertility and Its Importance for the Concept of Sustainable Development. *Studia Ecologiae et Bioethicae*.

Jancsó, K. (2020). Social and Environmental Conflicts in the Peruvian Amazon. *Corvinus Journal*

- of International Affairs.<https://doi.org/10.14267/cojourn.2020v5n2a3>
- Jang, W., Neff, J., Im, Y., Doro, L., & Herrick, J. (2020). The Hidden Costs of Land Degradation in US Maize Agriculture. *Earth's Future*, 9.<https://doi.org/10.1029/2020EF001641>
- Jaqueline, C. T. R. (2022). Detergentes y eutrofización en lagos y ríos: Una revisión sistemática, 2022. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93496>
- Jarosz-Angowska, A., Nowak, A., Kołodziej, E., & Klikocka, H. (2022). Effect of European Integration on the Competitiveness of the Agricultural Sector in New Member States (EU-13) on the Internal EUMarket. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su142013124>
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D., Coscieme, L., Golden, A., Guerra, C., Jacob, U., Takahashi, Y., Settele, J., Díaz, S., Molnár, Z., & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>
- Jelokhani-Niaraki, S., & Omidipour, M. (2023). Development and Implementation of a Web-based GIS for Registering and Monitoring the Livestock and Poultry Genetic Resources. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220759>
- Jensen, D., Rao, M., Zhang, J., Gron, M., Tian, S., , K., & Svenning, J. (2021). The potential for using rare, native species in reforestation— A case study of yews (Taxaceae) in China. *Forest Ecology and Management*, 482, 18816. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118816>
- Jeswani, H., Krüger, C., Russ, M., Horlacher, M., Antony, F., Hann, S., & Azapagic, (2021). Life cycle environmental impacts of chemical recycling via pyrolysis of mixed plastic waste in comparison with mechanical recycling and energy recovery.. *The Science of the total environment*, 769, 144483.
- Jia, F., Yin, S., Chen, L., & Chen, X. (2020). The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120728>
- Jiang, M. (2024). Una revisión de los impactos de las revoluciones industriales en la historia mundial. *Communications in Humanities Research* . <https://doi.org/10.54254/2753-7064/39/20242245>.
- Jiménez, S. (2019). Estrategias de manejo agrícola para mejorar la calidad del agua en la región

- de los Andes. *Scientia Agrop*, 28(1).
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/445>
- Jíménez-Arias, (2020). Reciclaje de salmueras rechazadas en sistemas de evaporación hidropónica y termosolar para instalaciones de ocio y turísticas. Transformar residuos en materia prima. *Desalación*, 496, 114443. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114443>
- Johnson, M. (2021). Farm Production Diversity in Aquaculture Has Been Overlooked as a Contributor to Sustainability., 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.655346>
- Jones, R., Haardörfer, R., Ramakrishnan, U., Yount, K., Miedema, S. y Girard, A. (2019). Empoderamiento de las mujeres y nutrición infantil: el papel de la capacidad de acción intrínseca. *SSM - Salud de la población*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2019.100475>
- Jordon, M., Willis, K., Harvey, W., Petrokofsky, L., & Petrokofsky, G. (2020). Implications of Temperate Agroforestry on Sheep and Cattle Productivity, Environmental Impacts and Enterprise Economics. A Systematic Evidence Map. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f11121321>
- Jørgensen, T., Fors, S., Nilsson, C., Enroth, L., Aaltonen, M., Sundberg, L., Brønnum-Hansen, H., Strand, B., Chang, M. y Jylhä, M. (2018). Envejecimiento de la población en los países nórdicos: mortalidad y longevidad de 1990 a 2014. *Scandinavian Journal of Public Health*, 47, 611-617. <https://doi.org/10.1177/1403494818780024>
- Joshi, S., & Sharma, M. (2022). Sustainable Performance through Digital Supply Chains in Industry 4.0 Era: Amidst the Pandemic Experience. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su142416726>
- Jovović, Z., & Kratovalieva, S. (2015). Global Strategies for Sustainable Use of Agricultural Genetic and Indigenous Traditional Knowledge., 39-72. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0060-7_3
- Julio, N., Álvarez, A., Castillo, R., Iglesias, K., Rivera, D., Ochoa, F., & Figueroa, R. (2024). El rol de los comités de vigilancia de ríos para abordar las nuevas condiciones socioclimáticas en Chile: perspectivas a partir de los principios de diseño de Ostrom para instituciones de uso común de los recursos. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16031027>
- Kahrilas, G., Blotevogel, J., Stewart, P., & Borch, T. (2015). Biocides in hydraulic fracturing fluids: a critical review of their usage, mobility, degradation, and toxicity. *Environmental science & technology*, 49 1, 16-32.

- Kalkbrenner, B., & Roosen, J. (2016). Citizens' willingness to participate in local renewable energy projects: The role of community and trust in Germany. *Energy research and social science*, 13, 60-70. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2015.12.006>
- Kamakaula, Y., Amruddin, A., Aryana, R., Saprudin, S., & Nugroho, R. (2023). The Role of Local Knowledge in Natural Resources Conservation: An Environmental Anthropological Perspective in Traditional Agriculture. *Global International Journal of Innovative Research*. <https://doi.org/10.59613/global.v1i2.13>
- Kamande, K. (2021). Traditional Knowledge (TK) Is Pivotal in the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity and Due Consideration Should Be Given To Access and Benefit Sharing (ABS) Concerning the Use of Traditional Knowledge Associated With Genetic Resources. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3846063>
- Kant, R. (2022). *International Trade and Relation..*
- Kattumuri, R. (2018). Sustentabilidad de los recursos naturales en un entorno cambiante: evidencia, política e impacto. *Contemporary Social Science* , 13, 1 - 16. <https://doi.org/10.1080/21582041.2017.1418903>
- Kawasaki, H., Kawasaki, M., Iki, T. y Matsuyama, R. (2021). Programa de educación genética para ayudar a las enfermeras de salud pública a mejorar sus conocimientos y mejorar la alfabetización genética de las comunidades: un estudio piloto. *BMC Nursing* ,20. <https://doi.org/10.1186/s12912-021-00549-8>
- Keats, E., Das, J., Salam, R., Lassi, Z., Imdad, A., Black, R., & Bhutta, Z. (2021). Effective interventions to address maternal and child malnutrition: an update of the evidence.. *The Lancet. Child & adolescent health*.
- Kennedy, G., & Huseth, A. (2022). Pest species respond differently to farm field size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2214082119>
- Kerr, J. (2020). Racing against change: understanding dispersal and persistence to improve species' conservation prospects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2061>
- Keyes, A., McLAUGHLIN, J., Barner, A., & Dee, L. (2021). An ecological network approach to predict ecosystem service vulnerability to species losses. *Nature Communications*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21824-x>

- Keyes, A., McLAUGHLIN, J., Barner, A., & Dee, L. (2021). An ecological network approach to predict ecosystem service vulnerability to species losses. *Nature Communications*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21824-x>
- Khan, F., & Ansari, A. (2005). Eutrophication: An ecological vision. *The Botanical Review*, 71, 449-482.
- Khan, I., Hou, F. y Le, H. (2020). El impacto de los recursos naturales, el consumo de energía y el crecimiento de la población en la calidad ambiental: Nueva evidencia de los Estados Unidos de América. *The Science of the total environment*, 754, 142222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142222>
- Khan, N., Vambol, V., Vambol, S., Bolibrukh, B., Sillanpää, M., Changani, F., Esrafil, A., & Yousefi, M. (2021). Hospital effluent guidelines and legislation scenario around the globe: A critical review. *Journal of environmental chemical engineering*, 9, 105874.
- Khazanchi, D., & Bernsteiner, R. (2024). The Role of Digitalization During SupplyChain Disruptions: Lessons from the Experiences of Family-Owned Austrian Firms During the COVID-19 Pandemic. *Proceedings of the International ISCRAM Conference*. <https://doi.org/10.59297/b08tav96>
- Khilchevskiy, V. (2020). GLOBAL WATER RESOURCES: CHALLENGES OF THE 21st CENTURY. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography*. <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2020.76-77.1>
- Khokhlova, A., y Korotayev, A. (2023). Las dimensiones de la desestabilización sociopolítica en la región MENA en una perspectiva global comparada. *Revista de estudios de globalización*. <https://doi.org/10.30884/jogs/2023.01.05>
- Khoury, C., Brush, S., Costich, D., Curry, H., De Haan, S., Engels, J., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K., Miller, A., Nabhan, G., Perales, H., Richards, C., Riggins, C., y Thormann, I. (2021). Erosión genética de los cultivos: comprensión y respuesta a la pérdida de diversidad de los cultivos. *The New phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Kim, J., Thayabaranathan, T., Donnan, G., Howard, G., Howard, V., Rothwell, P., Feigin, V., Norrving, B., Owolabi, M., Pandian, J., Liu, L., Cadilhac, D. y Thrift, A. (2020). Estadísticas globales de accidentes cerebrovasculares 2019. *Revista internacional de accidentes cerebrovasculares*, 15, 819 - 838. <https://doi.org/10.1177/1747493020909545>
- Kim, W., y Sandler, T. (2020). Oriente Medio y el norte de África: terrorismo y conflictos. *Política*

global. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12829>

King, J., (2024). Wheat genetic resources have avoided disease pandemics, improved food security, and reduced environmental footprints: A review of historical impacts and future opportunities. *Global change biology*, 30 8, e17440. <https://doi.org/10.1111/gcb.17440>

Kioto, P. (1997). Protocolo de Kioto. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Kleinberg, J., & Raghavan, M. (2021). Algorithmic monoculture and social welfare. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118. <https://doi.org/10.1145/3603195.3603202>

Kobylińska, M., Antosik, K., Decyk, A., & Kurowska, K. (2021). Malnutrition in Obesity: Is It Possible?. *Obesity Facts*, 15, 19 - 25.

Koçi, J. (2024). Cambio climático y migración forzada. *Revista Europea de Economía, Derecho y Ciencias Sociales*. <https://doi.org/10.2478/ejels-2024-0016>

Kopelman, P. G. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, 404(6778), 635–643.

Köpp-Junk, H. (2022). Water as a social border in Ancient Egypt. *Les frontières de l'eau*. <https://doi.org/10.35562/frontieres.1446>

Kor, L., Homewood, K., Dawson, T., & Diazgranados, M. (2021). Sustainability of wild plant use in the Andean Community of South America. *Ambio*, 50, 1681 - 1697. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01529-7>

Kovalchuk, A., & Belinska, G. (2023). CHALLENGES AND PROSPECTS FOR THE UKRAINIAN AGRICULTURAL SECTOR: SEARCHING FOR EXPORT OPPORTUNITIES AND COOPERATION WITH THE EU. PROBLEMS OF SYSTEMIC APPROACH IN THE ECONOMY <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2023-3-2>

Kranke, M. (2020). IMF -World Bank Cooperation Before and After the Global Financial Crisis. *Global Policy*, 11, 15-25. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12743>

Krashevskaya, V., Stiegler, C., June, T., Widayastuti, R., Knohl, A., Scheu, S., & Potapov, A. (2022). Land-use change shifts and magnifies seasonal variations of the decomposer system in lowland tropical landscapes. *Ecology and Evolution*, 12. <https://doi.org/10.1002/ece3.9020>

Krasner, S. (1976). State Power and the Structure of International World Trade Politics, 28, 317 - 347. <https://doi.org/10.2307/2009974>

Krawinkel, M. (2003). Kwashiorkor is still not fully understood. *Bulletin of the World Health*

Organization, 81(12), 910–911

- Kreuzig, R., Hartmann, C., Teigeler, J., Hölte, S., Cvetković, B., & Schlag, P. (2010). Development of a novel concept for fate monitoring of biocides in liquid manure and manured soil taking 14C-imazalil as an example.. *Chemosphere*, 79 11, 1089-94.
- Krishan, A., Yadav, S., & Srivastava, A. (2023). Water Pollution's Global Threat to Public Health: A Mini-Review. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.32628/ijrsrset2310643>
- Krüger, C., Lourenção, M., Guimarães, F., Meneguzzo, M., Passador, C., & Caldana, (2023). Development of a cross-border regional brand management model: an analysis of its applicability in the Brazil–Argentina and Italy–Austria bordering localities. *Journal of Place Management and Development*. <https://doi.org/10.1108/jpmd-11-2022-0110>
- Krut, M. (2023). Innovations on scientific support of plant breeding for resistance against diseases and pests. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Plant Protection and Quarantine*. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.197-207>
- Kuang, X., Liu, J., Scanlon, B., Jiao, J., Jasechko, S., Lancia, M., Biskaborn, B., Wada, Y., Li, H., Zeng, Z., Guo, Z., Yao, Y., Gleeson, T., Nicot, J., Luo, X., Zou, Y. y Zheng, C. (2024). La naturaleza cambiante de las aguas subterráneas en el cicloglobal del agua. *Ciencia*, 383. <https://doi.org/10.1126/science.adf0630>
- Kumar, M., Raut, R., Gunasekaran, A., Venkateshwarlu, M., & Choubey, V. (2024). Developing Supply Chain Capabilities Through Digitalization and Viability for Controlling the Ripple Effect. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 10341-10357. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3233860>
- Kumar, P. (2024). Relocation of Indigenous Tribes: Socio-Ecological Implications and Environmental Concerns. *Shanlax International Journal of English*. <https://doi.org/10.34293/english.v12is1-feb.7446>
- Kumari, D. (2022). El papel del empoderamiento de las mujeres en el logro de la transformación social y el desarrollo sostenible. *Revista internacional de investigación multidisciplinaria y evaluación del crecimiento*. <https://doi.org/10.54660/anfo.2022.3.6.5>
- Kuo, T., y Smith, S. (2018). Una revisión sistemática de tecnologías que involucran ecoinnovación para empresas que avanzan hacia la sostenibilidad. *Journal of Cleaner Production* . <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.04.212>

- Kuppusamy, S., Thavamani, P., Venkateswarlu, K., Lee, Y., Naidu, R., & Megharaj, M. (2017). Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions.. *Chemosphere*, 168, 944-968.
- Kuttippurath, J., Murasingh, S., Stott, P., Sarojini, B., Jha, M., Kumar, P., Nair, P., Varikoden, H., Raj, S., Francis, P. y Pandey, P. (2020). Cambios observados en las precipitaciones durante el último siglo (1901-2019) en el lugar más húmedo de la Tierra. *Environmental Research Letters*, 16. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abcf78>
- Kuyah, S., Whitney, C., Jonsson, M., Sileshi, G., Öborn, I., Muthuri, C., & Luedeling, E. (2019). Agroforestry delivers a win-win solution for ecosystem services in sub-Saharan Africa. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0589-8>
- La desigualdad en la distribución de los ingresos » - Le Monde diplomatique en español. (s. f.). <https://mondiplo.com/la-desigualdad-en-la-distribucion-de-los-ingresos> La economía mundial se estabiliza, pero persiste la debilidad, según los economistas jefe.
- (2024, 17 octubre). Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/stories/2024/10/la-economia-mundial-se-estabiliza-pero-la-debilidad-persiste-las-perspectivas-economicas-segun-los-economistas-jefe> La importancia de los tratados internacionales. (s. f.). Default. <https://laconstituciondelaconfianza.cl/articulo/la-importancia-de-los-tratados-internacionales>
- La participación y la productividad impulsarán el PIB a largo plazo. (2018). Emerald Expert Briefings. <https://doi.org/10.1108/oxan-db239167>
- La República. (12 de febrero de 2024). Perú construirá puerto espacial en Talara: ¿Cuánto costará y cuáles son los beneficios del proyecto? La República. <https://larepublica.pe/economia/2024/02/12/peru-construira-puerto-espacial-en-talara-cuanto-costara-y-cuales-son-los-beneficios-del-proyecto-piura-mindef-atmp-1172640>
- La República. (2024). ¿Por qué la NASA escogió a Perú como el país clave para construir el megapuerto espacial más grande de América Latina?. <https://larepublica.pe>
- La República. (2024). Nuevo puerto espacial de Talara se construirá en Perú y tiene apoyo de EE. UU. y la NASA: ¿Qué se sabe del proyecto?. <https://larepublica.pe>
- La República. (2024). Nuevo puerto espacial de Talara se construirá en Perú y tiene apoyo de EE.

UU. y la NASA: ¿Qué se sabe del proyecto?. <https://larepublica.pe>

Laird, S., Wynberg, R., Rourke, M., Humphries, F., Muller, M., & Lawson, C. (2020). Rethink the expansion of access and benefit sharing. *Science*, 367, 1200 - 1202. <https://doi.org/10.1126/science.aba9609>

Lampitt, R., Boorman, B., Brown, L., Lucas, M., Salter, I., Sanders, R., Saw, K., Seeyave, S., Thomalla, S., & Turnewitsch, R. (2008). Particle export from the euphotic zone: Estimates using a novel drifting sediment trap, ^{234}Th and new production. *Deep Sea Research*, 55, 1484-1502. Langhammer, P (2024). The positive impact of conservation action. *Science*, 384, 453 -458. <https://doi.org/10.1126/science.adj6598>

Larissa Maiara da Fonseca Santos; Rosângela Aguilar da Silva (2021) Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde. São Paulo: Governo do Estado. Dra. Mary Orias Vásquez (2020) Intoxicación por organofosforados. Somea

Larocque, F. (2020). ¿Quiénes lucharon por el agua y por qué lucharon? Un análisis comparativo de los conflictos abiertos por el agua en cuatro países sudamericanos entre 2000 y 2011. <https://doi.org/10.4000/ideas.7724>

Lee, H. (2023). Ex situ Conservation Efforts for Plant Diversity Protection with A Focus on Seeds. *The Open Agriculture Journal*. <https://doi.org/10.2174/18743315-v17-230822-2023-15>

Lee, W., Rocha, N., & Ruta, M. (2021). Trade Facilitation Provisions in Preferential Trade Agreements: Impact on Peru's Exporters. *Policy Research Working Papers*. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-9674>

Legge, S., Rumpff, L., Garnett, S., & Woinarski, J. (2023). Loss of terrestrial biodiversity in Australia: Magnitude, causation, and response. *Science*, 381, 622 - 631. <https://doi.org/10.1126/science.adg7870>

Lenné, J. (2023). Current agricultural diversification strategies are already agroecological. *Outlook on Agriculture*, 52, 273 - 280. <https://doi.org/10.1177/00307270231199796>

Lenné, J., & Wood, D. (2022). Monodominant natural vegetation provides models for nature-based cereal production. *Outlook on Agriculture*, 51, 11 - 21. <https://doi.org/10.1177/00307270221078022>

Lennon, B., Dunphy, N., & Sanvicente, E. (2019). Community acceptability and the energy transition: a citizens' perspective. *Energy, Sustainability and Society*, 9, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0218-z>

- Lessa, E., y Smith, F. (2023). El papel actual y futuro de la ASM en el cumplimiento del Protocolo de Nagoya. *Journal of Mammalogy*, 104, 444-445. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyad022>
- Levin, Y. (2023). Financial Globalization: Theoretical and Practical Aspects of Capital Market Imbalances. *Journal of Law and Administration*. <https://doi.org/10.24833/2073-8420-2023-2-67-71-78>
- Levis, C., Costa, F. R. C., & Peres, C. A. (2017). The contribution of forests to carbon sequestration in the Amazon: A critical review of recent studies. *Global Change Biology*, 23(10).
- Lévy, J. (2020). Las fuerzas impulsoras de las principales transiciones de la sociedad humana. EPJ Web of Conferences . <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024401006>.
- Li, B., & Jiang, B. (2021). Responses of forest structure, functions, and biodiversity to livestock disturbances: A global meta-analysis. *Global Change Biology*, 27, 4745-4757. <https://doi.org/10.1111/gcb.15781>
- Li, H., Chen, J., Peñuelas, J., Sardans, J., Collins, S., Yu, K., Song, C., & Ye, J. (2024). Water limitation drives species loss in grassland communities after nitrogen addition and warming.. *Proceedings. Biological sciences*, 291, 2031, 20240642. <https://doi.org/10.1098/rspb.2024.0642>
- Li, T., Wu, M., Duan, C., Li, S., & Liu, C. (2021). The effect of different restoration approaches on vegetation development in metal mines.. *The Science of the total environment*, 150626. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150626>
- Li, X., Zhou, Y., Eom, J., Yu, S. y Asrar, G. (2019). Proyección del crecimiento del área urbana global hasta 2100 con base en datos de series temporales históricas y futuras trayectorias socioeconómicas compartidas. *Earth's Future*, 7, 351-362. <https://doi.org/10.1029/2019EF001152>
- Li, Y., Tang, C., Huang, Z., Hussain, Z., Are, K., Abegunrin, T., Qin, Z., & Guo, H. (2020). Increase in farm size significantly accelerated stream channel erosion and associated nutrient losses from an intensive agricultural watershed. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106900>
- Liang, Y., Rudik, I., & Zou, E. (2021). Economic Production and Biodiversity in the United States. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.3386/w29357>
- Liang, Z., Yan, C., Rtimi, S., & Bandara, J. (2019). Piezoelectric materials for

- catalytic/photocatalytic removal of pollutants: Recent advances and outlook. *Applied Catalysis B: Environmental*.
- Liao, S., Hsieh, C., Li, K., Tsai, S., Tseng, J., Li, J., & Lin, C. (2014). Storage lifetime management and thermal hazard assessment of thermally reactive material. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 116, 205-214.
- Liliana, G. Z., & Liliana, G. Z. (s. f.). Medio ambiente, Constitución y tratados en Chile. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0041-86332017000100113&script=sci_arttext
- Lin, B. (2011). Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change., 61, 183 - 193. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.4>
- Lin, C., Li, J., Tseng, J., & Mannan, M. (2016). Thermal runaway reaction for highly exothermic material in safe storage temperature. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries*, 40, 259-265.
- Liu, L. (2009). The safe storage study of autocatalytic reactive chemicals.
- Liu, X., Liu, J., Huang, J., Chen, Y., Zhang, L., Qi, Y., Li, W., & Zhu, Y. (2023). Response of Soil Aggregate Stability to Phosphorus, Nitrogen, and Organic Fertilizer Addition: A Meta-Analysis. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151310601>
- Liu, X., Xu, Y., Engel, B., Sun, S., Zhao, X., Wu, P. y Wang, Y. (2021). El impacto de la urbanización y el envejecimiento en la seguridad alimentaria en los países en desarrollo: la perspectiva desde el noroeste de China. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126067. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126067>
- Liu, Y., Li, N., Zhang, Z., Huang, C., Chen, X., & Wang, F. (2020). Climate Change Effects on Agricultural Production: The Regional and Sectoral Economic Consequences in China. *Earth's Future*, 8. <https://doi.org/10.1029/2020EF001617>
- Liu, Z. (2023). Comparación del crecimiento de la población urbana: los países menos desarrollados en los últimos 50 años y la Gran Bretaña del siglo XIX. *Apuntes de clase sobre psicología de la educación y medios públicos* . <https://doi.org/10.54254/2753-7048/30/20231667>
- Loayza, N., & Rigolini, J. (2016). The Local Impact of Mining on Poverty and Inequality: Evidence from the Commodity Boom in Peru. *World Development*, 84, 219-234. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2016.03.005>

- López, A., Jiménez Aliaga, J. D., & Pérez Nueva, Y. (2019). Impacto social del desarrollo de la industria azucarera en la región del Guacanáyabo (1902-1934). [Revisión histórica]. <https://consensus.app/papers/impacto-social-del-desarrollo-de-la-industria-azucarera-en-lopez-aliaga/6e216f0af03d588081120c7b94f028a9/>
- López, E. C. (2001). Industria y planificación urbana: El caso de Logroño. [Estudio de caso]. <https://consensus.app/papers/industria-y-planificaci3n-urbana-el-caso-de-logro3n-lopez/8a9fe9cdf8d357b7a7eaf907610d8b06/>
- López, M., Veigas, M., & Iglesias, G. (2015). On the wave energy resource of Peru. *Energy Conversion and Management*, 90, 34-40. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMA.2014.11.012>
- Lorandi, L. G. (2024, marzo 22). Invertir en la Naturaleza es necesario para un futuro próspero. Grupo Milenio. Los principales retos sostenibles que están enfrentando las empresas. (2024, noviembre 11) *El Economista*.
- Lu, H., Shang, Z., Ruan, Y., y Jiang, L. (2023). Estudio sobre la expansión urbana y los cambios en la densidad de población basados en la función inversa en forma de S. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151310464>
- Lu, Y., Khan, Z., Alvarez-Alvarado, M., Zhang, Y., Huang, Z., & Imran, M. (2020). A Critical Review of Sustainable Energy Policies for the Promotion of Renewable Energy Sources. *Sustainability*, 12, 5078. <https://doi.org/10.3390/su12125078>
- Lucha contra el cambio climático y uso sostenible de los recursos naturales son ejes prioritarios del Gobierno. (s. f.). Noticias - Ministerio del Ambiente - Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/698838-lucha-contraelcambio-climaticoy-uso-sostenible-de-los-recursos-naturales-son-ejes-prioritarios-del-gobierno>
- Lueddeke, G. (2018). El mundo en 2050. Supervivencia: una salud, un planeta, un futuro. <https://doi.org/10.4324/9780429444081-8>
- Lundquist, N., Gascooke, J., Albuquerque, I., Shapter, J., Andersson, G., Lewis, D., Bernardes, G., & Chalker, J. (2018). Sustainable Polysulfides for Oil Spill Remediation
- Luo, X., Li, W., Liang, Z., Liu, Y. y Fan, D. (2023). Desinfección portátil de agua a granel mediante captura viva de bacterias con grafito poroso de ramificación divergente en campos eléctricos. *ACS nano*. <https://doi.org/10.1021/acsnano.2c1222>
- Luque-Ramos, L. (2021). Analysis of the deforestation of the Peruvian Amazon: Madre de Dios.

- Revista Innova Educación. <https://consensus.app/papers/analysis-of-the-deforestation-of-the-peruvian-amazon-madre-luque-ramos/070969bb53aa5420b50b069444251d9e/>
- Lvova, I., & Osipov, M. (2019). Goals of commercial education and their attainment: discussions at the end of nineteenth – beginning of twentieth centuries. Proceedings the Third International Economic Symposium (IES 2018). <https://doi.org/10.2991/ies-18.2019.41>
- Lynch, A., Cooke, S., Arthington, A., Baigún, C., Bossenbroek, L., Dickens, C., Harrison, I., Kimirei, I., Langhans, S., Murchie, K., Olden, J., Ormerod, S., Owuor, M., Raghavan, R., Samways, M., Schinegger, R., Sharma, S., Tachamo-Shah, R., Tickner, D., Tweddle, D., Young, Lysyuk, V. (2021). THE NATIONAL ECONOMY MANAGEMENT MODEL IN THE CONTEXT OF GLOBAL EXPERIENCE. Odessa National University Herald. Economy. <https://doi.org/10.32782/2304-0920/5-90-4>
- Machałowski, T., Wysokowski, M., Petrenko, I., Fursov, A., Rahimi-Nasrabadi, M., Amro, M., Meissner, H., Joseph, Y., Fazilov, B., Ehrlich, H., & Jesionowski, T. (2020). Naturally pre-designed biomaterials: Spider molting cuticle as a functional crude oil sorbent. Journal of environmental management, 261, 110218.
- Mackay, J., Barrand, N., Hannah, D., Krause, S., Jackson, C., Everest, J., MacDonald, A., & Dochartaigh, O. (2020). Proglacial groundwater storage dynamics under climate change and glacier retreat. Hydrological Processes, 34, 5456 - 5473. <https://doi.org/10.1002/hyp.13961>
- Maestre, F., (2022). Grazing and ecosystem service delivery in global drylands. Science, 378, 915 - 920. <https://doi.org/10.1126/science.abq4062>
- Magioli, M., Ferraz, K., Chiarello, A., Galetti, M., Setz, E., Paglia, A., Abrego, N., Ribeiro, M., & Ovaskainen, O. (2021). Land-use changes lead to functional loss of terrestrial mammals in a Neotropical rainforest. Perspectives in Ecology and Conservation. <https://doi.org/10.1016/J.PECON.2021.02.006>
- Mahanayak, B., & O. (2024). Conservación ex situ e in situ de la vida silvestre. Revista mundial de biología, farmacia y ciencias de la salud. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2024.18.3.0371>
- Mahaut, L., Violle, C., & Renard, D. (2021). Complementary mechanisms stabilize national food production. Scientific Reports, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84272-z>
- Mahdi, S., Hassan, G., Samoon, S., Rather, H., Dar, S., & Zehra, B. (2010). Bio-fertilizers in Organic Agriculture. The Journal of Phytology, 2, 42-54.
- Maina, F. y Kumar, K. (2023). Tendencias divergentes en la lluvia sobre nieve en las alturas montañosas

- de Asia. *Earth's Future*, 11. <https://doi.org/10.1029/2022EF003009>
- Maity, D., Gupta, U., & Saha, S. (2022). Biosynthesized metal oxide nanoparticles for sustainable agriculture: next-generation nanotechnology for crop production, protection and management. *Nanoscale*.
- Maja, M., y Ayano, S. (2021). El impacto del crecimiento demográfico en los recursos naturales y la capacidad de los agricultores para adaptarse al cambio climático en los países de bajos ingresos. *Earth Systems and Environment*, 5, 271 - 283. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00209-6>
- Malavolta, M. D. R. (2021). Evaluación del efecto de la aplicación foliar de bacillus thuringiensis y bacillus subtilis sobre la producción del cultivo de trigo en el partido de Junín, provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires.
- Malnutrition/Cachexia/Sarcopenia in Oncology According to Different Cancer Types and Settings: A Narrative Review. *Nutrients*, 13.
- Mancini, D., Lavorato, D. y Piedepalumbo, P. (2023). Il contributo di Management Control alla ricerca su tecnologie digitali e sostenibilità. *CONTROL DE GESTIÓN*. <https://doi.org/10.3280/maco2023-002001>
- Manes, S., Costello, M., Beckett, H., Debnath, A., Devenish-Nelson, E., Grey, K., Jenkins, R., Khan, T., Kiessling, W., Krause, C., Maharaj, S., Midgley, G., Price, J., Talukdar, G., & Vale, M. (2021). Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance. *Biological Conservation*, 109070. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2021.109070>
- Manes, S., Costello, M., Beckett, H., Debnath, A., Devenish-Nelson, E., Grey, K., Jenkins, R., Khan, T., Kiessling, W., Krause, C., Maharaj, S., Midgley, G., Price, J., Talukdar, G., & Vale, M. (2021). Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance. *Biological Conservation*, 109070. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2021.109070>
- Manjula.B.C, Shilpa.B.S, & Sundaresh. M. (2022). Analysis of Cryptocurrency, Bitcoin and the Future. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 1(7), 1293–1302. <https://doi.org/10.55927/eajmr.v1i7.803>
- Mansfield, E., & Reinhardt, E. (2008). International Institutions and the Volatility of International Trade. *International Organization*, 62, 621 - 652. <https://doi.org/10.1017/S00208183080>

80223

- Mantellini, S., Picotti, V., Al-Hussainy, A., Marchetti, N., & Zaina, F. (2024). Development of water management strategies in southern Mesopotamia during the fourth and third millennium B.C.E. *Geoarchaeology*, 39, 268 - 299. <https://doi.org/10.1002/gea.21992>
- Mantyka-Pringle, C., Martin, T., & Rhodes, J. (2012). Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, 18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02593.x>
- Manuel, N. V. E. (2023, 2 diciembre). Plan estratégico de comunicación asertiva, para prevenir conflictos sociales en los proyectos de explotación de recursos mineros del Perú, 2023. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36087>
- Marian, F., Castillo, P., Armijos, C., Günter, S., Maraun, M., & Scheu, S. (2020). Conversion of Andean montane forests into plantations: Effects on soil characteristics, microorganisms, and microarthropods. *Biotropica*, 52, 1142 - 1154. <https://doi.org/10.1111/btp.12813>
- Marini, L., St-Martin, A., Vico, G., Baldoni, G., Berti, A., Blecharczyk, A., Małecka-Jankowiak, I., Morari, F., Sawińska, Z., & Bommarco, R. (2020). Crop rotations sustain cereal yields under a changing climate. *Environmental Research Letters*, 15. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc651>
- Marino-Jiménez, M., Flores-Núñez, A., Rivas-Sucari, H., & Vásquez-Espinoza, P. (2023). Myth and Identity: A Compilation of Oral Traditions in a University Context from Peru. *Journal of Intercultural Studies*, 44, 833 - 848. <https://doi.org/10.1080/07256868.2023.2229258>
- Mark, B. G., & Seltzer, G. O. (2005). Evaluation of recent glacier recession in the Cordillera Blanca, Peru (AD 1962-1999): spatial distribution of mass loss and climatic forcing. *Quaternary Science Reviews*, 24(20-21), 2265–2280. <https://consensus.app/papers/evaluation-of-recent-glacier-recession-in-the-cordillera-mark-seltzer/91bd37a3e2255dcb9a2d02bd480d4199/>
- Marques, M., Anjos, L., & Delgado, A. (2022). Land Recovery and Soil Management with Agroforestry Systems., 12. <https://doi.org/10.3389/sjss.2022.10457>
- Marsh, C., (2024). Logging alters tropical forest structure, while conversion to agriculture reduces biodiversity and functioning. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2022.12.15.520573>
- Martín, M. (2016). El impacto del cambio climático en los ecosistemas marinos de América Latina. *Revista Clío América*, 15(2). <https://umapp002.unimagdalena.edu.co/plugins/gene>

- ric/pdfJsViewer/pdf.js/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Fumapp002.unimagdalena.edu.co%2Findex.php%2Fclioamerica%2Farticle%2Fdownload%2F400%2F364%2F940
- Martínez, M. (2022, 16 septiembre). Noticia de EUDE Business School para la fecha 16/09/2022. PE - Eude Business School. <https://www.eude.pe/blog/2022/09/16/que-es-el-flujo-circular-de-la-renta-y-como-afecta-a-la-economia/>
- Martins-Oliveira, A., Zanin, M., Canale, G., Costa, C., Eisenlohr, P., De Melo, F., & Melo, F. (2021). A global review of the threats of mining on mid-sized and large mammals. *Journal for Nature Conservation*, 62, 126025. <https://doi.org/10.1016/J.JNC.2021.126025>
- Martyniuk, E., & Haska, A. (2021). Implementation of the Nagoya Protocol in Livestock Sector: What Have We Learnt So Far?. *Animals : an Open Access Journal* from MDPI, 11. <https://doi.org/10.3390/ani11082354>
- Marukawa, T. (2021). Dependence and competition: trade relationship between Asian countries and China. *Journal of Contemporary East Asia Studies*, 10, 246 -261. <https://doi.org/10.1080/24761028.2021.1937841>
- Mashrabovich, T., & Toxtasinovna, U. (2024). AGRO INDUSTRIAL CLUSTERS AS A FORM OF INNOVATIVE DEVELOPMENT IN THE INDUSTRY. *Research. International Journal of Advance Scientific* <https://doi.org/10.37547/ijasr-04-03-4>
- Matarese, L., & Charney, P. (2017). Capturing the Elusive Diagnosis of Malnutrition. *Nutrition in Clinical Practice*, 32, 11–14.
- Mataveli, G., et al. (2022). Mining is a growing threat within indigenous lands of the Brazilian Amazon. *Remote Sensing*. <https://consensus.app/papers/mining-is-a-growing-threat-within-indigenous-lands-of-the-matavelichaves/694e8c85db3353f6aab75c25c00901fc/>
- Matos, C., Bentes, I., y Santos, C. (2024). Sistema de captación de agua de lluvia para edificios industriales: el caso de estudio de la antena Continental Advanced, Vila Real, Portugal. *Sustentabilidad*. <https://doi.org/10.3390/su1611465>
- Matthew, R., Hsiao, E., Billon, P., & Saintz, G. (2022). Species on the Move: Environmental Change, Displacement and Conservation. *Annals of the American Association of Geographers*, 112, 654 - 663. <https://doi.org/10.1080/24694452.2021.1999200>
- Mayani-Parás, F., Botello, F., Castañeda, S., Munguía-Carrara, M., & Sánchez-Cordero, V. (2020). Cumulative habitat loss increases conservation threats on endemic species of terrestrial vertebrates in Mexico. *Biological Conservation*, 108864.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108864>

Mazlova, E., & Merisidi, I. (2020). Oil and Petroleum Spill Waste Management Problems. Ecology and Industry of Russia.

Mbizvo, M., Bellows, N., Rosen, J., Mupeta, S., Mwiche, C. y Bellows, B. (2019). Planificación familiar en Zambia: un pilar de inversión para el desarrollo económico. Gates Open Research, 3, 1459. <https://doi.org/10.12688/gatesopenres.12989.1>

McAndrew, W. (2020). National versus Local Production. Public Finance Review, 46, 926 - 948. <https://doi.org/10.1177/1091142117692874>

McCool, W., Coddling, B., Vernon, K., Wilson, K., Yaworsky, P., Marwan, N. y Kennett, D. (2022). La presión poblacional inducida por el cambio climático genera altas tasas de violencia letal en los Andes centrales prehispánicos. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América, 119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117556119>

McCouch, S., Navabi, K., Abberton, M., Anglin, N., Barbieri, R., Baum, M., Bett, K., Booker, H., Brown, G., Bryan, G., Cattivelli, L., Charest, D., Eversole, K., Freitas, M., Ghamkhar, K., Grattapaglia, D., Henry, R., Inglis, M., Islam, T., Kehel, Z., Kersey, P., Kresovich, S., Marden, E., Mayes, S., Ndjiondjop, M., Nguyen, H., Paiva, S., Papa, R., Phillips, P., Rasheed, A., Richards, C., Rouard, M., Sampaio, M., Scholz, U., Shaw, P., Sherman, B., Staton, S., Stein, N., Svensson, J., Tester, M., Valls, J., Varshney, R., Visscher, S., Von Wettberg, E., Waugh, R., Wenzl, P., & Rieseberg, L. (2020). Mobilizing Crop Biodiversity. Molecular plant. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.08.011>

Mcneely, J. (2021). How to conserve biological diversity: Perspectives from Ambio. Ambio, 50, 957 - 961. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01479-6>

McWilliam, S., Kim, J., Mudambi, R., & Nielsen, B. (2020). Global value chain governance: Intersections with international business. Journal of World Business, 55, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2019.101067>

Meer, T. (2020). CULT OF WATER IN ANCIENT GREECE AND ROME. BRIDGES AND HYDRAULIC STRUCTURES AND., 43-55. <https://doi.org/10.37770/2712-7656-2020-4-43-55>

Meliantsev, V. (2023). Cómo alcanzar y superar el crecimiento de los países en desarrollo: dimensiones, factores, problemas y perspectivas. Parte 2. Asia y África hoy.

<https://doi.org/10.31857/s032150750027153-0>

Meliantsev, V. (2023). Cómo alcanzar y superar el crecimiento de los países en desarrollo: dimensiones, factores, problemas y perspectivas. Parte 1. Asia y África hoy. <https://doi.org/10.31857/s032150750026562-0>

Mendoza, J. C. L. (2024). Incidencia de factores socioeconómicos y culturales en la propagación de la infección por SARS-CoV-2 en las regiones peruanas. *Acta Universitaria*, 34, 1-13. <https://doi.org/10.15174/au.2024.4002>

Mendoza, S. R. (2023, 26 junio). Matrimonios disminuyen y divorcios aumentan: ¿cuántas parejas de esposos decidieron ponerle fin a su relación en lo que va del 2023? INFORME. El Comercio Perú. <https://elcomercio.pe/lima/matrimonios-disminuyen-y-divorcios-aumentan-cuantas-parejas-de-esposos-decidieron-ponerle-fin-a-su-relacion-en-lo-que-va-de-2023-informe-familia-pareja-separacion-2020-2021-2022-noticia>

Meng, J. (2022). Efecto de la inversión en salud pública en el crecimiento económico y su impacto en el entorno vital. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/219225>

Meng, K. (2024). Desarrollo económico y urbanización. Avances en economía, gestión y ciencias políticas. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/101/20231668>

Met Office. (2024, October 30). How is our changing climate affecting nature?. Met Office.

Meys, R., Frick, F., Westhues, S., Sternberg, A., Klankermayer, J., & Bardow, A. (2020). Towards a circular economy for plastic packaging wastes – the environmental potential of chemical recycling. *Resources Conservation and Recycling*, 162, 105010.

Meza-Joya, F., Morgan-Richards, M., Koot, E., & Trewick, S. (2023). Global warming leads to habitat loss and genetic erosion of alpine biodiversity. *Journal of Biogeography*, 50, 961 - 975. <https://doi.org/10.1111/jbi.14590>

Michalk, D., Kemp, D., Badgery, W., Wu, J., Zhang, Y., & Thomassin, P. (2018). Sustainability and future food security—A global perspective for livestock production. *Land Degradation & Development*, 30, 561 - 573. <https://doi.org/10.1002/ldr.3217>

Miles, L., Grainger, A., Phillips, O., Baker, T., & Lovett, J. (2004). The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia. *Global Ecology and Biogeography*, 13(6), 553–565. <https://consensus.app/papers/the-impact-of-global-climate-change-on-tropical-forest-miles-rainger/bfc438be1bca5568aac4a14fcdcf38e3/>

- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
- Mills, R. (2020). Un delicado equilibrio: la geopolítica de la transición energética global en la región MENA. *La geopolítica de la transición energética global*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_6
- Mind the Graph. (s.f.). Ciencias básicas vs. aplicadas. Recuperado de <https://mindthegraph.com/blog/es/ciencias-basicas-vs-aplicadas/>
- Ministerio de Salud. (2020). Estrategias de manejo de residuos peligrosos en hospitales de Lima-Este. Repositorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (n.d.). Pérdida de bosques. GeoBosques. <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>
- Ministerio del Ambiente de Perú. (n.d.). Pérdida de bosques. GeoBosques. <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. Plataforma del Estado Peruano.
- Mir, M., Saxena, A., Kanth, R., Raja, W., Dar, K., Mahdi, S., Bhat, T., Naikoo, N., Nazir, A., Amin, Z., Mansoor, T., Myint, M., Khan, M., Mohammad, I., & Mir, S. (2022). Role of Intercropping in Sustainable Insect-Pest Management: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i111390>
- Miranda, L. E., Imperatriz-Fonseca, V. L., Ceron, E. M., Miranda, E. P., Peres, C. A., & Fernandes, G. W. (2019). Climate change impact on ecosystem functions provided by frugivorous birds in the Amazon rainforest. *Ecological Indicators*, 102, 24–34. <https://consensus.app/papers/climate-change-impact-on-ecosystem-functions- provided- by- miranda-imperatriz-fonseca/108dfe5f5ba85f2cb339ea127919ee5c/>
- Mishra, A. (2023). EMPODERAMIENTO DE LAS MUJERES: UN ELEMENTO INTEGRAL DEL DESARROLLO SOSTENIBLE. *REVISTA INDIA DE INVESTIGACIÓN PARIPEX*. <https://doi.org/10.36106/paripex/2602956>
- Moberg, F., & Folke, C. (1999). "Ecological goods and services of coral reef ecosystems". *Ecological Economics*, 29(2), 215-233.
- Moder, K., Russo, J., Justiniano, F., Marshall, W., Mcghee, T., Stankovich, R., & Frank, W. Modernel, P. (2018). Livestock farming systems on South American native grasslands: when

- production meets conservation. <https://doi.org/10.18174/462555>
- Modernel, P., Rossing, W., Corbeels, M., Dogliotti, S., Picasso, V., & Tiftonell, P. (2016). Land use change and ecosystem service provision in Pampas and Campos grasslands of southern South America. *Environmental Research Letters*, 11. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/113002>
- Mohan, J., Negi, N., Bharti, B., & Gautam, B. (2024). ORGANIC AND NATURAL ECO-FRIENDLY FARMING: A REVIEW. *Plant Archives*.
- Mohtar, R. (2021). Un nuevo modelo de gestión del agua y el papel de la IWRA en las disputas por el agua. *Water International*. <https://doi.org/10.1080/02508060.2021.1996969>
- Molina, G., y Ortiz-Juarez, E. (2024). El crecimiento a múltiples velocidades ha vuelto, con un punto ciego fiscal. Documentos de trabajo y reseñas de la serie Development Futures del PNUD. <https://doi.org/10.18356/30053307-86>
- Monteiro, M., Bahta, Y., & Jordaan, H. (2024). A Systematic Review on Drivers of Water-Use Behaviour among Agricultural Water Users. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w16131899>
- Montenegro-Ayo, R., Barrios, A., Mondal, I., Bhagat, K., Morales-Gomero, J., Abbaszadegan, M., Westerhoff, P., Perreault, F. y Garcia-Segura, S. (2020). Dispositivo fotoelectrocatalítico portátil para uso en el punto de uso que proporciona una rápida desinfección del agua. *The Science of the total environment*, 737, 140044. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140044>
- Montevecchio, E., Cunya, M., Jorquera, F., Rendon, E., Vásquez-Lavín, F., Stehr, A., & Oliva, R. (2023). Traditional crops and climate change adaptation: insights from the Andean agricultural sector. *Climate and Development*, 15, 723 - 737. <https://doi.org/10.1080/17565529.2022.2151307>
- Montoya-Zumaeta, J., Wunder, S., & Tacconi, L. (2021). Incentive-based conservation in Peru: Assessing the state of six ongoing PES and REDD+ initiatives. *Land Use Policy*, 108, 105514. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2021.105514>
- Morales, L., Robiglio, V., Baca, M., Bunn, C., & Reyes, M. (2022). Planning for Adaptation: A System Approach to Understand the Value Chain's Role in Supporting Smallholder Coffee Farmers' Adaptive Capacity in Peru., 4. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.788369>
- Moran, M. (2024, 26 enero). Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos – Desarrollo Sostenible. *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

inequality/

- Moreno, L., Pozo, M., Vancraeynest, K., Bain, R., Palacios, J., & Jácome, F. (2020). Integración del análisis de la calidad del agua en las encuestas nacionales de hogares: aprendizajes del sector de agua y saneamiento de Ecuador. *npj Clean Water*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0070-x>
- Mortensen, D., & Smith, R. (2020). Confronting Barriers to Cropping System Diversification. 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.564197>
- Mosier, A., Duxbury, J., Freney, J., Heinemeyer, O., Minami, K., & Johnson, D. (1998). Mitigating Agricultural Emissions of Methane. *Climatic Change*, 40, 39–80. <https://consensus.app/papers/mitigating-agricultural-emissions-of-methane-mosier-duxbury/f66ccc1f84c15fce82a2d59999d324f6/>
- Moussaoui, N., & Idelhakkar, B. (2023). THE IMPACT OF OIL SPILLS ON THE ECONOMY AND THE ENVIRONMENT. *European Journal of Economic and Financial*
- Moyer, J., y Hedden, S. (2020). ¿Estamos en el camino correcto para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible? *World Development*, 127, 104749. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104749>
- Muendler, M., Buzard, K., Schroeder, A., & Yoon, A. (1944). International Trade. *Nature*, 154, 298-298. <https://doi.org/10.1038/154298c0>
- Mufadhol, M., Warsito, B., Wibowo, A., Mustafid, M., & Suryono, S. (2022). The Impact of Supply Chain Information System on The Digital Economics and logistics transportation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1083/1/012087>
- Mulyk, T., & Mulyk, Y. (2022). Exports Of Ukrainian Agricultural Products To The European Union: Analytical Assessment, Problems And Prospects. *Three Seas Economic Journal*. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2022-3-8>
- Mundial, B. (2022). Capítulo 1. Los impactos económicos de la pandemia y los nuevos riesgos para la recuperación. En *World Bank*. <https://www.bancomundial.org/es/publication/wdr2022/brief/chapter-1-introduction-the-economic-impacts-of-the-covid-19-crisis>
- MundoMaritimo. (2016) “Terminales Portuarios Chancay inicia construcción de megapuerto al norte de Lima”. <https://mundomaritimo.cl/noticias/terminales-portuarios-chancay-inicia->

construccion-de-megapuerto-al-norte-de-lima#:text=La%20operadora%20Terminales%20Portuarios%20Chancay,de%20unos%20US%241.850%20millones

Muñoz, A., Agama, S., & Saldarriaga, C. (2020). Export Promotion in Peru: A Historical Review., 3. <https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.81>

Murali, P. (1997). The Policy Reforms, Evolution of Domestic Markets Structure and Exports: A Study of Indian Engineering Industry.

Murali, P. (1998). Internal Policy Reforms and Evolution of Market Structure: A Study of Indian Industry.

Murugaragavan, R., Rakesh, S., Yuvaraj, M., & Rangasami, S. (2020). Industrial Waste Water Utilization in Agriculture., 2, 201-202.

Mutebi, C., & Moranga, V. (2022). IMPORTANCE OF BIO FERTILIZERS AS ALTERNATIVE SOIL FERTILITY AMENDMENTS. Bacterial Empire.

Muyali, E. (2024). La eficacia del derecho internacional del agua en la resolución de disputas en cursos de agua compartidos: el caso de la cuenca del río Nilo. Revista internacional de investigación e innovación en ciencias sociales. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2024.806054>

Myers, E., Weiskopf, S., Shiklomanov, A., Ferrier, S., Weng, E., Casey, K., Harfoot, M., Jackson, S., Leidner, A., Lenton, T., Luikart, G., Matsuda, H., Pettoirelli, N., Rosa, D., Ruane, A., Senay, G., Serbin, S., Tittensor, D., & Beard, T. (2021). A New Approach to Evaluate and Reduce Uncertainty of Model-Based Biodiversity Projections for Conservation Policy Formulation.

Myroniuk, V., Bilous, A., Khan, Y., Terentiev, A., Kravets, P., Kovalevskyi, S., & See, L. (2020). Tracking Rates of Forest Disturbance and Associated Carbon Loss in Areas of Illegal Amber Mining in Ukraine Using Landsat Time Series. Remote Sens., 12, 2235. <https://doi.org/10.3390/rs12142235>

Myrskylä, M., Kohler, H., & Billari, F. (2009). Advances in development reverse fertility declines. Nature, 460, 741-743.

Myrskylä, M., Kohler, H., & Billari, F. (2009). Advances in development reverse fertility declines. Nature, 460, 741-743.

Mzury, W., & Abdullah, O. (2022). Penal responsibility of oil companies for environmental pollution. Twejer.

Naciones Unidas. (16/10/2023). Escasez de agua, crisis climática y seguridad alimentaria mundial:

Un llamamiento a la acción. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/escasez-de-agua-crisis-clim%C3%A1tica-y-seguridad-alimentaria-mundial-un-llamamiento-la>

Nagoev, A., Smetanko, A., Rokotyanskaya, V., Lenkov, I., & Gorbachev, V. (2020). Implementation of Supply Chain Management and Strategic Planning in Agri-food Industries. *International Journal of Supply Chain Management*, 9, 683-688.

Nano-Fertilization as an Emerging Fertilization Technique: Why Can Modern Agriculture Benefit from Its Use?. *Plants*, 10.

Nápoles, P. R. (2021). Introducción. *Norteamérica*, 16(2). <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2021.2.519>

Naranjo, J. B. (2024, 9 julio). El impacto de una deslocalización industrial en un departamento de logística. *OBS Business School*. <https://www.obsbusiness.school/blog/el-impacto-de-una-deslocalizacion-industrial-en-un-departamento-de-logistica>

Narváez-Torres, P., Guthrie, N., Brichieri-Colombi, T., Razafindravelo, C., Jacobson, Z., Tera, F., Rafidimanana, D., Rahasivelo, Z., Petersen, M., Ramangason, H., Randall, L., McPherson, J., Frasier, C., Moehrenschrager, A., Holmes, S., Louis, E., & Johnson, S. (2024). Losing lemurs: Declining populations and land cover changes over space and time. *American journal of primatology*, e23615. <https://doi.org/10.1002/ajp.23615>

NASA. (2024). Evidence of Climate Change. Recuperado de <https://climate.nasa.gov/>

Nascimento, E., & Filho, A. (2010). Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 46, 187-198.

National Geographic. (n.d.). La deforestación. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/deforestacion>

National Institute of Environmental Health Sciences. (s.f.). Iniciativa de Limpieza del Derrame de Petróleo. Recuperado de https://tools.niehs.nih.gov/wetp/public/hasl_get_blob.cfm?ID=8616

Navarro-Soto, F., Morote, E., Macha-Huamán, R., & Saavedra-Soplín, E. (2023). Determinants of Peruvian Export Efficiency: Poisson PML Estimation Approach. *Economies*. <https://doi.org/10.3390/economies11060169>

Nazarov, A., Kulikova, E., & Molokova, E. (2024). Economic security through technological

- advancements in agriculture: A pathway to sustainable agro-industrial growth. BIO Web of Conferences. <https://doi.org/10.3390/economies11060169>
- Nazir, M., Saeed, A. y Khattak, S. (2021). Análisis comparativo del nexo entre salud y crecimiento económico: un estudio de caso de Bangladesh, India y Pakistán. *Revista pakistaní de asuntos internacionales*. <https://doi.org/10.52337/pjia.v4i1.153>
- Negari, F. (2024). From Drought to Deity: Borrowing Freshwater Worship in Third Millennium BCE Shahdad. *Studia mythologica Slavica*. <https://doi.org/10.3986/sms20242710>
- Nemiña, P. (2017). Aportes de la Economía Política internacional a la comprensión teórica de la relación entre el FMI y los países en desarrollo. *Civitas - Revista de Ciências Sociais*, 17(1), 11. <https://doi.org/10.15448/1984-7289.2017.1.24570>
- Ngo, J., Ortiz-Andrellucchi, A., & Serra-Majem, L. (2016). Malnutrition: Concept, Classification and Magnitude., 610-630.
- Niether, W., Jacobi, J., Blaser, W., Andres, C., & Armengot, L. (2020). Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. *Environmental Research Letters*, 15. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb053>
- Nieves, J., Aristizabal, A., Dyner, I., Báez, O., & Ospina, D. (2019). Energy demand and greenhouse gas emissions analysis in Colombia: A LEAP model application. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2018.12.051>
- Nigam, J., Raju, T., & Pannala, R. (2023). Performance Evaluation of Irrigation Canals Using Data Envelopment Analysis for Efficient and Sustainable Irrigation Management in Jharkhand State, India. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16145490>
- Niinimäki, K., & Hassi, L. (2011). Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing. *Journal of Cleaner Production*, 19, 1876-1883. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2011.04.020>
- Niman, E. (2023). Eco-Cultural Analysis on Barong Lodok, Manggarai Indonesia. *International Journal of Social Science and Human Research*. <https://doi.org/10.47191/ijsshr/v6-i12-68>
- Ninaquispe, J., Ballesteros, M., Jugo, D., Aguilar, E., De Los Ángeles Guzmán Valle, M., Salinas, L., Chilicaus, G., & Juárez, H. (2024). Agricultural products export strategy: Expanding reach through diversification. *Corporate and Business Strategy Review*. <https://doi.org/10.22495/cbsrv5i4art5>

- Ninaquispe, J., Ballesteros, M., Jugo, D., Aguilar, E., De Los Ángeles Guzmán Valle, M., Salinas, L., Chilicaus, G., & Juárez, H. (2024). Agricultural products export strategy: Expanding reach through diversification. <https://doi.org/10.22495/cbsrv5i4art5>
- Ninaquispe, J., Huatay, K., Jugo, D., María, A., Rodríguez, J., Cruz, F., Aguilar, E., & Arbulú-Ballesteros, M. (2024). Market Diversification and Competitiveness of Fresh Grape Exports in Peru. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16062528>
- Ninaquispe, J., María, A., Jugo, D., Muñoz, W., Rodríguez, J., Elera, B., & Huatay, K. (2024). Peruvian Agro-Exports' Competitiveness: An Assessment of the Export Development of Its Main Products. *Economies*. <https://doi.org/10.3390/economies12060156>
- Ninaquispe, J., María, A., Jugo, D., Muñoz, W., Rodríguez, J., Elera, B., & Huatay, Niranjana, M., Saharan, M., Jha, S., Mallick, N., Raghunandan, K., & , V. (2022). Use of Crop Wild Relatives (CWRs) of Wheat in Disease Resistance Breeding. *Indian Journal of Plant Genetic Resources*. <https://doi.org/10.5958/0976-1926.2022.00062.6>
- NITROGEN. *Ecological Applications*, 8, 559-568. <https://doi.org/10.3390/economies12060156>
- Nitsch, V. (2000). National borders and international trade: evidence from the European Union. *Canadian Journal of Economics*, 33, 1091-1105. <https://doi.org/10.1111/0008-4085.00055>
- No pongas todos los huevos en una misma canasta: perspectivas sociales sobre la desalinización y el reciclaje del agua en Israel. (2022). *Política del agua*. <https://doi.org/10.2166/wp.2022.085>
- Nolte, D. (2020). The Pacific Alliance. *Regionalism Under Stress*. <https://doi.org/10.4324/9780429442186-9>
- Nordlund, C. (2023). Transformations, trajectories, and similarities of national production structures: A comparative fingerprinting approach. *PLOS ONE*, 18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295568>
- Nørgård, B., Catalini, L., Jølving, L., Larsen, M., Friedman, S., & Fedder, J. (2021). The Efficacy of Assisted Reproduction in Women with a Wide Spectrum of Chronic Diseases – A Review. *Clinical Epidemiology*, 13, 477 - 500. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S310795>
- Novedades normativas 2024 en medioambiente y sostenibilidad empresarial. (s/f). *Teimas.com*.
- Nowak, A., Cramer, L., Schuetz, T., Poulos, A., Chang, Y., & Thornton, P. (2022). What does CGIAR do to address climate change? Perspectives from a decade of science on climate change adaptation and mitigation. *Outlook on Agriculture*, 51, 423-434.

<https://doi.org/10.1177/00307270221141455>

- Nunes, S., Gastauer, M., Cavalcante, R., Ramos, S., Caldeira, C., Silva, D., Rodrigues, R., Salomão, R., Oliveira, M., Souza-Filho, P., & Siqueira, J. (2020). Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118120>
- Nunn, N. (2020). The historical roots of economic development. *Science*, 367. <https://doi.org/10.1126/science.aaz9986>
- Núñez-Delgado, A., Sueiro-Blanco, P., Labandeira, S., & Torrijos, R. (2018). Polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations in a waste from fuel oil spill and its mixture with other materials: Time-course evolution. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1910-1917.
- Nureyev, R. (2021). Economía institucional: problemas y perspectivas de análisis de los países en desarrollo., 97-106. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-3\(94\)-97-106](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-3(94)-97-106).
- Obura, D., Agrawal, A., DeClerck, F., Donaldson, J., Dziba, L., Emery, M., Friedman, K., Fromentin, J., Garibaldi, L., Mulongoy, J., Navarrete-Frías, C., Reidl, P., Roe, D., & Timoshyna, A. (2023). Prioritizing sustainable use in the Kunming- Montreal global biodiversity framework. *PLOS Sustainability and Transformation*. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000041>
- O'Connor, D., & Kjölleström, M. (2008). Industrial development for the 21st century. Recuperado de <https://consensus.app/papers/industrial-development-for-the-21st-century-o'connor-kjollerstrom/309f69a53a7c540dbe4d60f40ef7d0cf/>
- Odlin, D. (2019). Domestic competitor influence on internationalizing SMEs as an industry evolves. *Journal of World Business*. <https://doi.org/10.1016/J.JWB.2018.12.003>
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). (s.f.). Derrames de petróleo y mariscos: Hoja de información técnica. Recuperado de <https://oehha.ca.gov/fish/derrames-de-petroleo-y-mariscos-hoja-de-informacion-tecnica>
- Ojovan, M., & Steinmetz, H. (2022). Approaches to Disposal of Nuclear Waste. *Energies*.
- Okafor, C., Madu, C., Ajaero, C., Ibekwe, J., & Nzekwe, C. (2021). Sustainable management of textile and clothing. *Clean Technologies and Recycling*. <https://doi.org/10.3934/ctr.2021004>
- Öllerer, K., Varga, A., Kirby, K., Demeter, L., Biró, M., Bölöni, J., & Molnár, Z. (2019). Beyond the obvious impact of domestic livestock grazing on temperate forest vegetation – A global

- review. *Biological Conservation*. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2019.07.007>
- Oluwajuwon, T., Chazdon, R., Ota, L., Gregorio, N., & Herbohn, J. (2024). Bibliometric and literature synthesis on assisted natural regeneration: an evidencebase for forest and landscape restoration in the tropics. *Frontiers in Forests and Global Change*. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1412075>
- Oluwaseun, A., Oluwapemib, O. y Zurnia, O. (2022). Análisis numérico de los modelos de crecimiento de Malthus y Verhulst utilizando el método de bloques parapredicir la población nacional.
- Onishchuk, M., & Kushnir, S. (2023). INVESTMENT OPPORTUNITIES IN EMERGING MARKETS: RISKS AND PROSPECTS. PROBLEMS OF SYSTEMIC APPROACH IN THE ECONOMY. <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2023-2-18>
- Ormeño, T., & Chueca, F. (2022). CONTRAPUNTO ENTRE MITAS: TRABAJO MITAYO EN LA SIERRA Y LA COSTA, LA CIUDAD Y EL CAMPO EN EL PERÚ COLONIAL. *Diálogo andino*. <https://doi.org/10.4067/s0719-26812022000300091>
- Osorio, J. (2024). Between history and literature: Mediation in the Political Languages of Indigenism in Peru (1919-1928). <https://doi.org/10.7440/histcrit92.2024.03>
- Oxfam, E. (2021b, mayo 10). Desigualdad económica en el mundo: consecuencias y mucho por hacer. *Ingredientes Que Suman*. <https://blog.oxfamintermon.org/desigualdad-economica-en-el-mundo- consecuencias-y- mucho-por-hacer/>
- P., Das, A., Jinger, D., Rajpoot, S., Sannagoudar, M., Kumar, A., Bhupenchandra, I., Tyagi, V., Joshi, E., Kumar, K., Dwivedi, P., & Rajawat, M. (2022). Microbes- mediated integrated nutrient management for improved rhizo-modulation, pigeonpea productivity, and soil bio-fertility in a semi-arid agro-ecology. *Frontiers in Microbiology*, 13.
- Pacheco, M. (2022). The Political Economy of Trade Barriers in Peru. *Apuntes del Cenés*. <https://doi.org/10.19053/01203053.v41.n74.2022.13961>
- Padilla, G. (2021). Trade Creation and Diversion Effects under the Free Trade Agreement between Peru and the United States: A Gravitational Analysis. *Economía*. <https://doi.org/10.18800/economia.202102.001>
- Padrón, R., Gudmundsson, L., Decharme, B., Ducharne, A., Lawrence, D., Mao, J., Peano, D., Krinner, G., Kim, H. y Seneviratne, S. (2020). Cambios observados en la disponibilidad de agua durante la estación seca atribuidos al cambio climático inducido por el hombre.

- Naturaleza Geociencia, 13, 477-481. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0594-1>
- Paganelli, D., Bellati, A., Gazzola, A., Bracco, F., & Pellitteri-Rosa, D. (2024). Impacts, Potential Benefits and Eradication Feasibility of Aquatic Alien Species in an Integral Natural State Reserve. *Biology*, 13. <https://doi.org/10.3390/biology13010064>
- Paijmans, A., Stoffel, M., Goldsworthy, S., Guinet, C., Lydersen, C., Kovacs, K., & Lowther, A. (2020). The genetic legacy of extreme exploitation in a polar vertebrate. *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61560-8>
- Pal, S., & Chakraborty, R. (2018). Modeling of water induced surface soil erosion and the potential risk zone prediction in a sub-tropical watershed of Eastern India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5, 369- 393. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0540-z>
- Palmero, F., & Laxe, F. (2021). The financialisation of the fishing industry. *European Journal of Government and Economics*. <https://doi.org/10.17979/ejge.2021.10.1.7444>
- Palomino, R., & Nebra, S. (2012). The potential of natural gas use including cogeneration in large-sized industry and commercial sector in Peru. *Energy Policy*, 50, 192-206. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2012.04.054>
- Pan, T., Wang, S., Zuo, L., & Liu, Q. (2023). Influence of Grain on Green Patterns and Their Underlying Surface Characteristics on Water Conservation: A Case Study in a Semiarid Area. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f14102020>
- Pande, A., & Arora, S. (2019). Nanotechnological Interventions for Improving Plant Health and Productivity. *Plant Biotechnology: Progress in Genomic Era*.
- Panis, B., Nagel, M., & Van Den Houwe, I. (2020). Challenges and Prospects for the Conservation of Crop Genetic Resources in Field Genebanks, in *In Vitro Collections and/or in Liquid Nitrogen*. *Plants*, 9. <https://doi.org/10.3390/plants9121634>
- Pantazis, A., & Clark, S. (2018). A parsimonious characterization of change in global age-specific and total fertility rates. *PLoS ONE*, 13.
- Panwar, R., Pinkse, J., & De Marchi, V. (2022). The Future of Global Supply Chains in a Post-COVID-19 World. *California Management Review*, 64, 5 - 23. <https://doi.org/10.1177/00081256211073355>
- Paolino, R., José, C., Fernandes-Santos, R., Landis, M., De Pinho, G., & Medici, E. (2024). Poaching and hunting, conflicts and health: human dimensions of wildlife conservation in the Brazilian Cerrado. *Frontiers in Conservation Science*.

<https://doi.org/10.3389/fcosc.2023.1221206>

- Pardo, F. R. A., Rodríguez, B. P., & García, A. P. (2020, 3 junio). El falso conteo de las revoluciones industriales: de la 1 a la 5. Productividad y mano de obra. Fin del paradigma, comienzo de la ética. <https://revistas.uninunez.edu.co/index.php/aglala/article/view/1562>
- Paredes, F. A. (2021). Caracterización de las Condiciones Atmosféricas en la Captación de Agua de Niebla en el Tillandsial del Cerro Oyarbide en la Cordillera de la Costa, Desierto de Atacama Región de Tarapacá – ProQuest. <https://www.proquest.com/openview/d29e334090c54710c3d37b5d90d89609/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Parewa, H., Joshi, N., Meena, V., Joshi, S., Choudhary, A., Ram, M., Meena, S., & Jain, L. (2021). Role of biofertilizers and biopesticides in organic farming. *Advances in Organic Farming*.
- Parisi, M., Fatarella, E., Spinelli, D., Pogni, R., & Basosi, R. (2015). Environmental impact assessment of an eco-efficient production for coloured textiles. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.06.032>
- Parkhomets, M., & Uniat, L. (2019). The concept, essence and evolution of agro-industrial business development in enterprises. The economic discourse. <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2019-3-1>
- Pärn, J., Soosaar, K., Schindler, T., Macháčová, K., Alegría Muñoz, W., Fachín, L., & Mander, Ü. (2021). High greenhouse gas fluxes from peatlands under various disturbances in the Peruvian Amazon. *Biogeosciences Discussions*, 18(1), 1–13. <https://consensus.app/papers/high-greenhouse-gas-fluxes-from-peatlands-under-various-pärn-soosaar/e1b5f8aa97555d47bf48e14bb9da5047/>
- Pärt, T., Jeppsson, T., Paquet, M., Arlt, D., Laugen, A., Low, M., Knape, J., Qvarnström, A., & Forslund, P. (2024). Unclear relationships between mean survival rate and its environmental variance in vertebrates. *Ecology and Evolution*, 14. <https://doi.org/10.1002/ece3.11104>
- Patange, V. (2023). International Developments Related to Protection of Traditional Knowledge. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-12426>
- Patel, A., Goswami, A., Dharpure, J. y Thamban, M. (2020). Variabilidad de las precipitaciones en las cuencas de los ríos Indo, Ganges y Brahmaputra: una caracterización

- espaciotemporal. Quaternary International.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.010>
- Pathirana, R., y Carimi, F. (2022). Gestión y utilización de los recursos fitogenéticos para una agricultura sostenible. *Plants*, 11. <https://doi.org/10.3390/plants11152038>.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., & Torres, F. (2002). "Fishing down marine food webs". *Science*, 279(5352), 860-863.
- Pawakapan, N. (2000). Trade and Traders: Local Becomes National. *Journal of Southeast Asian Studies*, 31, 374 - 389. <https://doi.org/10.1017/S0022463400017604>
- Pawlak, K., & Smutka, L. (2022). Does Poland's agri-food industry gain comparative advantage in trade with non-EU countries? Evidence from the transatlantic market. *PLoS ONE*, 17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274692>
- Pecino, B. R. (2022, 23 diciembre). 7 ejemplos de desigualdad económica en el mundo. Ayuda En Acción. <https://ayudaenaccion.org/blog/derechos-humanos/ejemplos-desigualdad-economica/>
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J. L., Bonebrake, T. C., Chen, I. C., & Williams, S. E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332). <https://consensus.app/papers/biodiversity-redistribution-under-climate-change-pecl-araujo/f868a166800051bb8d98723e8b5056eb/>
- Pence, V., Ballesteros, D., Walters, C., Reed, B., Philpott, M., Dixon, K., Pritchard, H., Culley, T., & Vanhove, A. (2020). Cryobiotechnologies: Tools for expanding long-term ex situ conservation to all plant species. *Biological Conservation*, 250, 108736. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2020.108736>
- Peng, M., & S., J. (2023). Surplus Transfers from British Colonial Malaya. *The Indian Economic Journal*, 71, 92 - 107. <https://doi.org/10.1177/00194662221145288>
- Penny, G., Müller-Itten, M., Cobos, G., Mullen, C., & Müller, M. (2021). Trust and incentives for transboundary groundwater cooperation. *Advances in Water Resources*, 155, 104019. <https://doi.org/10.1016/J.ADVWATRES.2021.104019>
- Pérez, E. (2019). Gases de efecto invernadero por generación de electricidad en usuarios residenciales de Venezuela, 2006-2017. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/334599705_Gases_de_efecto_invernadero_por_g

eneracion_de_electricidad_en_usuarios_no_residenciales_de_Venezuela_2006-2017?channel=doi&linkId=5d34c043a6fdcc370a547f25&showFulltext=true

- Pérez, M. J. (2016, 1 mayo). Davos y la cuarta revolución industrial. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/5254>
- Pérez-Méndez, N., Miguel-Rojas, C., Jiménez-Berni, J., Gómez-Candón, D., Pérez- De- Luque, A., Fereres, E., Catala-Forner, M., Villegas, D., & Sillero, J. (2021). PlantBreeding and Management Strategies to Minimize the Impact of Water Scarcity andBiotic Stress in Cereal Crops under Mediterranean Conditions. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010075>
- Peters-Lidard, C., Rose, K., Kiang, J., Strobel, M., Anderson, M., Byrd, A., Kolian, M., Brekke, L. y Arndt, D. (2021). Indicadores de los impactos del cambio climáticoen el ciclo del agua y la gestión del agua. *Cambio climático*, 165. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03057-5>
- Petrick, M., & Djanibekov, N. (2016). Obstacles to crop diversification and cotton harvest mechanisation: Farm survey evidence from two contrasting districts in Uzbekistan.
- Pettigrew, S., et al. (2022). Adult exposures to toxic trace elements as measured in nails along the Interoceanic Highway in the Peruvian Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 6335. <https://consensus.app/papers/adult-exposures-to-toxic-trace-elements-as-measured-in-pettigrew-pan/1377aa3baba4546a99ce1be5ac264dfc/>
- Pezzulo, C., Nilsen, K., Carioli, A., Tejedor-Garavito, N., Hanspal, S., Hilber, T., James, W., Ruktanonchai, C., Alegana, V., Sorichetta, A., Wigley, A., Hornby, G., Matthews, Z., & Tatem, A. (2021). Geographical distribution of fertility rates in 70 low-income, lower-middle-income, and upper-middle-income countries, 2010–16: a subnational analysis of cross-sectional surveys. *The Lancet. Global Health*, 9, e802 -e812.
- Pezzulo, C., Nilsen, K., Carioli, A., Tejedor-Garavito, N., Hanspal, S., Hilber, T., James, W., Ruktanonchai, C., Alegana, V., Sorichetta, A., Wigley, A., Hornby, G., Matthews, Z., & Tatem, A. (2021). Geographical distribution of fertility rates in 70 low-income, lower-middle-income, and upper-middle-income countries, 2010–16: a subnational analysis of cross-sectional surveys. *The Lancet. Global Health*, 9, e802 -e812.
- Philpott, M., Pence, V., & Coffey, E. (2022). Building capacity in the conservation of exceptional plant species. *Applications in Plant Sciences*, 10. <https://doi.org/10.1002/aps3.11498>
- Pietz, D., & Zeisler-Vralsted, D. (2021). Water, Civilization, and Culture. *Water and Human*

- Societies. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67692-6_1
- Pigman, G. (2016). International Trade as Diplomacy., 1- 26. https://doi.org/10.1057/9781137546654_1
- Pilling, D., Bélanger, J., Diulgheroff, S., Koskela, J., Leroy, G., Mair, G., & Hoffmann, I. (2020). Global status of genetic resources for food and agriculture: challenges and research needs., 1, 4-16. <https://doi.org/10.46265/genresj.2020.1.4-16>
- Pilz, B., Kosmehl, N., & Härlin, B. (2023). Gambling with nature: Why gene drives are not a viable route to nature conservation. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society. <https://doi.org/10.14512/gaia.33.1.8>
- Pimentel, L. (2003). Scurvy: historical review and current diagnostic approach. The American journal of emergency medicine, 21 4, 328-32
- Pinter, T. (2019). Economic Determinants of the Natural Fertility Rate with Special Focus on the EU and on Hungary. Polgári szemle.
- Piperno, D., McMichael, C., Pitman, N., Andino, J., Paredes, M., Heijink, B., & Torres-Montenegro, L. (2021). A 5,000-year vegetation and fire history for tierra firme forests in the Medio Putumayo-Algodón watersheds, northeastern Peru. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118. <https://doi.org/10.1073/PNAS.2022213118>
- Pironon, S., Borrell, J., Ondo, I., Douglas, R., Phillips, C., Khoury, C., Kantar, M., Fumia, N., Gomez, M., Viruel, J., Govaerts, R., Forest, F., & Antonelli, A. (2020). Toward Unifying Global Hotspots of Wild and Domesticated Biodiversity. Plants, 9. <https://doi.org/10.3390/plants9091128>
- Pirzada, K., Ahmed, K. y Moens, G. (2023). Estrategias corporativas para el desarrollo sostenible y la adopción de nuevas tecnologías. Previsión y gobernanza de la ciencia, la tecnología y la innovación. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.4.1.4>
- Pistocchi, A., Bleninger, T., Breyer, C., Caldera, U., Dorati, C., Ganora, D., Millán, M., Paton, C., Poullis, D., Herrero, F., Sapiano, M., Semiat, R., Sommariva, C., Yuce, S. y Zaragoza, G. (2020). ¿Puede la desalinización del agua de mar ser una solución beneficiosa para nuestro ciclo del agua? Investigación del agua, 182. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115906>
- Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. (s.f.). ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)?. Recuperado de <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/que-es-inteligencia-artificial-ia-prtr>

- PNUMA. (2015). Minería y medio ambiente: Impactos y respuestas. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Pogodin, S., & Yagya, T. (2020). On Development of American-Chinese Trading Relations. <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2020-3-26-38>
- Ponce, C. (2020). Intra-seasonal climate variability and crop diversification strategies in the Peruvian Andes: A word of caution on the sustainability of adaptation to climate change. *World Development*, 127, 104740. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104740>
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (2024). Día del sobregiro planetario: Pérdida de la capa de ozono. PUCP. <https://inte.pucp.edu.pe/noticias-y-eventos/dia-del-sobregiro-planetario/perdida-de-la-capade-ozono/>
- Porcella, D., Bowie, G., Sanders, J., & Cutter, G. (1991). Assessing Se cycling and toxicity in aquatic ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 57-58, 3-11.
- Posso, F. (s.f.). El agujero en la capa de ozono: Origen, evolución y estado actual. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Fausto/Posso/publication/238735735_EL_AGUJERO_EN_LA_CAPA_DE_OZONO_ORIGEN_EVOLUCION_Y_ESTADO_ACTUAL/links/00b4952f7757e3838e000000/EL-AGUJERO-EN-LA-CAPA-DE-OZONO-ORIGEN-EVOLUCION-Y-ESTADO-ACTUAL.pdf
- Potter, J. (2015). Monocultures: A Blight on Human and Planetary Health. <https://doi.org/10.22459/HPPP.07.2015.13>
- Pouresmaeili, F., Kamalidehghan, B., Kamarehei, M., & Goh, Y. M. (2018). A comprehensive overview on osteoporosis and its risk factors. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 14, 2029–2049.
- Pradhan, R., Arvin, M. y Nair, M. (2021). Urbanización, infraestructura de transporte, TIC y crecimiento económico: un análisis causal temporal. *Cities*, 115, 103213. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2021.103213>
- Preite, L., Solari, F., & Vignali, G. (2023). Technologies to Optimize the Water Consumption in Agriculture: A Systematic Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15075975>
- Preusser, M. (2023). The Losing Battle Against Neoliberal Trade Agreements in Latin America: Social Resistance Against the MTA Between Ecuador, Peru, and the European Union. *Latin American Politics and Society*, 66, 133 -157. <https://doi.org/10.1017/lap.2023.32>
- Prezi, J. V. O. (s. f.). EL BANCO MUNDIAL. prezi.com.

<https://prezi.com/ae00qqdz6fd4/el-banco-mundial/>

PricewaterhouseCoopers. (s. f.). Desafíos de la cooperación internacional: una mirada desde PwC.

PwC. <https://www.pwc.com/co/es/pwc-insights/desafios-cooperacion-internacional.html>

Priyambada, I., Hardyanti, N., Budihardjo, M., Puspita, A. y Cahyati, A. (2023). Una revisión de la transición de la agricultura inteligente hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): sistema de riego inteligente. Serie de conferencias de la IOP: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 1268. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1268/1/012010>

Priyanka, V., Kumar, R., Dhaliwal, I., & Kaushik, P. (2021). Germplasm Conservation: Instrumental in Agricultural Biodiversity—A Review. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/SU13126743>

Prykhodko, V., & Zozulia, M. (2021). COMPETITION AND COMPETITIVENESS OF INTERNATIONAL COMPANIES. Herald UNU. International Economic Relations And World Economy. <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2021-39-24>

Puga, A., Grutmacher, P., Cerri, C., Ribeirinho, V., & Andrade, C. (2019). Biochar-based nitrogen fertilizers: Greenhouse gas emissions, use efficiency, and maize yield in tropical soils.. The Science of the total environment, 135375.

Puga, A., Grutmacher, P., Cerri, C., Ribeirinho, V., & Andrade, C. (2019). Biochar-based nitrogen fertilizers: Greenhouse gas emissions, use efficiency, and maize yield in tropical soils.. The Science of the total environment, 135375.

Püttker, T., Crouzeilles, R., Almeida-Gomes, M., Schmoeller, M., Maurenza, D., Alves-Pinto, H., Alves-Pinto, H., Pardini, R., Vieira, M., Banks-Leite, C., Fonseca, C., Metzger, J., Accacio, G., Accacio, G., Alexandrino, E., Barros, C., Bogoni, J., Boscolo, D., Brancalion, P., Bueno, A., Cambui, E., Canale, G., Cerqueira, R., César, R., Colletta, G., Delciellos, A., Dixo, M., Estavillo, C., Esteves, C., Falcão, F., Farah, F., Faria, D., Ferraz, K., Ferraz, S., Ferreira, P., Graipel, M., Grelle, C., Hernández, M., Ivanauskas, N., Laps, R., Leal, I., Lima, M., Lion, M., Magioli, M., Magnago, L., Mangueira, J., Marciano-Jr, E., Mariano-Neto, E., Marques, M., Martins, S., Matos, M., Matos, F., Miachir, J., Morante-Filho, J., Olifiers, N., Oliveira-Santos, L., Paciencia, M., Paglia, A., Passamani, M., Peres, C., Leite, C., Porto, T., Querido, L., Reis, L., Rezende, A., Rigueira, D., Rocha, P., Rocha-Santos, L., Rodrigues, R., Santos, R., Santos, J., Silveira, M., Simonelli, M., Tabarelli, M., Vasconcelos, R., Viana, B., Vieira, E., & Prevedello, J. (2020). Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-

- taxa analysis of forest-dependent species. *Biological Conservation*, 241, 108368. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108368>
- Qian, J., & She, Q. (2023). The impact of corporate digital transformation on the export product quality: Evidence from Chinese enterprises. *PLOS ONE*, 18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293461>
- Qin, T. (2020). The evolution and challenges in China's implementation of the Convention on Biological Diversity: a new analytical framework. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 21, 347 - 365. <https://doi.org/10.1007/s10784-020-09499-z>
- Qiu, J., Shen, Z., Leng, G. y Wei, G. (2021). Efecto sinérgico de los fenómenos de sequía y lluvia de diferentes patrones en los sistemas de cuencas hidrográficas. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97574-z>
- Qu, X., Li, X., Bardgett, R., Kuzyakov, Y., Revillini, D., Sonne, C., Xia, C., Ruan, H., Liu, Y., Cao, F., Reich, P., & Delgado-Baquerizo, M. (2024). Deforestation impacts soil biodiversity and ecosystem services worldwide. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2318475121>
- Quezada, J., Guillaume, T., Poeplau, C., Ghazoul, J., & Buttler, A. (2022). Deforestation- free land-use change and organic matter-centered management improve the C footprint of oil palm expansion. *Global Change Biology*, 28, 2476 - 2490. <https://doi.org/10.1111/gcb.16069>
- Quilici, F. D. (2008). Desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina: Visión desde las centrales nucleares. [Estudio histórico]. <https://consensus.app/papers/desarrollo-de-proveedores-para-la-industria-nuclear-quilici/25a0546f1e285b12b56bc89998c1d111/>
- Quispe, I., Navia, R., & Kahhat, R. (2019). Life Cycle Assessment of rice husk as an energy source. A Peruvian case study. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.10.312>
- Rabanal, J., & Rabanal, O. (2016). The Effect of Chinese Demand and Supply Shocks on Peruvian Exporters. *Emerging Markets Finance and Trade*, 52, 1922 - 1934. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2015.1048155>
- Rabone, M., Harden-Davies, H., Collins, J., Zajderman, S., Appeltans, W., Droege, G., Brandt, A., Pardo-López, L., Dahlgren, T., Glover, A., & Horton, T. (2019). Access to Marine Genetic Resources (MGR): Raising Awareness of Best-Practice Through a New Agreement for

- Biodiversity Beyond National Jurisdiction (BBNJ). *Frontiers in Marine Science*.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00520>
- Racy, J. C., & García, W. R. R., Junior. (2019). Globalización y la paradoja de derechos sociales en Brasil. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*, 1(30), 125.
<https://doi.org/10.22201/ijj.24487899e.2020.30.14074>
- Radcliffe, J., & Page, D. (2020). Reutilización y reciclaje de agua en Australia: historia, situación actual y perspectivas futuras., 1, 19-40. <https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2020.05.005>
- Radtke, J. (2014). A closer look inside collaborative action: civic engagement and participation in community energy initiatives. *People, Place & Policy Online*, 8, 235-248.
<https://doi.org/10.3351/PPP.0008.0003.0008>
- Rahim, A., Manaf, R., Juni, M., e Ibrahim, N. (2021). Gobernanza del sistema de salud para la integración de los servicios de salud mental en la atención primaria de salud en la región de África subsahariana y Asia meridional: una revisión sistemática. *Inquiry: A Journal of Medical Care Organization, Provision and Financing*, 58.
<https://doi.org/10.1177/00469580211028579>
- Rai, P., & Singh, J. (2020). Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*, 111, 106020 - 106020.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>
- Raimbekov, Z., Syzdykbayeva, B., & Doltes, L. (2023). Agri-food marketing system:marketing approach. *Problems of AgriMarket*. <https://doi.org/10.46666/2023-2.2708-9991.13>
- Raimondi, A., Quinn, R., Abhijith, G., Becciu, G. y Ostfeld, A. (2023). Captación y tratamiento de agua de lluvia: estado del arte y perspectivas. *Agua*. <https://doi.org/10.3390/w15081518>
- Ramírez, W., & Letzkus, C. (2018). Analysis of the Export Competitiveness of the Main Products Exported by Chile and Peru. *Journal of Globalization, Competitiveness, and Governability*.
<https://doi.org/10.3232/GCG.2018.V12.N2.02>
- Ramiro, S. S. S. (2018, 28 junio). El modelo de catalogación OTAN y la optimización de los sistemas de abastecimiento en las Fuerzas Armadas del Perú, periodo 2015- 2016.
<https://hdl.handle.net/20.500.13084/2206>
- RAPAL Uruguay. (2010) “Contaminación y eutrofización del agua”. RAP-AL URUGUAY.
- Rascón, J., Angeles, W. G., Huatangari, L. Q., Oliva, M., & Barrena Gurbillón, M.Á. (2021). Dry

- and wet events in Andean populations of Northern Peru: A case study of Chachapoyas, Peru. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://consensus.app/papers/dry-and-wet-events-in-andean-populations-of-northern-peru-a-rascón-angeles/d8557b0626d55abc94b56779e73540b7/>
- Rauh, E., & Hughes, S. (2023). Collaboration for source water protection in the United States: Community water systems engagement in nitrate pollution reduction. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 11. <https://doi.org/10.1002/wat2.1682>
- Ravichandran, S., Mehraj, M., Feroz, F., & Sri, R. (2022). Harmful effects of malnutrition and possible sustainable solution. *International Journal of Clinical Biochemistry and Research. Reactive Solids: Modeling and Analysis. Chemical Engineering & Technology*, 21, 730- 733.
- Reducir la desigualdad en y entre los países | Comunidades Cepal. (s. f.). <https://comunidades.cepal.org/ilpes/es/taxonomy/term/10>
- Regmi, S., Neupane, A., Neupane, R., & Pokharel, A. (2023). ROLE OF GOVERNMENT POLICIES FOR SUSTAINABLE FOREST RESOURCE MANAGEMENT: A REVIEW. *Food and Agri Economics Review*. <https://doi.org/10.26480/faer.01.2023.10.13>
- Rehman, G., Khattak, I., Hamayun, M., Rahman, A., Haseeb, M., Umar, M., Ali, S., , I., Shams, W., & Pervaiz, R. (2021). Impacts of mining on local fauna of wildlife in District Mardan & District Mohmand Khyber Pakhtunkhwa Pakistan.. *Brazilian journal of biology = Revista brasileira de biologia*, 84, e251733. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.251733>
- Renard, D., & Tilman, D. (2019). National food production stabilized by crop diversity. *Nature*, 571, 257 - 260.
- Repurposing Industrial Waste for Environmental Benefit. *Advanced Sustainable Systems*, 2. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1316-y>
- Requejo-Castro, D., Giné-Garriga, R., y Pérez-Foguet, A. (2020). Modelado de redes bayesianas basado en datos para explorar las relaciones entre el ODS 6 y la Agenda 2030. *The Science of the total environment*, 710, 136014. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136014>
- Rescan, M., Grulois, D., Ortega-Aboud, E., & Chevin, L. (2020). Phenotypic memory drives population growth and extinction risk in a noisy environment. *Nature Ecology & Evolution*, 4, 193 -201. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1089-6>
- Residuos químicos: ¿qué son y cómo se clasifican? (2021, marzo 2). Instituto Europeo de Química, Física y Biología.

- Retter, A., Karwautz, C. y Griebler, C. (2020). Comunidades microbianas de aguas subterráneas en tiempos de cambio climático. *Temas actuales en biología molecular* 41, 509-538. <https://doi.org/10.21775/9781913652579.13>
- Revista Espacios. (2021). Una perspectiva sobre la evolución de la inteligencia artificial. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a92v13n01/12921301.html>
- Reyes-García, V., Benyei, P., Aceituno-Mata, L., Gras, A., Molina, M., Tardío, J., & Pardo-De-Santayana, M. (2021). Documenting and protecting traditional knowledge in the era of open science: Insights from two Spanish initiatives. *Journal of ethnopharmacology*, 114295. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114295>
- Reynolds, J. (2020). Governing New Biotechnologies for Biodiversity Conservation: Gene Drives, International Law, and Emerging Politics. *Global Environmental Politics*, 20, 28-48. https://doi.org/10.1162/glep_a_00567
- Reza, M., Jayashree, S., Malarvizhi, C., Rauf, M., Jayaraman, K., & Shareef, S. (2021). The implications of Industry 4.0 on supply chains amid the COVID-19 pandemic: a systematic review. *F1000Research*, 10. <https://doi.org/10.12688/f1000research.73138.2>
- Rezaei, A., Karami, K., Tilmes, S. y Moore, J. (2024). Cambios futuros en el almacenamiento de agua en el Mediterráneo, Oriente Medio y el norte de África en respuesta al calentamiento global y a la intervención de los aerosoles estratosféricos. *Earth System Dynamics*. <https://doi.org/10.5194/esd-15-91-2024>
- Ricardo Mateos-Aparicio Baixauli (2023) Tratamiento ecológico para la eutrofización y la anoxia en las masas de agua. *Dilan el más gei*
- Rietveld, A., Burg, M. y Groot, J. (2020). Uniendo los estudios sobre la juventud y el género para analizar las trayectorias de subsistencia de los jóvenes de ambos sexos en zonas rurales de Uganda central. *Journal of Rural Studies*, 75, 152-163. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.020>
- Rinaldi, F., Moghaddampoor, F., Najafi, B., & Marchesi, R. (2020). Economic feasibility analysis and optimization of hybrid renewable energy systems for rural electrification in Peru. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23, 731 - 748. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01906-y>
- Riofrío, M., Naranjo, C., Mendoza, A., Draper, D., & Marques, I. (2023). Genetic diversity and structure in two epiphytic orchids from the montane forests of southern Ecuador: The role of

- overcollection on *Masdevallia rosea* in comparison with the widespread *Pleurothallis lilijae*. PLOS ONE, 18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290604>
- Riordan, E. y Nabhan, G. (2019). Conservación trans situ de parientes silvestres de cultivos. Crop Science. <https://doi.org/10.2135/cropsci2019.06.0356>
- Rippy, J. F. (1946). The dawn of manufacturing in Peru. Pacific Historical Review, 15(2), 147-157. Recuperado de <https://consensus.app/papers/the-dawn-of-manufacturing-in-peru-rippy/f7dd21cb061752d2ba6a4c15d5b6e005/>
- Rivera, M. (2018). Evaluación de técnicas de remediación de suelos contaminados por metales pesados. Scielo Peru. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000300007
- Rivera-Núñez, I., Agraz, D., Murphy, A., Jones, E., & Flores-Cuamea, M. (2024). Tipos de conflictos por el agua en un sistema de riego en el norte de México: el conflicto como vínculo negativo en el análisis de redes sociales. Ciencias Sociales. <https://doi.org/10.3390/socsci13060312>
- Robinson, S. (2020). Impacts of tropical forest modification on soil microbial community attributes and function in Southeast Asia. <https://doi.org/10.17635/LANCAS-TER/THESIS/1101>
- Robinson, S., Elias, D., Goodall, T., Nottingham, A., McNamara, N., Griffiths, R., Majalap, N., & Ostle, N. (2024). Selective logging impacts on soil microbial communities and functioning in Bornean tropical forest. Frontiers in Microbiology, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1447999>
- Roederer-Rynning, C., & Kallestrup, M. (2017). National parliaments and the new contentiousness of trade. Journal of European Integration, 39, 811-825. <https://doi.org/10.1080/07036337.2017.1371710>
- Rogale, D., & Rogale, S. (2024). Energy and Environmental Aspects of the Sustainability of Clothing Production. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su16209100>
- Rojas, E., Zutta, B., Velazco, Y., Montoya-Zumaeta, J., & Salvà-Catarineu, M. (2021). Deforestation risk in the Peruvian Amazon basin. Environmental Conservation, 48, 310 - 319. <https://doi.org/10.1017/S0376892921000291>
- Rojas, J. J. B., & Montoya, G. C. (2019). Unión Europea y Japón: ¿el tratado de libre comercio más grande del mundo? Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?>

codigo=7113716

- Rojas, Z., et al. (2021). Deforestation risk in the Peruvian Amazon Basin. *Environmental Research Letters*. <https://consensus.app/papers/deforestation-risk-in-the-peruvian-amazon-basin-rojas-zutta/0bf44161c74d5dceb25a187f8860aebf/>
- Rolf, S. (2019). National development through global production networks? The case of Dongguan, China. *Political Geography*. <https://doi.org/10.1016/J.POLGEO.2019.05.006>
- Romanciuc, G. (2021). International instruments relating to conservation of plant biodiversity. *Journal of Botany*. [https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2\(21\).29](https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2(21).29)
- Román-Dañobeytia, F., Lefebvre, D., Farfan, J., Alferez, J., Polo-Villanueva, F., Llacsahuanga, J. Vega, C., Velasquez, M., Corvera, R., Condori, E., Ascorra, C., Fernandez, L., & Silman, M. (2020). Survival and early growth of 51 tropical treespecies in areas degraded by artisanal gold mining in the Peruvian Amazon. *Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106097>
- Romanelli, A., Soto, D., Matiatos, I., Martinez, D., & Esquiús, S. (2020). A biologicaland nitrate isotopic assessment framework to understand eutrophication in aquatic ecosystems.. *The Science of the total environment*, 715, 136909.
- Romano, R. (2021). Viviendo las minas. *Latin American Research Review*. <https://doi.org/10.25222/larr.1649>
- Román-Palacios, C., & Wiens, J. (2020). Recent responses to climate change revealthe drivers of species extinction and survival. *Proceedings of the National Academy*
- Román-Ross, G., Valls, A., Jordana, S., Gran, M., Duro, L., Minet, M., & García, D. (2021). Long-term subsurface disposal of sludges from uranium processing. *Reactive transport simulations. Goldschmidt2021 abstracts*.
- Rosário, A., Lopes, P. y Rosário, F. (2024). Sostenibilidad y Desarrollo Empresarialde la Economía Circular. *Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.3390/su16146092>
- Rosário, A., Lopes, P., & Rosário, F. (2024). Sustainability and the Circular EconomyBusiness Development. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16146092>
- Ross, S., Arnoldi, J., Loreau, M., White, C., Stout, J., Jackson, A., & Donohue, I.(2021). Universal scaling of robustness of ecosystem services to species loss. *Nature Communications*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25507-5>
- Rosset, P., & Martínez-Torres, M. (2014). Food Sovereignty and Agroecology in the Convergence

- of Rural Social Movements.,21. <https://doi.org/10.1108/S1057-192220140000021001>
- Rossini, R., Quispe, Z., Toma, H., & Vasquez, C. (2018). Peru's Commercial Opening: The Story of Two Sectors. *International Trade eJournal*.
- Rotella, A., Varnum, M., Sng, O., & Grossmann, I. (2020). Increasing population densities predict decreasing fertility rates over time: A 174-nation investigation.. *The American psychologist*, 76 6, 933-946.
- Rotella, A., Varnum, M., Sng, O., & Grossmann, I. (2020). Increasing population densities predict decreasing fertility rates over time: A 174-nation investigation.. *The American psychologist*, 76 6, 933-946.
- RPP. (30/10/2024). Confirman construcción de puerto espacial en Talara con apoyode EE.UU. y suscripción de acuerdo con la NASA. RPP. <https://rpp.pe/peru/actualidad/confirman-construccion-de-puerto-espacial-en-talara-con-apoyo-de-eeuu-y-suscripcion-de-acuerdo-con-la-nasa-noticia-1598151>
- Rubio, J. (2024). Water Troubles: Peruvian Capitalists, Mining Infrastructure, and the First Copper Bonanza. *Hispanic American Historical Review*. <https://doi.org/10.1215/00182168-11384666>
- Ruiz, F., & Bazile, D. (2020). Trends in agrobiodiversity for quinoa and some wild relatives: Underutilized crops and wild species for sustainable agricultural production in Peru.
- Ruíz-Peñalver, S., & Rodríguez-Antón, J. (2022). Towards a Sustainable Circular Economy. Practice, Progress, and Proficiency in Sustainability. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8482-8.ch010>
- Rusikesan., D. (2019). Impacto del crecimiento demográfico en el medio ambiente en la India: un estudio de caso., 22, 438-442.
- Rytter, M., Kolte, L., Briend, A., Friis, H., & Christensen, V. (2014). The Immune System in Children with Malnutrition—A Systematic Review. *PLoS ONE*, 9.
- S. (2024). Increasing the Reliability of Oil Spill Contingency Using Hair Waste Used as Absorbent Pad Material. *SPE International Health, Safety, Environment and Sustainability Conference and Exhibition*.
- Sabirin, S., Elliyana, E., & Rosmiati, R. (2024). The impact of cultural values, security perceptions, and influencer interactions on social commerce adoption in Indonesia. *Journal of Multidisciplinary Academic and Practice Studies*.

<https://doi.org/10.35912/jomaps.v2i3.2222>

- Sáenz-Arias, S., Garcés-Ordóñez, O., Córdoba-Meza, T., Blandon, L., Díaz, L. E., Vivas- Aguas, L., & Canals, M. (2023). Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos–microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas. *Ecosistemas*, 32(1), 2489. <https://doi.org/10.7818/ecos.248>
- Saha, K., Dey, P., & Papagiannaki, E. (2021). Implementing circular economy in the Environment. Textile and clothing industry <https://doi.org/10.1002/BSE.2670>
- Sakapaji, S. (2023). ¿La migración inducida por el clima es una nueva normalidad? Un análisis sistemático de la investigación sobre la crisis migratoria inducida por el clima en Bangladesh. *Revista Europea de Ciencias Teóricas y Aplicadas*. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1\(4\).42](https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1(4).42)
- Salem, J., Amonkar, Y., Maennling, N., Lall, U., Bonnafous, L., & Thakkar, K. (2018). An analysis of Peru: Is water driving mining conflicts?. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2018.09.010>
- Salgado, L. (2023, noviembre 2). Tendencias Sostenibilidad 2024: Lo que las Empresas Deben Saber. APLANET.
- Salgado, S. D. C. (2022, 15 noviembre). Impacto ambiental de la eutrofización. Correal Salgado *Revista Neuronum*. <https://eduneuro.com/revista/index.php/revistaneuronum/article/view/443>
- Salgotra, R., & Chauhan, B. (2023). Genetic Diversity, Conservation, and Utilization of Plant Genetic Resources. *Genes*, 14. <https://doi.org/10.3390/genes14010174>
- Salim, J., Anuar, S., Omar, K., Mohamad, T., & Sanusi, N. (2023). The Impacts of Traditional Ecological Knowledge towards Indigenous Peoples: A Systematic Literature Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15010824>
- Salitskii, A., & Salitskaya, E. (2020). The United States and China: Deadlocks and Paradoxes of Trade War. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 90, 460 -469. <https://doi.org/10.1134/S101933162004005X>
- Salman, S. (2021). ¿Un papel para la IWRA en las disputas internacionales sobre el agua? *Water International*, 46, 1205-1210. <https://doi.org/10.1080/02508060.2021.198025>
- Salmoral, G., Zegarra, E., Vázquez-Rowe, I., González, F., Del Castillo, L., Saravia, G., Graves, A., Rey, D., & Knox, J. (2020). Water-related challenges in nexus governance for sustainable

- development: Insights from the city of Arequipa, Peru.. The Science of the total environment, 747, 141114. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141114>
- Salunke, J., Byfield, G., Powell, S., Torres, D., Leon-Lozano, G., Jackson, J., Orphanides, A., Shaw, J., Owens, T., Berg, J., Branch, E., Caro, L., Giric, S., O'Daniel, J., Powell, B., Ray, K., Roberts, M., Robinson, C., Schilling, S., Shaw, N., Song, E., Waltz, M., Katherine, A., Foreman, M., Foss, K. y Milko, L. (2024). Colaboración comunitaria en alfabetización genética en salud pública: diseño conjunto de recursos educativos para la investigación y la práctica equitativas en genómica. <https://doi.org/10.1101/2024.05.24.24307892>
- Samusevich, V., & Akhmetov, M. (2022). The impact of the development of the world monetary fund on international financial and economic relations. Russian journal of resources, conservation and recycling. <https://doi.org/10.15862/19ecor422>
- Sanborn, C., Ramírez, T., & Lozada, V. (2017). Mining, Political Settlements and Inclusive Development in Peru. Development Economics: Agriculture. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2963665>
- Sánchez, M. A. S., & Hidalgo, W. A. H. (2021). Pinceladas del comercio internacional. E-IDEA Journal Of Business Sciences, 3(13), 27-43. <https://doi.org/10.53734/eidea.vol3.id142>
- Sánchez-Cuervo, A. M., et al. (2020). Twenty years of land cover change in the southeastern Peruvian Amazon: implications for biodiversity conservation. Regional Environmental Change, 20. <https://consensus.app/papers/twenty-years-of-land-cover-change-in-the-southeastern-sánchez-cuervo-lima/8632d600f1d75c4fbc9781b2c5a95920/>
- Sánchez-Cuervo, A., De Lima, L., Dallmeier, F., Gárate, P., Bravo, A., & Vanthomme, H. (2020). Twenty years of land cover change in the southeastern Peruvian Amazon: implications for biodiversity conservation. Regional Environmental Change, 20, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01603-y>
- Sánchez-Cuervo, A., De Lima, L., Dallmeier, F., Gárate, P., Bravo, A., & Vanthomme, H. (2020). Twenty years of land cover change in the southeastern Peruvian Amazon: implications for biodiversity conservation. Regional Environmental Change, 20, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01603-y>
- Sandler, R. (2019). The ethics of genetic engineering and gene drives in conservation. Conservation Biology, 34. <https://doi.org/10.1111/cobi.13407>

- Sandor, M., Elphick, C., & Tingley, M. (2022). Extinction of biotic interactions due to habitat loss could accelerate the current biodiversity crisis.. Ecological applications : a publication of the Ecological Society of America, e2608. <https://doi.org/10.1002/eap.2608>
- Santacruz, M. F. C., & Santacruz, M. F. C. (2024). Análisis comparativo del impacto de las reformas del FMI en países en desarrollo y países desarrollados. European Public & Social Innovation Review, 9, 1-14. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1544>
- Santoro, A., Venturi, M., Bertani, R., & Agnoletti, M. (2020). A Review of the Role of Forests and Agroforestry Systems in the FAO Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) Programme. Forests, 11, 860. <https://doi.org/10.3390/f11080860>
- Sarma, H., Borah, S., Dutta, N., Sultana, N., Nath, H., & Das, B. (2024). Innovative Approaches for Climate-Resilient Farming: Strategies against Environmental Shifts and Climate Change. International Journal of Environment and Climate Change. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i94407>
- Sassen, S. (1998). Ciudades en la economía global: enfoques teóricos y metodológicos. EURE (Santiago), 24(71). <https://doi.org/10.4067/s0250-71611998007100001>
- Sathish, S., Cherubini, C., Pastore, N., Giasi, C. y Rapti, D. (2021). Impactos del agua desalinizada y reciclada en el acuífero superficial de Abu Dabi. Agua. <https://doi.org/10.3390/w13202853>
- Satpute, S., Rajane, S., Repale, A., Kedari, S. y Raut, S. (2024). Estudio de viabilidad de Aquawall: una alternativa para el sistema convencional de recolección de agua de lluvia. Revista internacional de investigación avanzada en ciencia, comunicación y tecnología. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-19140>
- Saunders, J., Smith, T., & Stroud, M. (2011). Undernutrition and clinical nutrition. Malnutrition and undernutrition. Medicine, 39.
- Saunders, J., Smith, T., & Stroud, M. (2019). Malnutrition and undernutrition. Medicine.
- Schaaf, A. A. (2013). Uso de pesticidas y toxicidad: relevamiento en la zona agrícola de San Vicente, Santa Fe, Argentina. Revista mexicana de ciencias agrícolas.
- Schauwecker, S., Rohrer, M., Huggel, C., Endries, J. L., Montoya, N., Neukom, R., & Suarez, W. (2017). The freezing level in the tropical Andes, Peru: An indicator for present and future glacier extents. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 122(10), 5172–5189. <https://consensus.app/papers/the-freezing-level-in-the-tropical-andes-peru-an-indicator-schauwecker-rohrer/4ce6734e36015ed5a117673d227a16d3/>

- Schmid, B., Meister, T., Klagge, B., & Seidl, I. (2020). Energy Cooperatives and Municipalities in Local Energy Governance Arrangements in Switzerland and Germany. *The Journal of Environment & Development*, 29, 123 - 146. <https://doi.org/10.1177/1070496519886013>
- SciELO. (s.f.). Derrame de petróleo y sus efectos sobre la salud. Recuperado de <https://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v39n1/1728-5917-amp-39-01-96.pdf>
- Scrinis, G. (2020). Reframing malnutrition in all its forms: A critique of the tripartite classification of malnutrition. *Global Food Security*, 26, 100396.
- Seenivasagan, R., & Babalola, O. (2021). Utilization of Microbial Consortia as Biofertilizers and Biopesticides for the Production of Feasible Agricultural Product. *Biology*, 10.
- Segovia-Pérez, M., Laguna-Sánchez, P., & De La Fuente-Cabrero, C. (2019). Educación para el liderazgo sostenible: fomento del empoderamiento de las mujeres a nivel universitario. *Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.3390/su11205555>
- Selectra. (21/09/2023). ¿Qué es el efecto invernadero? Selectra. <https://climate.selectra.com/es/que-es/efecto-invernadero>
- Seong, J., White, O., Woetzel, L., Smit, S., Devesa, T., Birshan, M., & Samandari, H. (2022b, noviembre 15). Flujos globales: Los lazos que unen en un mundo interconectado. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/destacados/flujos-globales-los-lazos-que-unen-en-un-mundo-interconectado/es>
- Sepúlveda, L., Echegoyen, C., Martin, M., Campodonico, V., Pasquini, A., Temporetti, P., & Lecomte, K. (2022). Isotopic signature of a glacial influenced hydrological system in northern Patagonia, Argentina. *Hydrological Processes*, 36. <https://doi.org/10.1002/hyp.14504>
- Sergio, S. R. (s. f.). Liberalización, educación y evolución de los mercados de trabajo en el nuevo entorno económico mundial. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-12592000000100003&script=sci_arttext
- Serna Montenegro, G. S., & Vélez, Y. F. (2023). Propuesta pedagógica para minimizar la degradación de suelos por fertilizantes químicos en la vereda LaFortuna.
- Seyoum, B. (2013). Growth and Direction of International Trade. Export–Import Theory, Practices, and Procedures <https://doi.org/10.4324/9780203581506-6>
- Sezen, C., Šraj, M., Medved, A. y Bezak, N. (2020). Investigación de inundaciones por lluvia sobre nieve en condiciones de cambio climático. *Applied Sciences*.

<https://doi.org/10.3390/app10041242>

Shaban, A., Kourtiti, K. y Nijkamp, P. (2022). Causalidad entre urbanización y crecimiento económico: evidencia de los estados de la India., 4.

<https://doi.org/10.3389/frsc.2022.901346>

Shah, F., & Wu, W. (2019). Soil and Crop Management Strategies to Ensure Higher Crop Productivity within Sustainable Environments. Sustainability.

Shahabuddin, G., Goswami, R., Krishnadas, M., & Menon, T. (2021). Decline in forest bird species and guilds due to land use change in the Western Himalaya. Global Ecology and Conservation. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01447>

Shaila, M., & Begum, N. (2021). ANCIENT FARMING METHODS OF SEED STORAGE AND PEST MANAGEMENT PRACTICES IN INDIA - A REVIEW. Plant Archives, 21, 499-509. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.V21.S1.077>

Shanee, S., Shanee, N., Lock, W., & Espejo-Urbe, M. (2020). The Development and Growth of Non-Governmental Conservation in Peru: Privately and Communally Protected Areas. Human Ecology, 48, 681 -693. <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00188-8>

Shang, M., B., Hu, X., Liu, L., Wang, J. y Zhang, X. (2022). Membranas de nanofibras con estructura de núcleo-capa biomiméticas para la purificación rápida y portátil del agua. Materiales e interfaces aplicados por ACS. <https://doi.org/10.1021/acsami.2c12537>

Sharma, I., Kanta, C., Dwivedi, T., & Rani, R. (2020). Indigenous Agricultural Practices: A Supreme Key to Maintaining Biodiversity., 91-112. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1902-4_6

Sharma, R., Chauhan, H., Parkash, S., Verma, P., Sunthlia, A., Verma, N., Bhawalpuria, N., Kathait, A., Dogra, A., Garg, R., Kishore, J., Jain, S., Bhumika, T., Gokhale, R., Desai, M., Ratnoo, R., & Goel, A. (2024). Organisational models for managing Public Health Emergencies of International Concern (PHEICs) in the South-East Asia Region (SEAR) nations: protocol for a systematic review. BMJ Open, 14. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-084673>

Shavitt, S., & Barnes, A. (2020). Culture and the Consumer Journey. Journal of Retailing, 96, 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2019.11.009>

Shaw, D. (1992). The Exxon Valdez Oil-spill: Ecological and Social Consequences. Environmental Conservation, 19, 253 – 258.

- Shen, C., Wu, S. y Meng, Q. (2021). Construcción de un dispositivo portátil para beber agua utilizando un material derivado de biomasa agrícola de mazorcas de maíz injertadas con polietilénimina. *Food Control*, 130, 108375. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2021.108375>
- Sheng, S., Yang, B., & Kuang, B. (2022). Impact of Cereal Production Displacement from Urban Expansion on Ecosystem Service Values in China: Based on Three Cropland Supplement Strategies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084563>
- Malnutrition and undernutrition. Medicine Shevchenko, I., & Imnadze, I. (2023). MECHANISM OF GLOBAL MARKETS: DEVELOPMENT, FUNCTIONING AND TRENDS. State and Regions. Series: Economics and Business. <https://doi.org/10.32782/1814-1161/2023-1-3>
- Shi, H., Zheng, W., Zhang, X., Zhu, M., & Ding, D. (2013). Ecological–economic assessment of monoculture and integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay of China. *Aquaculture*, 410, 172-178. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2013.06.033>
- Shi, L., Feng, W., Xu, J., & Kuzyakov, Y. (2018). Agroforestry systems: Meta-analysis of soil carbon stocks, sequestration processes, and future potentials. *Land Degradation & Development*, 29, 3886 - 3897. <https://doi.org/10.1002/ldr.3136>
- Shi, Z., Bai, Z., Guo, D., Li, S., & Chen, M. (2023). Species Diversity and Soil Interconstraints Exert Significant Influences on Plant Survival during Ecological Restoration in Semi-Arid Mining Areas. *Diversity*. <https://doi.org/10.3390/d15101100>
- Shkurat, M. (2023). TRANSFORMATION OF WORLD FINANCIAL ARCHITECTURE UNDER THE INFLUENCE OF FINANCIAL GLOBALIZATION. *Actual Problems of Economics*. <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2023-1-268-39-53>
- Shonay, A., Kurmangali, A., & Morgunova, O. (2024). Impact of climate change on international trade and economy: challenges and opportunities. *International Relations and International Law Journal*. <https://doi.org/10.26577/irilj.2024.v107.i3->
- Shorikov, A., Korovin, G., & Sirotnin, D. (2024). Methodology for regional industrial complex management: Architecture of an agent-based model. *Upravlenets*. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2023-14-6-5>
- Shulgina, L., Chernyshova, I., & Shulgin, A. (2019). An innovative system of the agro-industrial complex: sectoral and territorial aspects. 274. <https://doi.org/10.26577/irilj.2024.v107.i3->

1315/274/1/012097

- Shultz, J., Rechkemmer, A., Rai, A. y McManus, K. (2018). Implicaciones de la migración forzada inducida por factores ambientales en la salud pública y la salud mental. *Medicina de desastres y preparación para la salud pública*, 13, 116-122. <https://doi.org/10.1017/dmp.2018.27>
- Šídlo, L., Šprocha, B. y Ďurček, P. (2020). Una visión retrospectiva y prospectiva del envejecimiento poblacional actual y futuro en los 28 países de la Unión Europea. *Moravian Geographical Reports*, 28, 187 - 207. <https://doi.org/10.2478/mgr-2020-0014>
- Silva-Macher, J. (2016). A Metabolic Profile of Peru: An Application of Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM) to the Mining Sector's Exosomatic Energy Flows. *Journal of Industrial Ecology*, 20. <https://doi.org/10.1111/jiec.12337>
- Simanjuntak, D., Ambar, N. y Nidaul, L. (2024). El impacto del crecimiento demográfico en la seguridad alimentaria, la vivienda y el transporte. *Economic Military and Geographically Business Review*. <https://doi.org/10.61511/emagrap.v2i1.2024.821>
- Simkin, R., Seto, K., McDonald, R., & Jetz, W. (2022). Biodiversity impacts and conservation implications of urban land expansion projected to 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117297119>
- Simões, L., Guillemot, J., Ronquim, C., Weidlich, E., Muys, B., Fuza, M., Lima, R., & Brancalion, P. (2024). Green deserts, but not always: A global synthesis of native woody species regeneration under tropical tree monocultures. *Global Change Biology*, 30. <https://doi.org/10.1111/gcb.17269>
- Sindy, N. J. (2023, 20 julio). Proyecto social elaboración de abonos orgánicos. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/57477>
- Singh, H. (2022). Impacts of Green Revolution on cropping pattern in Punjab, India. *National Geographical Journal of India*. <https://doi.org/10.48008/ngji.1797>
- Singh, H., Bhardwaj, N., Arya, S., & Khatri, M. (2020). Environmental impacts of oil spills and their remediation by magnetic nanomaterials. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 14, 100305.
- Singh, K. (2024). LA EDUCACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA EMPODERAR A LAS MUJERES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES.

REVISTA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN AVANZADA EN COMERCIO, GESTIÓN Y CIENCIAS SOCIALES. [https://doi.org/10.62823/7.1\(i\).6472](https://doi.org/10.62823/7.1(i).6472)

- Singh, R., Singh, A., Zander, K., Mathew, S., & Kumar, A. (2021). Measuring successful processes of knowledge co-production for managing climate change and associated environmental stressors: Adaptation policies and practices to support Indian farmers. *Journal of environmental management*, 111679. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111679>
- Sinta, I., Aulia, I., Yulinazira, U., Munawiroh, S., & Sari, I. (2023). GLOBAL MARKETS AND BUSINESS CENTERS. *International Journal of Social Science, Educational, Economics, Agriculture Research and Technology (IJSET)*. <https://doi.org/10.54443/ijset.v2i7.230>
- Siña, M. Z., Wood, R., Saldarriaga, E., Lawler, J., Zunt, J., Garcia, P., & Cárcamo, (2016). Understanding perceptions of climate change, priorities, and decision-making among municipalities in Lima, Peru to better inform adaptation and mitigation planning. *PLoS ONE*, 11. <https://consensus.app/papers/understanding- perceptions-of-climate- change-priorities- siña- wood/b99abc221f6b52d1b50c9f4d63ee6044/>
- Siqueira-Gay, J., & Sánchez, L. E. (2021). The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation. *Regional Environmental Change*. <https://consensus.app/papers/the-outbreak-of-illegal-gold-mining-in-the-brazilian- amazon- siqueira-gay-sánchez/f7cfef71780a5abdb1edd70d1a741dbd/>
- Siqueira-Gay, J., Sonter, L., & Sánchez, L. (2020). Exploring potential impacts of mining on forest loss and fragmentation within a biodiverse region of Brazil's northeastern Amazon. *Resources Policy*, 67, 101662. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101662>
- Skidmore, A. (2022). Exploring the Motivations Associated with the Poaching and Trafficking of Amur Tigers in the Russian Far East. *Deviant Behavior*, 44, 331 - 358. <https://doi.org/10.1080/01639625.2022.2045177>
- Slimming, P. A. T., Flórez, L. L., Checa, K. C., Galarza, O. D., Tallman, P. S., & Mulanovich, G. S. (2021). Explorando percepciones del impacto del cambio climático en tres regiones en el Perú. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8577564>
- Smith, V. (1969). On Models of Commercial Fishing. *Journal of Political Economy*, 77, 181 - 198. <https://doi.org/10.1086/259507>
- Smith, V., Tilman, G., & Nekola, J. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems.. *Environmental pollution*, 100 1-3, 179-96.

- Smith-Roberts, A., Bruckner, K., Bellido, V., Ossandón, H., Nayak, M., Smith, N., & Urrego, L. (2021). 'All that glitters is not gold': the effects of the COVID-19 pandemic on artisanal and small-scale gold mining and supply chains in Peru. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 39, 489 -527. <https://doi.org/10.1080/02646811.2021.1895526>
- Snapp, S., Blackie, M., Gilbert, R., Bezner-Kerr, R., & Kanyama-Phiri, G. (2010). Biodiversity can support a greener revolution in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 20840 - 20845. <https://doi.org/10.1073/pnas.1007199107>
- Soeters, P., Bozzetti, F., Cynober, L., Forbes, A., Shenkin, A., & Sobotka, L. (2017). Defining malnutrition: A plea to rethink.. *Clinical nutrition*, 36 3, 896-901.
- Solidification/stabilization technique for hazardous barium and cyanide waste for safe disposal into a secured landfill.. *Journal of environmental management*, 91 9, 1821- 30.
- Sollen-Norrlin, M., Ghaley, B., & Rintoul, N. (2020). Agroforestry Benefits and Challenges for Adoption in Europe and Beyond. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12177001>
- Solomon, T., Gupta, V., & Ncho, C. (2023). Balancing Livestock Environmental Footprints with Forestry-Based Solutions: A Review. *Ecologies*. <https://doi.org/10.3390/ecologies4040047>
- Somers, L., & McKenzie, J. (2020). A review of groundwater in high mountain environments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7. <https://doi.org/10.1002/wat2.1475>
- Song, B., Zeng, G., Gong, J., Liang, J., Xu, P., Liu, Z., Zhang, Y., Zhang, C., Cheng, M., Liu, Y., Ye, S., Yi, H., & Ren, X. (2017). Evaluation methods for assessing effectiveness of in situ remediation of soil and sediment contaminated with organic pollutants and heavy metals. *Environment international*, 105, 43-55.
- Song, X., Feng, Q., Xia, F., Li, X. y Scheffran, J. (2021). Impactos del cambio en la estructura del uso del suelo urbano en el crecimiento sostenible de las ciudades en China: una perspectiva de la dinámica de la densidad de población. *Hábitat International*, 107, 102296. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102296>
- Soriano-Colchado, A., Diez-Matallana, R., Gómez-Oscorima, R., Jiménez-Díaz, L., & Vásquez Quispe, C. (2024). Competitiveness of the La Libertad region in agricultural exports, Peru, 2011-2023. *Scientific Horizons*. <https://doi.org/10.48077/scihor9.2024.121>
- Soyombo, D., Okwandu, A., Ona-Olapo, A., , E., Iluyomade, T., & Olatunde, T. (2024). The role of policy and regulation in promoting green buildings. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.1.1047>

- Spasova, E., & Marinov, E. (2021). GLOBAL VALUE CHAINS AND THE CHANGING NATURE OF INTERNATIONAL SPECIALIZATION. <https://doi.org/10.56497/etj2166101>
- Spda, W. (2024). “Megapuerto de Chancay: impactos ambientales y sociales. SPDA Actualidad Ambiental”. <https://www.actualidadambiental.pe/megapuerto-de-chancay-impactos-ambientales-y-sociales/>
- Spda, W. (2024, 5 enero). Megapuerto de Chancay: impactos ambientales y sociales. SPDA Actualidad Ambiental. <https://www.actualidadambiental.pe/megapuerto-de-chancay-impactos-ambientales-y-sociales/>
- Sponenberg, D. (2020). Conserving the Genetic Diversity of Domesticated Livestock. Diversity. <https://doi.org/10.3390/d12070282>
- Sposob, Gustavo (24 de octubre de 2024). Crecimiento poblacional. Enciclopedia Concepto. <https://concepto.de/crecimiento-poblacional/>.
- Srikanth, K. (2020). Waste Management in Chemical Industry. Chemical Science,11, 1-1.
- Srivastava, M. (2021). Germplasm Conservation as a Key for Food Security. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.37396>
- Sriyanto, S., Khalil, L., Naseem, I., Nassani, A., Binsaeed, R., Zaman, K., Salamun, H. y Haffar, M. (2023). Estrategias de desarrollo para reducir la mortalidad infantil: un enfoque en la infraestructura y la política de atención de la salud en los países asiáticos emergente. Journal of Infrastructure, Policy and Development. <https://doi.org/10.24294/jipd.v7i3.2585>.
- Stange, M., Barrett, R., & Hendry, A. (2020). The importance of genomic variation for biodiversity, ecosystems and people. Nature Reviews Genetics, 22, 89 -105. <https://doi.org/10.1038/s41576-020-00288-7>
- Startz, R. (2019). Los próximos cien años de crecimiento y convergencia. Journal of Applied Econometrics. <https://doi.org/10.1002/JAE.2732>
- Statista. (n.d.). Tasa de fertilidad a nivel mundial. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/657184/tasa-de-fertilidad-a-nivel-mundial/>
- Stecklov, G., y Menashe-Oren, A. (2019). Serie de investigaciones del FIDA 41: La demografía de la juventud rural en los países en desarrollo. Revista electrónica sobre economía del desarrollo: cuestiones microeconómicas en las economías en desarrollo.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.3567731>

- Sterckx, A., Fraser, C., Pietersen, K., & Diene, M. (2024). Institutionalizing groundwater management and transboundary aquifer cooperation in sub-Saharan lake and river basin organizations. *Water International*, 49, 553 - 562. <https://doi.org/10.1080/02508060.2024.2321810>
- Stevens, C. (2023). The Effect of Free Trade Agreements on Innovation: Evidence from US Bilateral Free Trade Agreements with Australia, Chile, Singapore, and South Korea.
- Stuart-Fox, M. (2022). Principales transiciones en la historia evolutiva humana. *World Futures*, 79, 29 - 68. <https://doi.org/10.1080/02604027.2021.2018646>.
- Studocu. (19/05/2023) Alexai M, Z. Luis F, F. Eugenia S, F. Melissa A, M. Luis A, H. Frank D, M. Devani L, M. Responsabilidad Social y Desarrollo Sustentable PIA producto integrador de aprendizaje. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-nuevo-leon/responsabilidad-social-y-desarrollo-sustentable/pia-rsy-ds-pia/66672572>
- Studocu. (19/05/2023) Alexai M, Z. Luis F, F. Eugenia S, F. Melissa A, M. Luis A, H. Frank D, M. Devani L, M. Responsabilidad Social y Desarrollo Sustentable PIA producto integrador de aprendizaje. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-nuevo-leon/responsabilidad-social-y-desarrollo-sustentable/pia-rsy-ds-pia/66672572>
- Stupar, V., Živković, Z., Stevanović, A., Stojićević, D., Sekulić, T., Bošković, J., & Popović, V. (2024). The effect of fertility control on soil conservation as a basic resource of sustainable agriculture. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. <https://doi.org/10.15835/nbha52113389>
- Su, Y., He, S., Wang, K., Shahtahmassebi, A., Zhang, L., Zhang, J., Zhang, M., & Gan, M. (2020). Quantifying the sustainability of three types of agricultural production in China: An emergy analysis with the integration of environmental pollution. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119650. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119650>
- Suarez, D., Rozendaal, D., De Sy, V., Decuyper, M., Málaga, N., Montesinos, P., Olivos, A., De La Cruz Paiva, R., Martius, C., & Herold, M. (2023). Forest disturbance and recovery in Peruvian Amazonia. *Global Change Biology*, 29, 3601 - 3621. <https://doi.org/10.1111/gcb.16695>
- Sucasaca, Y. H., Parra, B. B., Mamani, J., & Condori, I. J. M. (2024). Disponibilidad a pagar por la sostenibilidad del servicio de agua potable en el Centro Poblado Chucaripo, Perú. *Revista*

- Alfa, 8(22), 273-283. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.264>
- Sudakov, I., Vakulenko, S., & Bruun, J. (2020). Stochastic physics of species extinctions in a large population. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126422>
- Sudharsanan, N., Aburto, J., Riffe, T. y Van Raalte, A. (2022). Gran variación en la transición epidemiológica entre países: ¿sigue siendo valiosa como teoría de la mortalidad? *Revista Internacional de Epidemiología*, 51, 1057 - 1061. <https://doi.org/10.1093/ije/dyac107>.
- Suglo, P., Effah, P., Acheampong, A., Sunkari, R., & Yeboah, A. (2021). Effects of Illegal Mining on the Environment, Economy, and Agricultural Productivity. *Biochemistry and Molecular Biology*. <https://doi.org/10.11648/J.BMB.20210604.11>
- Sui, X., Wang, X., Li, Y., & Ji, H. (2021). Remediation of Petroleum-Contaminated Soils with Microbial and Microbial Combined Methods: Advances, Mechanisms, and Challenges. *Sustainability*.
- Svampa, M. (2015). Commodities Consensus: Neoextractivism and Enclosure of the Commons in Latin America. *South Atlantic Quarterly*, 114, 65-82. <https://doi.org/10.1215/00382876-2831290>
- Swain, A., Öjendal, J., y Jägerskog, A. (2021). Introducción: seguridad y medio ambiente: el vínculo. *Manual de seguridad y medio ambiente*. <https://doi.org/10.4337/9781789900668.00007>
- Sy, V. D., Herold, M., Achard, F., Beuchle, R., Clevers, J., Lindquist, E., & Verchot, L. (2015). Land use patterns and related carbon losses following deforestation in South America. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124004. <https://consensus.app/papers/land-use-patterns-and-related-carbon-losses-following-sy-herold/0f16c02ae9a056cf9a14343514a9c32e/>
- Tabari, H. (2020). El impacto del cambio climático en las inundaciones y las precipitaciones extremas aumenta con la disponibilidad de agua. *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70816-2>
- Tafur Anzualdo, V. I., Aguirre Chavez, F., Vega-Guevara, M., Esenarro, D., & Vilchez Cairo, J. (2024). Causes and Effects of Climate Change 2001 to 2021, Peru. *Sustainability*. <https://consensus.app/papers/causes-and-effects-of-climate-change-2001-to-2021-peru-anzualdo-chavez/141bca7a1e495ccd99318f830afe326b/>

- Tagkas, C., Rizos, E., Markozannes, G., Karalexi, M., Wairegi, L., & Ntzani, E. (2024). Tahat, M., Alananbeh, K., Othman, Y., & Leskovar, D. (2020). Soil Health and Sustainable Agriculture. Sustainability.
- Taira, K. (2021). Un estudio matemático de ecuaciones logísticas difusivas con condiciones de contorno de tipo mixto. *Sistemas dinámicos discretos y continuos* - S. <https://doi.org/10.3934/dcdss.2021166>.
- Takahashi, S., Toyama, M., & Tanaka, T. (2023). Incorporating Biocultural Values in Biodiversity Conservation Policies: A Case Study of the Regional Strategy for Biodiversity in Okinawa. *Journal of Marine and Island Cultures*. <https://doi.org/10.21463/jmic.2023.12.3.02>
- Talukder, B., Van Loon, G., Hipel, K., Chiotha, S., & Orbinski, J. (2021). Health impacts of climate change on smallholder farmers. *One health*, 13, 100258. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100258>
- Tanaka, M., & Wahl, L. (2022). Surviving environmental change: when increasing population size can increase extinction risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 289. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0439>
- Tandon, A., Jyotsna, K. y Dey, S. (2018). Un modelo matemático para investigar el impacto de la minería inducida por el crecimiento excesivo de la población sobre los recursos forestales. *Environment, Development and Sustainability*, 20, 1499-1516. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9950-8>
- Tang, L., Ke, X., Chen, Y., Wang, L., Zhou, Q., Zheng, W., & Xiao, B. (2020). Which impacts more seriously on natural habitat loss and degradation? Cropland expansion or urban expansion?. *Land Degradation & Development*, 32, 946 - 964. <https://doi.org/10.1002/ldr.3768>
- Tang, Q., Cotton, A., Wei, Z., Xia, Y., Daniell, T., & Yan, X. (2021). How does partial substitution of chemical fertiliser with organic forms increase sustainability of agricultural production?. *The Science of the total environment*, 803, 149933.
- Tavares, T., Leon, F., Vaswani, J., Peñate, B., & Ramos-Martín, A. (2022). Estudio para el reciclaje de membranas y componentes de tratamiento de agua hacia una economía circular: caso de la zona de Macaronesia. *Membranes*, 12. <https://doi.org/10.3390/membranes12100970>
- Tayefeh, M., Sadeghi, S., Noorhosseini, S., Bacenetti, J., & Damalas, C. (2018). Environmental impact of rice production based on nitrogen fertilizer use. *Environmental Science and*

Pollution Research, 25, 15885-15895.

- Taylor, L. S., Quincey, D. J., Smith, M. W., Potter, E., Castro, J., & Fyffe, C. (2022). Multi-decadal glacier area and mass balance change in the southern Peruvian Andes. *Frontiers in Earth Science*, 10. <https://consensus.app/papers/multidecadal-glacier-area-and-mass-balance-change-in-the-taylor-quincey/546b84da0dbc54099c89299199a098bd/>
- Teh, L., & Sumaila, U. (2013). Contribution of marine fisheries to worldwide employment. *Fish and Fisheries*, 14, 77-88. <https://doi.org/10.1111/J.1467-2979.2011.00450.X>
- Teixeira, J., & Huber, C. (2020). The inflated significance of neutral genetic diversity in conservation genetics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2015096118>
- Telaumbanua, B., Laoli, D., Zebua, R., Zebua, O., Dawolo, J., & Zega, A. (2024). Implementasi Teknologi Genetika Untuk Konservasi Spesies Laut Terancam: Tinjauan Literatur Tentang Metode dan Keberhasilan. *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Peternakan*. <https://doi.org/10.62951/manfish.v2i2.46>
- Teleubay, Z., Yermekov, F., Tokbergenov, I., Toleubekova, Z., Assylkhanova, A., Balgabayev, N., y Kovács, Z. (2023). Identificación de posibles sitios de estanques agrícolas para la recolección de escorrentía superficial primaveral mediante un proceso de jerarquía analítica integrada en un entorno SIG en el norte de Kazajstán. *Agua*. <https://doi.org/10.3390/w15122258>
- Téllez-Rojo, M. M., Ríos-Blancas, M. J., Lerma-Treviño, C., Bautista-Arredondo, L.F., Spearman, S., Marsh, L., Burkart, K., Stanaway, J., Ashbaugh, C., Brauer, M., & Hurtado- Díaz, M. (2023). Análisis de la carga de enfermedad atribuible a los factores de riesgo ambientales en México en el período 1990-2021. Identificación de avances, rezagos y emergencias. *Gaceta Médica de México*, 159(6). <https://doi.org/10.24875/gmm.23000398>
- Thierry, C., Pisanu, B., & Machon, N. (2022). Both landscape and local factors influence plant and hexapod communities of industrial water-abstraction sites. *Ecology and Evolution*, 12. <https://doi.org/10.1002/ece3.8365>
- Thompson, O. R., Paavola, J., Healey, J., Baker, T., & Torres, J. (2013). Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+): Transaction Costs of Six Peruvian Projects. *Ecology and Society*, 18(1). <https://consensus.app/papers/reducing-emissions-from-deforestation-and-forest-thompson-paavola/8dda3414dd0958b68cabc1621>

2afc301/

- Thudi, M., Palakurthi, R., Schnable, J., Chitikineni, A., Dreisigacker, S., Mace, E., Srivastava, R., Satyavathi, C., Odeny, D., Tiwari, V., Lam, H., Hong, Y., Singh, V., Li, G., Xu, Y., Chen, X., Kaila, S., Nguyen, H., Sivasankar, S., Jackson, S., Close, T., Shubo, W., & Varshney, R. (2020). Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153351>
- Tiainen, J., Hyvönen, T., Hagner, M., Huusela-Veistola, E., Louhi, P., Miettinen, A., Nieminen, T., Palojarvi, A., Seimola, T., Taimisto, P., & Virkajärvi, P. (2020). Biodiversity in intensive and extensive grasslands in Finland: the impacts of spatial and temporal changes of agricultural land use. *Agricultural and Food Science*, 29, 68-97. <https://doi.org/10.23986/afsci.86811>
- Tickner, D., Opperman, J., Abell, R., Acreman, M., Arthington, A., Bunn, S., Cooke, S., Dalton, J., Darwall, W., Edwards, G., Harrison, I., Hughes, K., Jones, T., Leclère, D., Lynch, A., Leonard, P., McClain, M., Muruven, D., Olden, J., Ormerod, S., Robinson, J., Tharme, R., Thieme, M., Tockner, K., Wright, M. y Young, L. (2020). Cómo frenar la pérdida de biodiversidad mundial de agua dulce: un plan de recuperación de emergencia. *Bioscience*, 70, 330-342. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa002>
- Tilman, D., Reich, P., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., & Lehman, C. (2001). Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment. *Science*, 294, 843-845. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1060391>
- Tinsman, J., Gruppi, C., Bossu, C., Prigge, T., Harrigan, R., Zaunbrecher, V., Koepfli, K., LeBreton, M., Njabo, K., Wenda, C., Xing, S., Abernethy, K., Ades, G., Akeredolu, E., Andrew, I., Barrett, T., Bernáthová, I., Bolfíková, B., Diffo, J., Fopa, G., Ebong, L., Godwill, I., Pambo, A., Labuschagne, K., Mbekem, J., Momboua, B., Moumbolou, C., Ntie, S., Rose-Jeffreys, E., Simo, F., Sundar, K., Swiacká, M., Takuo, J., Talla, V., Tamoufé, U., Dingle, C., Ruegg, K., Bonebrake, T., & Smith, T. (2023). Genomic analyses reveal poaching hotspots and illegal trade in pangolins from Africa to Asia. *Science*, 382, 1282 - 1286. <https://doi.org/10.1126/science.adi5066>
- Tomiyama, J., Takagi, D. y Kantar, M. (2020). El efecto de la escasez aguda y crónica de alimentos en el equilibrio de la población humana en un entorno de subsistencia. *Agricultura y seguridad alimentaria*, 9. <https://doi.org/10.1186/s40066-020-00261-x>.

- Toosi, A., Tousi, E., Ghassemi, S., Cheshomi, A. y Alaghmand, S. (2020). Un enfoque de análisis de decisiones de múltiples criterios para la recolección eficiente de agua de lluvia. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124501>
- Torres, R., Benassi, R. B., Martins, F. B., & Lapola, D. (2021). Projected impacts of 1.5 and 2°C global warming on temperature and precipitation patterns in South America. *International Journal of Climatology*, 42, 1597-1611. <https://consensus.app/papers/projected-impacts-of-15-and-2-c-global-warming-on-torres-benassi/7f0f0523aad0542e81ea53aefba90f3b/>
- Touil, S., Richa, A., Fizir, M., García, J., & Gómez, A. (2022). Una revisión sobre estrategias de gestión inteligente del riego y su efecto en el ahorro de agua y el rendimiento de los cultivos. *Irrigation and Drainage*, 71, 1396 - 1416. <https://doi.org/10.1002/ird.2735>
- Tran, M. (2024). How does technological readiness, among other factors, influence the dynamics of agricultural exports from Vietnam to major EU trading partners?. <https://doi.org/10.15549/jeecar.v11i1.1440>
- Tratados internacionales, la base de la convivencia planetaria. (s. f.). <https://www.es.amnesty.org/en-que-estamos/blog/historia/articulo/tratados-internacionales/>
- Triscritti, F. (2023). Mining, development and corporate–community conflicts in Peru. *Community Development Journal*, 48, 437-450. <https://doi.org/10.1093/CDJ/BST024>
- Trotter, B., Ramsperger, A., Raab, P., Haberstroh, J., & Laforsch, C. (2019). Plastic waste interferes with chemical communication in aquatic ecosystems. *Scientific Reports*, 9.
- Trujillano, R. (2023). Perder los pleitos ganados: la lucha por el agua en la España contemporánea (Higuera de la Sierra, 1852-1939). *Historia Agraria Revista de agricultura e historia rural*. <https://doi.org/10.26882/histagar.091e01t>
- Truxes, T. (2021). The Overseas Trade of British America. <https://doi.org/10.2307/j.ctv22fqbbq5>
- Turnhout, E., & Purvis, A. (2020). Biodiversity and species extinction: categorisation, calculation, and communication. *Griffith Law Review*, 29, 669 - 685. <https://doi.org/10.1080/10383441.2020.1925204>
- Tyndall, J. (1861). On Radiation Through the Earth's Atmosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 151, 1-36. Recuperado de <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstl.1861.0022>
- Ugarte, D., Collado, M., Requejo, F., Gómez, X., & Heros, C. (2021). A deep decarbonization

- pathway for Peru's rainforest. Energy Strategy Reviews. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2021.100675>
- Umirbek, I. (2024). REGULACIÓN JURÍDICA INTERNACIONAL DEL USO SOSTENIBLE DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Revista Internacional de Derecho y Criminología. <https://doi.org/10.37547/ijlc/volume04issue03-08>
- Un mundo con un crecimiento bajo es un mundo desigual e inestable. (2024, 23 julio). IMF. <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2024/07/23/a-low-growth-world-is-an-unequal-unstable-world>
- UNEP. (2020). Un problema doble: el plástico también emite potentes gases de efecto invernadero.
- United Nations. (s. f.). Naciones Unidas | Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano. <https://www.un.org/es/>
- United Nations. (s. f.-a). Convenio sobre la Diversidad Biológica | Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/observances/biodiversity-day/convention>
- Universidad de Piura (UDEP). (2022). ¿Qué impactos ambientales ha causado el derrame de petróleo? Recuperado de <https://www.udep.edu.pe/hoy/2022/01/que-impactos-ambientales-ha-causado-derrame-de-petroleo/>
- Urban, M., Travis, J., Zurell, D., Thompson, P., Synes, N., Scarpa, A., Peres-Neto, P., Malchow, A., James, P., Gravel, D., Meester, L., Brown, C., Bocedi, G., Albert, C., Gonzalez, A., & Hendry, A. (2021). Coding for Life: Designing a Platform for Projecting and Protecting Global Biodiversity.
- Usos y aplicaciones del biocida. (2022, abril 25). Pochteca Perú | Venta de materias primas para la Industria.
- Vaccino, P., Antonetti, M., Balconi, C., Brandolini, A., Cappellozza, S., Caputo, A., Carboni, A., Caruso, M., Copetta, A., De Dato, G., De Vita, P., Fascella, G., Ferretti, L., Ficcadenti, N., Fusani, P., Gardiman, M., Giovannini, D., Giovinazzi, J., Iori, A., Leogrande, R., Montalbano, V., Palombi, M., Pecetti, L., Perri, E., Petriccione, M., Sala, T., Storch, P., Tondelli, A., Tripodi, P., Virzì, N. y Verde, I. (2024). Recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: el papel y la contribución de CREA (Italia) dentro del Programa Nacional RGV-FAO. Agronomía. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061263>
- Vallejo-Gómez, D., Osorio, M., & Hincapié, C. (2023). Sistemas de riego inteligentes en la agricultura: una revisión sistemática. Agronomía.

<https://doi.org/10.3390/agronomy13020342>

Vallejos-Sologuren, C. S. (2020). Situación del Cáncer en el Perú. *Diagnóstico*, 59(2),77-85.

<https://doi.org/10.33734/diagnostico.v59i2.221>

Van Den Berge, J., Vos, J. y Boelens, R. (2021). Justicia hídrica y el movimiento Right2Water de Europa. *Revista Internacional de Desarrollo de Recursos Hídricos*, 38, 173-191.

<https://doi.org/10.1080/07900627.2021.1898347>

Van Den Heever, J. y Jones, C. (2022). Componentes básicos de la agricultura. *HTS Estudios Teológicos / Estudios Teológicos* . <https://doi.org/10.4102/hts.v78i2.8023>.

Van Den Houwe, I., Chase, R., Sardos, J., Ruas, M., Kempenaers, E., Guignon, V., Massart, S., Carpentier, S., Panis, B., Rouard, M., & Roux, N. (2020). Correction to: Safeguarding and using global banana diversity: a holistic approach. *CABI Agriculture and Bioscience*, 1. <https://doi.org/10.1186/s43170-020-00015-6>

Van Der Werf, W., & Bianchi, F. (2022). Options for diversifying agricultural systems to reduce pesticide use: Can we learn from nature?. *Outlook on Agriculture*,51, 105 - 113. <https://doi.org/10.1177/00307270221077442>

Van Frank, G., Rivièrè, P., Pin, S., Baltassat, R., Berthellot, J., Caizergues, F., Dalmasso, C., Gascuel, J., Hyacinthe, A., Mercier, F., Montaz, H., Ronot, B., & Goldringer, I. (2020). Diversidad genética y estabilidad del rendimiento de las variedades de poblaciones de trigo desarrolladas mediante mejoramiento participativo. *Sustainability* , 12, 1-21. <https://doi.org/10.3390/su12010384>

Van Rees, C., Waylen, K., Schmidt-Kloiber, A., Thackeray, S., Kalinkat, G., Martens, K., Domisch, S., Lillebø, A., Hermoso, V., Grossart, H., Schinegger, R., Decler, K., Adriaens, T., Denys, L., Jarić, I., Janse, J., Monaghan, M., De Wever, A., Geijzendorffer, I., Adamescu, M. y Jähnig, S. (2020). Salvaguardar la vida de agua dulce más allá de 2020: recomendaciones para el nuevo marco global de biodiversidad a partir de la experiencia europea. *Cartas de conservación*, 14. <https://doi.org/10.1111/conl.12771>

Van Straaten, O., Corre, M., Wolf, K., Tchienkoua, M., Cuellar, E., Matthews, R., & Veldkamp, E. (2015). Conversion of lowland tropical forests to tree cash crop plantations loses up to one-half of stored soil organic carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(32), 9956–9960. <https://consensus.app/papers/conversion-of-lowland-tropical-forests-to-tree-cash- crop- straaten-corre/c0feedc8387d5356874ed3f6063a105b/>

- Van Zonneveld, M., Turmel, M., & Hellin, J. (2020). Decision-Making to Diversify Farm Systems for Climate Change Adaptation.,4 . <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00032>
- Varga, D., León, K., Pandey, B., Amaya, P., & Carranza, C. (2021). Proposal For A Priority Site For The Conservation Of Biodiversity In The Huancavelica Region – Peru.
- Varona, L., & Gonzales, J. (2021). Dynamics of the impact of COVID-19 on the economic activity of Peru. PLoS ONE, 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244920>
- Vassilakou, T. (2021). Childhood Malnutrition: Time for Action. Children, 8.
- Vázquez, M., & González, J. (2015). Ingeniería en México: Retos y perspectivas. Revista Ingeniería, 11(1). <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/v11n1-04.php>
- Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., Larrea-Gallegos, G., & Ziegler-Rodríguez, K. (2019). Peru's road to climate action: Are we on the right path? The role of life cycle methods to improve Peruvian national contributions. The Science of the total environment, 659, 249-266. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.322>
- Vázquez-Rowe, I., Ziegler-Rodríguez, K., Laso, J., Quispe, I., Aldaco, R., & Kahhat, R. (2019). Production of cement in Peru: Understanding carbon-related environmental impacts and their policy implications. Resources, Conservation and Recycling. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2018.12.017>
- Vdovychenko, V., Kuzmin, A., Zinoviev, D., Cherepakha, O., & Vorontsov, Y. (2024). VARIABLE ASSESSMENT OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS SCHEME FOR THE DISTRIBUTION OF GOODS TO THE TRADE NETWORK. Municipal economy of cities.
- Vears, D., Minion, J., Roberts, S., Cummings, J., Machirori, M., Blell, M., Budin- Ljøsne, I., Cowley, L., Dyke, S., Gaff, C., Green, R., Hall, A., Johns, A., Knoppers, B., Mulrine, S., Patch, C., Winkler, E., & Murtagh, M. (2021). Return of individual research results from genomic research: A systematic review of stakeholder perspectives. PLoS ONE, 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258646>
- Velásquez Ramírez, M. G., et al. (2021). Soil recovery of alluvial gold mine spoils in the Peruvian Amazon using *Stylosanthes guianensis*, a promising cover crop. Land Degradation & Development, 32, 5143–5153. <https://consensus.app/papers/soil-recovery-of-alluvial-gold-mine-spoils-in-the-peruvian-ramirez-torres/c5ab8083305654faa012da29031a9f2e/>
- Velazco, J., & Pinilla, V. (2018). Development models, agricultural policies, and agricultural

- growth: Peru, 1950-2010., 413-438. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66020-2_16
- Velenturf, A., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circulareconomy. Sustainable Production and Consumption. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.02.018>
- Venkatesh, B., Nayak, P., Thomas, T., Jain, S. y Tyagi, J. (2021). Análisis espacio- temporal del patrón de precipitaciones en la región de los Ghats occidentales de la India. Meteorology and Atmospheric Physics, 133, 1089-1109. <https://doi.org/10.1007/s00703-021-00796-z>
- Verma, S. (2022). Traditional Water Conservation Techniques in India. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.39904>
- Vermeij, G., DeVries, T., Griffin, M., Nielsen, S., Ochoa, D., Rivadeneira, M., Salas- Gismondi, R., & Valdovinos, F. (2024). The temperate marine Peruvian Province: How history accounts for its unusual biota. Ecology and Evolution, 14. <https://doi.org/10.1002/ece3.70048>
- Vicente-Serrano, S. M., López-Moreno, J. I., Correa, K., Ávalos, G., Bazo, J., Azorín- Molina, C., Domínguez-Castro, F., Kenawy, A., Gimeno, L., & Nieto, R. (2018). Recent changes in monthly surface air temperature over Peru, 1964–2014. International Journal of Climatology, 38. <https://consensus.app/papers/recent-changes-in-monthly-surface-air-temperature-over-vicente-serrano-lópez-moreno/43899da043cc55efbdba6665d2f712b0/>
- Victor, G. y. P. (2024). Validación experimental de dos modelos matemáticos para determinar la solubilidad de oxígeno en biorreactores a las condiciones atmosféricas de Huancayo. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/10333>
- Vidnjevic, M., & Kralj, M. (2024). ANALYSIS OF CHINA'S TRADE RELATIONS WITH CEEC. MEST Journal. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.02.018>
- Vijayan, A., Maina, J., Lawson, R., Chang, H., Beaumont, L., & Davies, P. (2021). Land use planning to support climate change adaptation in threatened plant communities. Journal of environmental management, 298, 113533. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113533>
- Villagra, M. E. (2023). “Megapuerto de Chancay: Repercusiones en el Comercio Sudamericano e Impacto Geoestratégico”. Revista Seguridad y Poder Terrestre, 2(2). <https://doi.org/10.56221/spt.v2i2.28>
- Villalobo-Lopez, A., Peña, C., Varas-Myrik, A., Pillet, M., Jahnsen, P., Pliscoff, P., Goettsch, B., & Guerrero, P. (2024). Effects of trade and poaching pressure on extinction risk for cacti in the Atacama Desert.. Conservation biology : the journal of the Society for Conservation

- Biology, 38 5,e14353. <https://doi.org/10.1111/cobi.14353>
- Villegas D., A. (s.f.). Breve historia de la evolución de la inteligencia artificial. Recuperado de <https://adrianvillegasd.com/breve-historia-de-la-evolucion-de-la-inteligencia-artificial/>
- Vinceti, B., Manica, M., Lauridsen, N., Verkerk, P., Lindner, M., & Fady, B. (2020). Managing forest genetic resources as a strategy to adapt forests to climate change: perceptions of European forest owners and managers. *European Journal of Forest Research*, 139, 1107-1119. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01311-6>
- Vladimir, C. T. J. (2024). Análisis de la Eficiencia de los Flotadores de Sombra con Polietileno de Alta Densidad en el Proceso de Evaporación y Eutrofización para las Aguas de la Laguna de Huayllspanca–La Punta. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/15425>
- Volff, C., Storck-Tonon, D., Pereira, M., De Moura Bello, A., & Izzo, T. (2024). The influence of geographical distance on the decay of beetle community similarity: Native habitat and agricultural monocultures. *Agricultural and Forest Entomology*. <https://doi.org/10.1111/afe.12656>
- Volk, G., Namuth-Covert, D. y Byrne, P. (2019). Capacitación en gestión de recursos fitogenéticos: un camino a seguir. *Crop Science*. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI2018.11.0689>
- Vollset, S., Goren, E., Yuan, C., Cao, J., Smith, A., Hsiao, T., Bisignano, C., Azhar, G., Castro, E., Chalek, J., Dolgert, A., Frank, T., Fukutaki, K., Hay, S., Lozano, R., Mokdad, A., Nandakumar, V., Pierce, M., Pletcher, M., Robalik, T., Steuben, K., Wunrow, H., Zlavog, B., y Murray, C. (2020). Escenarios de fertilidad, mortalidad, migración y población para 195 países y territorios de 2017 a 2100: un análisis de pronóstico para el Estudio de la Carga Mundial de Morbilidad. *Lancet* (Londres, Inglaterra) , 396, 1285 - 1306. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2)
- Von Verschuer, F. (2021). Making Post/Anthropocentric Futures in Agrobiodiversity Conservation. *Nature and Culture*. <https://doi.org/10.3167/NC.2020.160104>
- Vorotnikova, T. (2023). Pacific Pumas in Indian Jungle: Place of Latin America in Indo-Pacific. <https://doi.org/10.24833/2071-8160-2023-5-92-105-125>
- Vylegzhanin, A., y Sotskova, P. (2023). Los recursos genéticos como objeto del derecho internacional. *Law Enforcement Review*. [https://doi.org/10.52468/2542-1514.2023.7\(1\).33-](https://doi.org/10.52468/2542-1514.2023.7(1).33-)

- Wade, R., Augyte, S., Harden, M., Nuzhdin, S., Yarish, C., & Alberto, F. (2020). Macroalgal germplasm banking for conservation, food security, and industry. *PLoS Biology*, 18. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000641>
- Wainright, C., Muhlfeld, C., Elser, J., Bourret, S., & Devlin, S. (2021). Speciesinvasion progressively disrupts the trophic structure of native food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2102179118>
- Walker, A., Vermeulen, W., Simboli, A., & Raggi, A. (2020). Sustainability assessment in circular inter-firm networks: An integrated framework of industrial ecology and circular supply chain management approaches.
- Walker, E., & Gilbert, B. (2022). Extinction dynamics: The interplay of speciestraits and the spatial scales of metapopulation declines. *Ecology*, e3840. <https://doi.org/10.1002/ecy.3840>
- Walker, M., & Shane, E. (2022). Hypercalcemia. *JAMA*.
- Wambugu, P., Nyamongo, D., & Kirwa, E. (2023). Role of Seed Banks in Supporting Ecosystem and Biodiversity Conservation and Restoration. *Diversity*. <https://doi.org/10.3390/d15080896>
- Wanatop, S. (2024, 28 febrero). 7 formas de reducir costos de producción. *INFINITIA Industrial Consulting*. <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/como-reducir-costes-en-el-desarrollo-de-productos/>
- Wang, J., & Shahzad, F. (2024). Deciphering Social Commerce: A Quantitative Meta-Analysis Measuring the Social, Technological, and Motivational Dimensions of Consumer Purchase Intentions. <https://doi.org/10.1177/21582440241257591>
- Wang, J., Shen, J., Ye, D., Yan, X., Zhang, Y., Yang, W., Li, X., Wang, J., Zhang, L., & Pan, L. (2020). Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 262, 114665 -114665.
- Wang, Y., Chen, L., Xiang, W., Ouyang, S., Zhang, T., Zhang, X., Zeng, Y., Hu,Y., Luo, G., & Kuzyakov, Y. (2021). Forest conversion to plantations: A meta- analysis of consequences for soil and microbial properties and functions. *Global Change Biology*, 27, 5643 - 5656. <https://doi.org/10.1111/gcb.15835>

- Wang, Z. (2021). Headquarters gravity: How multinationals shape international trade. *Journal of International Economics*. <https://doi.org/10.1016/J.JINTECO.2021.103477>
- Warner, E., Cook-Patton, S., Lewis, O., Brown, N., Koricheva, J., Eisenhauer, N., Ferlian, O., Gravel, D., Hall, J., Jactel, H., Mayoral, C., Meredieu, C., Messier, C., Paquette, A., Parker, W., Potvin, C., Reich, P., & Hector, A. (2023). Young mixed planted forests store more carbon than monocultures—a meta-analysis. *Frontiers in Forests and Global Change*. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1226514>
- Weaver, C., Heinzl, M., Jorgensen, S., y Flores, J. (2022). Representación burocrática en el FMI y el Banco Mundial. *Perspectivas globales*. <https://doi.org/10.1525/gp.2022.39684>
- Webster, J., Paul, D., Purtle, J., Locke, R. y Goldstein, N. (2022). Políticas sociales y económicas a nivel estatal y su asociación con los resultados perinatales e infantiles. *The Milbank quarterly*. <https://doi.org/10.1111/1468-0009.12548>.
- Weeks, J., & Hettiarachchi, G. (2019). A Review of the Latest in Phosphorus Fertilizer Technology: Possibilities and Pragmatism. *Journal of environmental quality*, 48 5, 1300-1313.
- Wehling, P. (2020). International Agreements on Transboundary Freshwater Resources. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60796-1_4
- Weir, S., & Salice, C. (2020). Investigating potential toxic effects of pollutants on population growth rates and probability of extinction for a representative squamate. *Ecotoxicology*, 30, 175-186. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02289-y>
- Wells, J., Sawaya, A., Wibaek, R., Mwangome, M., Poullas, M., Yajnik, C., & Demai, A. (2019). The double burden of malnutrition: aetiological pathways and consequences for health. *The Lancet*, 395, 75-88.
- Wen, H., Liu, Y., & Liu, Y. (2024). Impact of Digitalization on Investment and Productivity of Manufacturing Industry: Evidence from China. <https://doi.org/10.1177/21582440241281862>
- Wiegand, T., & Wynn, M. (2023). Sustainability, the Circular Economy and Digitalisation in the German Textile and Clothing Industry. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15119111>
- Wijarnarko, A., & Krisnadi, L. (2024). Dismantling Reductionism in the Green Revolution Project with Vandana Shiva's Approach. *Digital Press Social Sciences and Humanities*. <https://doi.org/10.29037/digitalpress.411453>
- Wikipedia. (s.f.). Tecnología. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%](https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%9A)

ADa

- Wilkes, L., Barner, A., Keyes, A., Morton, D., Byrnes, J., & Dee, L. (2024). Quantifying co-extinctions and ecosystem service vulnerability in coastal ecosystems experiencing climate warming. *Global change biology*, 30 7, e17422. <https://doi.org/10.1111/gcb.17422>
- Wilkinson, C., Yeo, D., Tan, H., Fikri, A., & Ewers, R. (2018). Land-use change is associated with a significant loss of freshwater fish species and functional richness in Sabah, Malaysia. *Biological Conservation*. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2018.04.004>
- Williams, D., Clark, M., Buchanan, G., Ficetola, G., Rondinini, C., & Tilman, D. (2020). Proactive conservation to prevent habitat losses to agricultural expansion. *Nature Sustainability*, 4, 314 - 322. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00656-5>
- Williams, N., McRae, L., Freeman, R., Capdevila, P., & Clements, C. (2021). Scaling the extinction vortex: Body size as a predictor of population dynamics close to extinction events. *Ecology and Evolution*, 11, 7069 -7079. <https://doi.org/10.1002/ece3.7555>
- Wilson, J., Benbow, S., & Metcalfe, R. (2018). Reactive transport modelling of a cement backfill for radioactive waste disposal. *Cement and Concrete Research*.
- Windfeldt, L., y Madsen, L. (2018). Comunicación al público de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: un estudio de los beneficiarios de subvenciones con proyectos de demostración en el Programa de Desarrollo Rural de Dinamarca. *Política de uso de la tierra*. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2018.04.025>
- Winkelmann, J., y Maier, C. (2020). Tendencias temporales en la distribución geográfica de médicos, enfermeras y matronas en Europa. *Revista Europea de Salud Pública*. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa165.526>
- Wired. (s.f.). La inteligencia artificial se está convirtiendo en una herramienta científica. Recuperado de <https://es.wired.com/articulos/inteligencia-artificial-se-esta-volviendo-una-herramienta-cientifica>
- Wittmer, I., Scheidegger, R., Bader, H., Singer, H., & Stamm, C. (2011). Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides. *The Science of the total environment*, 409 5, 920-32.
- World Health Organization: WHO. (2024, 7 agosto). Las 10 principales causas de defunción. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- World Wildlife Fund. (2024). The impacts of climate change on ecosystems and biodiversity.

World Wildlife Fund.

Worm, B., & Lotze, H. (2021). Marine biodiversity and climate change. ClimateChange. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63524-2.00013-0>

Worthington, M., Shearer, C., Esdaile, L., Campbell, J., Gibson, C., Legg, S., Yin, Y., Wright, A. (2021). Agriculture and Biodiversity in Latin America in Historical Perspective. Oxford Research Encyclopedia of Latin American History. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199366439.013.991>

Wright, A., Mommer, L., Barry, K., & Van Ruijven, J. (2020). Stress gradients and biodiversity: monoculture vulnerability drives stronger biodiversity effects during drought years. Ecology, e03193. <https://doi.org/10.1002/ecy.3193>

Wright, L., Zhang, L., Cheng, I., Aherne, J., & Wentworth, G. (2018). Impacts and Effects Indicators of Atmospheric Deposition of Major Pollutants to Various Ecosystems - A Review. Aerosol and Air Quality Research, 18, 1953-1992.

Wu, F., Wang, Y., Liu, Y., Liu, Y., & Zhang, Y. (2020). Simulated responses of global rice trade to variations in yield under climate change: Evidence from main rice-producing countries. Journal of Cleaner Production, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124690>

Wu, Y., Yan, J., Zhang, J., & Wang, S. (2023). Microfluidic chip as a promising evaluation method in assisted reproduction: A systematic review. Bioengineering & Translational Medicine, 9. <https://doi.org/10.1002/btm2.10625>

Wu, Y., Zhu, Q. y Zhu, B. (2018). Comparaciones de las tendencias de desacoplamiento del crecimiento económico mundial y el consumo de energía entre países desarrollados y en desarrollo. Energy Policy, 116, 30-38. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2018.01.047>

Wurtsbaugh, W., Paerl, H., & Dodds, W. (2019). Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 6.

Wyckhuys, K., & Hadi, B. (2023). Institutional Context of Pest Management Science in the Global South. Plants, 12. <https://doi.org/10.3390/plants12244143>

Wyss, M., & Muyldermans, D. (2023). Biodiversity COP15 - A stepping stone towards effective access and benefit sharing. Open Access Government. <https://doi.org/10.56367/oag-038-10746>

Xaba, S., Tartibu, L. y Mashinini, P. (2022). Desarrollo de un dispositivo de purificación de agua.

- 2022 IEEE 13th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT) , 65-71. <https://doi.org/10.1109/ICMIMT55556.2022.9845284>
- Xiang, T., Malik, T. y Nielsen, K. (2020). El impacto de la presión demográfica en la intensidad del uso global de fertilizantes, 1970-2011: un análisis de la mediación inducida por políticas. *Pronóstico tecnológico y cambio social* , 152, 119895. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119895>
- Xie, W., Huang, J., Wang, J., Cui, Q., Robertson, R., & Chen, K. (2020). Climate change impacts on China's agriculture: The responses from market and trade. *Economic Review*, 62, 101256. <https://doi.org/10.1016/J.CHIECO.2018.11.007>
- Xu, F., Wang, Z., Chi, G. y Zhang, Z. (2020). Los impactos del desarrollo de la población y la aglomeración en la intensidad del uso del suelo: nueva evidencia detrás de la urbanización en China. *Política de uso del suelo*, 95, 104639. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104639>
- Xu, Z., Dou, S., Ding, S., & Liu, J. (2022). Temporal Genetic Stability Despite Decades of Overexploitation for Large Yellow Croaker in the East China Sea., 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.861840>
- Xue, J. (2024). The Influence of Brand Culture and Effects on Consumer Behavior. *SHS Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202419903010>
- Yadav, B., Pandit, D., Banjade, D., Mehata, D., Bhattarai, S., Bhandari, S., Ghimire, N., Yadav, P. y Paudel, P. (2024). Perspectivas sobre la conservación y utilización del germoplasma: implicaciones para la agricultura sostenible y la mejora de los cultivos en el futuro. *Archivos de agricultura y ciencia medioambiental*. <https://doi.org/10.26832/24566632.2024.0901026>
- Yadav, B., Pandit, D., Banjade, D., Mehata, D., Bhattarai, S., Bhandari, S., Ghimire, N., Yadav, P., & Paudel, P. (2024). Insights into the germplasm conservation and utilization: Implications for sustainable agriculture and future crop improvement. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. <https://doi.org/10.26832/24566632.2024.0901026>
- Yang, X., Barros, L., Matthews, K., & Meenagh, D. (2024). The Dynamics of Redistribution, Inequality and Growth Across China's Regions. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2024.01.011>
- Yang, Y., Nan, Y., Liu, Z., Zhang, D., & Sun, Y. (2020). Direct and indirect losses of natural habitat caused by future urban expansion in the transnational area of Changbai Mountain.

- Sustainable Cities and Society, 63, 102487. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2020.102487>
- Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Crétau, J., Wada, Y., & Bergé- Nguyen, M. (2023). Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science*, 380, 743 - 749. <https://doi.org/10.1126/science.abo2812>
- Yarlagadda, B., Wild, T., Zhao, X., Clarke, L., Cui, R., Khan, Z., Birnbaum, A., & Lamontagne, J. (2023). Trade and Climate Mitigation Interactions Create Agro- Economic Opportunities With Social and Environmental Trade-Offs in Latin America and the Caribbean. *Earth's Future*, 11. <https://doi.org/10.1029/2022EF003063>
- Yaroson, E., Chowdhury, S., Mangla, S., Dey, P., Chan, F., & Roux, M. (2023). A systematic literature review exploring and linking circular economy and sustainable development goals in the past three decades (1991–2022). 62, 1399 -1433. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2270586>
- Yaulilahua, D., Recuay, J., Galván, M., & Rodriguez, P. (2023). PERUVIAN AGRO- EXPORT SECTOR: A COMPETITIVENESS STUDY ON THEIR MAINPRODUCTS IN THE PERIOD2010-2019. *Journal of Globalization, Competitiveness and Governability*. <https://doi.org/10.58416/gcg.2023.v17.n2.01>
- Yenson, A., Sommerville, K., Guja, L., Merritt, D., Dalziell, E., Auld, T., Broadhurst, L., Coates, D., Commander, L., Crawford, A., Emery, N., Funnekotter, B., Knapp, Z., Makinson, R., Monks, L., Wrigley, D., & Offord, C. (2023). Ex situ germplasm collections of exceptional species are a vital part of the conservation of Australia's national plant treasures. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10421>
- Yepez, A. (2016, 11 octubre). ¿Cuáles son los peligros sanitarios de un derrame de petróleo? RPP Noticias. <https://rpp.pe/vital/expertos/cuales-son-los-peligros-sanitarios- de-un-derrame-de-petroleo-noticia-997849>
- Yildirim, G., Alim, M. y Rahman, A. (2022). Revisión de la investigación sobre la recolección de agua de lluvia mediante un análisis bibliométrico. *Agua*. <https://doi.org/10.3390/w14203200>
- Yoo, S., & Kwak, S. (2010). Electricity consumption and economic growth in sevenSouth American countries. *Energy Policy*, 38, 181-188. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2009.09.003>
- Yuldashev, N., Nabokov, V., Nekrasov, K., & Djurabaev, O. (2022). Modern modelsof agro-industrial production organization in Uzbekistan.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2270586>

- Yusta-García, R., Orta-Martínez, M., Mayor, P., González-Crespo, C., & Rosell- Melé, A. (2017). Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonia rivers. *Environmental pollution*, 225, 370-380.
- Zabel, F., Müller, C., Elliott, J., Minoli, S., Jägermeyr, J., Schneider, J., Franke, J., Moyer, E., Dury, M., François, L., Folberth, C., Liu, W., Pugh, T., Olin, S., Rabin, S., Mauser, W., Hank, T., Ruane, A., & Asseng, S. (2021). Large potential for crop production adaptation depends on available future varieties. *Global Change Biology*, 27. <https://doi.org/10.1111/gcb.15649>
- Zadorozhko, G., & Kolesov, K. (2024). Trade Wars and Their Impact on National Economies. *Economic journal Odessa polytechnic university*. <https://doi.org/10.15276/ej.01.2024.5>
- Zadorozhna, T. (2020). FINANCIAL MARKETS GLOBALIZATION: THE ESSENCE AND IMPACT ON THE REGULATION OF NATIONAL SECURITIES MARKETS. *Economic Analysis*. <https://doi.org/10.35774/econa2020.03.081>
- Zaehring, J., Messerli, P., Giger, M., Kiteme, B., Atumane, A., Da Silva, M., Rakotoasimbola, L., & Eckert, S. (2021). Large-scale agricultural investments in Eastern Africa: consequences for small-scale farmers and the environment. *Ecosystems and People*, 17, 342-357. <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1939789>
- Zavalko, N., Kutukova, E., & Orlov, I. (2019). Economics and management of the agro- industrial complex. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 274. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/274/1/012100>
- Zayed, A. (2023). Monoculture is good if you are a squash bee. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2303921120>
- Zedler, J. B., & Kercher, S. (2005). Wetland resources and biodiversity conservation. *Ecology*.
- Zeng, K., Wells, R., Gu, J., & Wilkins, A. (2022). Bilateral Tensions, the Trade War, and US–China Trade Relations. *Business and Politics*, 24, 399 - 429. <https://doi.org/10.1017/bap.2022.8>
- Zevallos, M. G., & Lavado-Casimiro, W. S. (2022). Climate change impact on Peruvian biomes: A future projection study for 2035–2065. *Environmental Research*, 204. <https://consensus.app/papers/climate-change-impact-on-peruvian-biomes-zevallos-lavado-casimiro/1f0974080ed053d880af2a29acc685cf/>
- Zhang, D., Zhang, S., Liang, Q., Guan, M., Zhang, T., Chen, S. y Wang, H. (2024). Un dispositivo

de purificación de agua portátil alimentado por energía solar inspirado en una tienda de campaña para exploradores de la naturaleza. *Small*, e2311731. <https://doi.org/10.1002/sml.20231173>

Zhang, H. (2023). Desarrollo de la salud pública y crecimiento económico: evidenciade las ciudades chinas. *International Regional Science Review*, 47, 100-125. <https://doi.org/10.1177/01600176231160494>.

Zhang, H., Zhang, W., Lu, Y., Wang, Y., Shan, Y., Ping, L., Li, H., Lee, L., Wang, T., Liang, C., Jiang, H., & Cao, D. (2023). Worsening Carbon Inequality Embodied in Trade within hina. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05990>

Zhang, L., Yan, C., Guo, Q., Zhang, J., & Ruiz-Menjivar, J. (2018). The impact of agricultural chemical inputs on environment: global evidence from informetrics analysis and visualization. *International Journal of Low-Carbon Technologies*.

Zhang, Q., & Duan, Y. (2023). How Digitalization Shapes Export Product Quality: Evidence from China. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15086376>

Zhang, S., Liu, X., Hao, X., Wang, J., & Zhang, Y. (2019). Distribution of low- density microplastics in the mollisol farmlands of northeast China.. *The Science ofthe total environment*, 135091. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135091>

Zhang, W. (2022). Comparative analysis on the advantages and disadvantages of logistics industry warehouse distribution mode and network express competition.

Zhang, Z., Wu, L., Feng, J., Dong, Z., Zhao, X., Sun, Y., Cheng, X., Dong, L., & Liu, T. (2024). Characteristics of Runoff Components in the Mingyong Glacier Basin,Meili Snow Mountains. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w16070937>

Zhao, G., An, T., Fan, Z., Wu, K., Lv, K., Zhou, F., Wu, B., & Fullen, M. (2024). Responses of soil microbiome to nitrogen input on eroded slope farmland inSouthwest China. *Food and Energy Security*. <https://doi.org/10.1002/fes3.557>

Zhao, K., Chen, D., Zhang, X. y Zhang, X. (2022). ¿Cómo interactúan la expansión del suelo urbano, la financiación del suelo y el crecimiento económico? *Revista internacional de investigación medioambiental y salud pública*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095039>

Zhao, Z., Cheng, M., Li, Y., Song, X., Wang, Y. y Zhang, Y. (2021). Un nuevo humedal construido combinado con celdas de desalinización microbiana y su aplicación. *Microbial Ecology*, 83, 340-352. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01752-5>

- Zhao, Z., Pal, S., Mahalik, M., & Gozgor, G. (2023). Effects of Financial and Trade Globalization on Total Factor Productivity Growth in Emerging Economies. *Emerging Markets Finance and Trade*, 60, 328 -344. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2023.2223934>
- Zheng, W. y Walsh, P. (2019). Crecimiento económico, urbanización y consumo de energía: un análisis a nivel provincial de China. *Economía energética*. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2019.01.004>
- Zhilkin, O., & Galvez, W. (2020). Analysis of current trends in assessing the country's potential in international trade (on example of Peru). *Economics*, 28, 239-253. <https://doi.org/10.22363/2313-2329-2020-28-2-239-253>
- Zhu, S., Yu, C., & He, C. (2020). Export structures, income inequality and urban-rural divide in China. *Applied Geography*, 115, 102150. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102150>
- Zimmerer, K., Tubbeh, R., & Bell, M. (2023). Entangled pathways of the Plantationocene: early colonial monocropping, subaltern agrobiodiversity, and aridity in Andalus (Spain) and Coastal Peru. *The Journal of Peasant Studies*, 51, 624,650. <https://doi.org/10.1080/03066150.2023.2287679>
- Zimu, F. (2023). Exploring the Impact of Cultural Factors on Consumer Behavior in E- Commerce: A Cross-Cultural Analysis. *Journal of Digitainability, Realism & Mastery (DREAM)*. <https://doi.org/10.56982/dream.v2i03.90><https://doi.org/10.32782/bses.79-24>
- Zinngrebe, Y. (2023). Planning for Implementation: Shifting the Focus of National Biodiversity Strategies to Local Narratives, Existing Institutional Settings and Social Capital. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15129774>
- Zock, J. (2018). Some clues for studying long-term health effects of oil spills. *Occupational and Environmental Medicine*, 75, 163 - 164.
- Zorrilla, J. (2021). Recovery After the Covid-19 Pandemic: the Case of Peruvian Tourism. *Journal of Economics Finance and International Business*. <https://doi.org/10.20511/JEFIB.2020.V4N1.840>
- Zu, W., Gu, G., & Lei, S. (2022). Does Digital Transformation in Manufacturing Affect Trade Imbalances? Evidence from US-China Trade. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14148381>
- Zvarych, I., y Brodovska, O. (2023). CRISIS CLIMÁTICA GLOBAL YMIGRACIÓN CLIMÁTICA. *Estudios económicos del Mar Negro*.

Primera edición

Las rutas hacia un mundo en evolución constante



En un mundo cada vez más interconectado y vulnerable a cambios profundos, nos encontramos a las puertas de una nueva era, donde el chip cuántico y el conocimiento de frontera tienen el potencial de revolucionar la forma de la enseñanza y el aprendizaje, es por ello que el conocimiento y la reflexión colectiva se convierten en herramientas fundamentales para abordar los grandes desafíos globales. El Colegio Científico Albert Einstein, Escuela Asociada de la UNESCO, consciente de su responsabilidad de preparar a las nuevas generaciones para un futuro que ya está aquí, entiende que la educación debe evolucionar continuamente, y se alinea a este momento histórico del año de “las tecnologías cuánticas 2025”, promovido por la UNESCO. Este compromiso se refleja no solo en el contenido de este libro, sino también en su enfoque integral. La institución apuesta por una educación que integre los avances más recientes, como la ciencia cuántica, ampliando el currículo para incluir no solo aspectos técnicos, sino también éticos y creativos. En un contexto global tan dinámico, se reconoce la necesidad de formar ciudadanos con pensamiento crítico y soluciones innovadoras, capaces de enfrentar los desafíos desde una perspectiva humanista y sostenible. El libro es un testimonio de este esfuerzo conjunto, que permite tratar diversas problemáticas que requieren de jóvenes que conjuntamente con la experiencia de sus docentes den una óptica realista, analítica y prospectiva a los fenómenos expuestos.

Atilio Rodolfo, Buendia Giribaldi
Jorge Antonio, Chavez Perez
Campos Arias, Rene Mauricio
Chilet Cama, Shirley Emperatriz
Pérez Nájera, Celin