

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Salud

Doctorado en Salud Colectiva, Ambiente y Sociedad

**La toxicidad humana y de los ecosistemas como procesos críticos del
extractivismo agroindustrial**

**Aportes a un modelo complejo integral de evaluación y regulación de uso de
agrotóxicos**

Orlando Manuel Felicita Nato

Tutor: Jaime Eduardo Breilh Paz y Miño

Quito, 2025



Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Orlando Manuel Felicita Nato, autor de la tesis intitulada “La toxicidad humana y de los ecosistemas como procesos críticos del extractivismo agroindustrial: aportes a un modelo complejo integral de evaluación y regulación de uso de agrotóxicos”, mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Doctor en Salud Colectiva, Ambiente y Sociedad en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

10 de enero de 2025



Firma: _____

Resumen

El extractivismo agrícola ha evolucionado desde prácticas tradicionales hacia modelos industrializados: Revolución Verde, Agricultura de Precisión, 4.0 y 5.0 que aplican tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT), la robótica, big data, y la automatización para transformar la producción agrícola en combinación con la biotecnología. Basado en el uso de agrotóxicos, desde organoclorados (1939) hasta el glifosato (1974) y moléculas modernas hormonas y antibióticos, generando procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas.

Se realiza el estudio de la evolución histórica de la legislación ambiental y la evaluación de impacto ambiental (EIA) a nivel global, y su influencia en la normativa ecuatoriana y examinando por qué, luego de 54 años de vigencia, el deterioro ambiental y los impactos a la salud humana persisten de manera alarmante. Se abordan las corrientes ideológicas: ecocentrismo y tecnocentrismo bajo el paradigma capitalista, y el marxismo como visión opuesta. A partir de los años 70, el Movimiento Latinoamericano de Salud Colectiva promueve una perspectiva crítica del extractivismo capitalista, abogando por la defensa de la vida. Hasta 2013, 191 países han integrado normativas ambientales en sus legislaciones, respaldados por organismos internacionales como la ONU, BM, CAF y BID.

La producción agroecología es una alternativa para construir una agricultura saludable y contrarrestar los impactos negativos del modelo agroindustrial, aplica prácticas sustentables y justas para disminuir los procesos toxicogénicos generados. Se deben plantear reformas a la normativa superando limitaciones y promoviendo un metabolismo sociedad naturaleza respetuoso con el planeta, que integre las 4S de la vida fundamentado en la Epidemiología crítica, la Determinación Social de la Salud y la Salud Colectiva.

La inclusión de 4S de la vida en un modelo de evaluación de procesos destructivos, bajo un enfoque de epidemiología crítica, transforma estas herramientas en procesos más justos, participativos y transformadores, pasando de ser procedimientos técnicos a instrumentos clave para promover un desarrollo que respete los ecosistemas, garantice la justicia social y contribuya al bienestar integral de las comunidades y del planeta.

Palabras clave: revolución verde, agricultura de precisión, epidemiología crítica, agroecología, salud colectiva, 4S de la vida.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis hermanos Oswaldo, Edgar, Héctor, Fabian, Hilda Gladys y Mario, por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

A mi hija Fiorella motivación de mi vida.

Al Dr. Jaime Breilh por todo su apoyo y generosidad en la realización de este trabajo y en mi formación.

Agradecimientos

A la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, por brindarme el soporte formativo.

Al Dr. Jaime Breilh, director del Centro de Investigación y Laboratorio de Impactos en Salud Colectiva CILAB SALUD, tutor y amigo en la realización de este trabajo.

A todos los compañeros del área de Salud de la UASB: María José Breilh, Ylonka Tillería, Fernanda Solíz, José Luis Coba, María Elena Sandoval, Stephanie Villamarin, María Luisa Espinoza y Silvia Maisincho, por todo su apoyo para la consecución de este trabajo.

A mi familia, pilar fundamental de mi vida.

Tabla de contenidos

Abreviaturas	17
Glosario	21
Introducción.....	27
Capítulo primero Procesos toxicogénicos en el extractivismo agroindustrial: hitos del desarrollo histórico de los principales	38
1. Extractivismo agrícola a escala global	38
1.1. Procesos toxicogénicos en la agroindustria.....	48
1.2. Historia de los procesos toxicogénicos en la agricultura	49
1.3. Los agrotóxicos: Descubrimiento, desarrollo. Uso y procesos toxicogénicos	52
1.3.1. Organoclorados.....	53
1.3.2. Organofosforados	57
1.3.3. Carbamatos	60
1.3.4. Piretroides	63
1.3.5. Neonicotinoides	66
1.3.6. Triazinas	68
1.3.7. Benzimidazoles	70
1.3.8. Estrobilurinas.....	72
1.3.9. Fenilpirazoles	74
1.3.10. Organofosfonatos.....	76
1.3.11. Bipiridilos	77
1.3.12. Sulfonilureas.....	79
1.3.13. Hormonas	81
1.4. Extractivismo agrícola en Ecuador en el contexto neoliberal.....	88
1.4.1. El neoliberalismo	89
1.4.2. Extractivismo agrícola en Ecuador antes del neoliberalismo (1980)	93
1.4.3. Extractivismo agrícola en Ecuador en el neoliberalismo (1980-2000)	100
1.4.4. Extractivismo agrícola en el posneoliberalismo (2000-2010).....	106
1.4.5. Extractivismo agrícola en el hiperneoliberalismo (2010 en adelante).....	111
1.5. Procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas del extractivismo agrícola.....	131
1.6. Las 4S de la vida y agricultura	140

1.6.1. La agroecología y otros modos de producción como alternativa a una agricultura tóxica, aplicación de las 4S de la vida.....	145
Capítulo segundo Análisis crítico de la evaluación de impacto ambiental a escala global y nacional	152
1. Recorrido histórico crítico de las políticas y bases éticas de la regulación ambiental a escala global y su incidencia a escala nacional	153
1.1. La política ambiental en la historia.....	153
1.2. Las ideologías políticas y el pensamiento ambiental relacionadas con la regulación ambiental	169
1.3. Líneas de pensamiento vinculadas con la evaluación de impacto ambiental	178
2. Recorrido histórico por las políticas públicas sobre la evaluación de impacto ambiental en Ecuador.....	181
2.1. Legislación ambiental en Ecuador	182
2.1.1. Periodo sanitarista	182
2.1.2. Periodo preservacionista y conservacionista.....	183
2.1.3. Periodo ambientalista.....	185
2.1.4. La EIA en Ecuador.....	187
3. Los modelos de evaluación de los impactos sobre la salud humana y los ecosistemas aplicados en la EIA.....	195
3.1. Modelos tradicionales de evaluación de impactos.....	195
3.1.1. Modelo de listas de verificación, chequeo o control.....	195
3.1.2. Modelo de matrices.....	198
3.1.3. Modelo de redes de interacción	201
3.1.4. Modelos matemáticos y predictivos.....	203
3.1.5. Modelo de análisis multicriterio	206
4. Normas y referentes toxicológicos en la legislación ambiental	211
Capítulo tercero Los agrotóxicos y la importancia de incluir en la normativa nacional el análisis de residuos en muestras de alimentos, ecosistemas y humanas.....	222
1. Los agrotóxicos.....	222
1.1. Los agrotóxicos en la producción agrícola.....	224
1.2. Los agrotóxicos y los procesos destructivos en la salud humana y los ecosistemas	235
1.3. Los agrotóxicos presentes en alimentos, ambiente y humanos	241
1.4. Estudios de los agrotóxicos y sus impactos sobre la salud y los ecosistemas realizados en el Ecuador.....	246

2. Los agrotóxicos comercialización y la investigación de residuos en alimentos, ecosistemas y humanos	253
2.1. La comercialización y el uso de agrotóxicos en Ecuador	254
2.2. Técnicas y tecnologías para la investigación de residuos de agrotóxicos presentes en alimentos, ambiente y humanos.....	256
3. Propuesta de evaluación de los procesos destructivos desde la Epidemiología crítica: Una perspectiva integral basada en las dimensiones general, particular e individual y las 4S de la vida.....	262
Conclusiones y recomendaciones	283
Lista de referencias	292
Anexos	353
Anexo 1: Normativa relacionada con la EIA en diferentes países por continentes	353
Anexo 2: Uso de agrotóxicos a escala mundial, regional y del Ecuador.....	360

Índice de tablas

Tabla 1 Procesos toxicogénicos de los agrotóxicos	85
Tabla 2 Procesos toxicogénicos del uso de OGM en la agricultura	119
Tabla 3 Resumen de la evolución de la agricultura y sus principales indicadores	129
Tabla 4 Procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas del extractivismo agrícola	137
Tabla 5 Evolución de la EIA 1970 - 2024	169
Tabla 6 Principales leyes relacionadas con la EIA en Ecuador	189
Tabla 7 Modelos Tradicionales de Evaluación de Impacto Ambiental	209
Tabla 8 Evolución de la agricultura y el uso de agrotóxicos	233
Tabla 9 Procesos destructivos de los agrotóxicos sobre la salud y los ecosistemas.	240
Tabla 10 Uso de superficie agropecuaria en Ecuador 2021	243
Tabla 11 Tipo de agrotóxicos utilizados en Ecuador	244
Tabla 12 Tipo de agrotóxicos utilizados en la Región Andina	245
Tabla 13 Estudios de residuos de agrotóxicos en muestras de frutas y vegetales	261
Tabla 14 Portada del proyecto	264
Tabla 15 Datos del proyecto	265
Tabla 16 Actores del proyecto	265
Tabla 17 Alcance del proyecto	265
Tabla 18 Línea base ambiental del proyecto	266
Tabla 19 Línea base salud y seguridad en el trabajo y la comunidad	266
Tabla 20 Sustancias Químicas utilizadas	267
Tabla 21 Capacidad de carga ecosistémica	267
Tabla 22 Modelación de Rutas y Acumulación	268
Tabla 23 Alternativas y Transición agroecológica	268
Tabla 24 Matriz 4S determinación Social de la Salud	269
Tabla 25 Matriz 4S determinación Social de la Salud	270
Tabla 26 Monitoreo Participativo	270
Tabla 27 Gobernanza y Escazú	271
Tabla 28 Autodeterminación Comunitaria y Territorial	272
Tabla 29 Equidad y justicia socioambiental	273
Tabla 30 Condiciones de vida digna y prevenir inseguridades	274
Tabla 31 Integración de las 4S en las dimensiones general, particular e individual en el modelo de evaluación	274
Tabla 32 Matriz de análisis de procesos críticos por dimensiones	280
Tabla 33 Matriz de relación: Dimensiones y 4S de la Vida	281
Tabla 34 Matriz de estrategias para el extractivismo agrícola	281

Abreviaturas

a.C.	antes de Cristo
ADI	ingesta diaria aceptable
ARfD	dosis de referencia aguda
BHC	hexacloruro de benceno
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BPA	buenas prácticas agrícolas
CAF	Corporación Andina de Fomento
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CEQ	Council on Environmental Quality
CESA	Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas
CICP	Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas
CMMAD	Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNUMAH	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano
CO ₂	dióxido de carbono
COA	Código Orgánico Ambiental
d.C.	después de Cristo
DAD	detector de arreglo de diodos
DDT	Dicloro difenil tricloroetano
DPR	Departamento de Regulación de Pesticidas
DSS	Determinación Social de la Salud
ECD	detector de captura de electrones
ECUARUNARI	Ecuador Runacunapac Riccharimui
EFSA	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
ELL	extracción líquido-líquido
ELS	extracción líquido-sólido
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

EPA	Environmental Protection Agency
EPP	equipo de protección personal
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación
FDA	Administración de Alimentos y Medicamento
FENOC	Federación Nacional de Organizaciones Campesinas
FIFRA	Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas
FLD	detector de fluorescencia
FMI	Fondo Monetario Internacional
FPD	detector fotométrico de llama
GC	cromatografía de gases
IAIA	International Association for Impact Assessment
IERAC	Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización
IISD	International Institute for Sustainable Development
IoT	internet de las cosas
JECFA	Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios
JMPR	Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicida
LC	cromatografía líquida
LMP	límite máximo permitido
LMR	límite máximo residual
MAATE	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MIP	Manejo Integrado de Plagas
MS	espectrometría de masas
MSP	Ministerio de Salud Pública
NEPA	National Environmental Policy Act
NMP	niveles máximos permisibles
NMs	nanomateriales
NPD	detector nitrógeno fosforo
OCDE	Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OGM	organismos genéticamente modificados

OMC	Organización Mundial del Comercio
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRONACA	Procesadora Nacional de Alimentos C.A.
QUECHERS	Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe
REI	Intervalo de Reingreso
SPE	extracción en fase sólida
TEPP	tetraetilpirofosfato
UE	Unión Europea
USDA	U.S. Department of Agriculture

Glosario

4S de la vida. Principios esenciales para la vida: Sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad.

adaptacionistas. Corriente que busca encontrar soluciones prácticas y flexibles a los problemas ambientales a través de ajustes graduales y adaptativos.

agentes cancerígenos. Sustancias que pueden causar cáncer en seres vivos.

Agricultura 4.0. Uso de tecnologías digitales para optimizar la producción agrícola, que surge cuando la telemática y el manejo de datos fueron combinados con el concepto de agricultura de precisión

Agricultura 5.0. Agricultura centrada en sustentabilidad y tecnologías avanzadas con inteligencia artificial, pone énfasis en la colaboración entre humanos y máquinas.

agricultura de precisión. Gestión agrícola basada en datos para mejorar eficiencia y reducir impactos.

agricultura familiar y campesina. Producción agrícola en pequeña escala, orientada al autoconsumo y mercados locales.

agricultura industrial. Producción agrícola intensiva, mecanizada y de gran escala.

agricultura tradicional. Prácticas agrícolas basadas en conocimientos ancestrales y locales.

Agrocalidad. Entidad reguladora de calidad y sanidad agropecuaria en Ecuador.

agrotóxicos. Productos químicos usados para controlar plagas, con potencial impacto negativo.

algoritmos. Conjunto de pasos lógicos para resolver un problema o tarea.

benzimidazoles. Clase de fungicidas usados en la agricultura.

biología artificial. Ciencia que crea o modifica organismos vivos de forma sintética.

bipiridilos. Herbicidas no selectivos como el paraquat, peligrosos para humanos y los ecosistemas.

carbamatos. Insecticidas que actúan inhibiendo la acetilcolinesterasa. Son ésteres del ácido carbámico (NH₂COOH).

ciberextractivismo. Explotación de datos y recursos digitales de forma intensiva.

Comisión del Codex Alimentarius. Entidad internacional que regula normas alimentarias.

conservadurismo. Ideología que favorece mantener tradiciones y el statu quo.

Convenio de Róterdam. Tratado que regula el comercio internacional de químicos peligrosos.

cultivos tradicionales. Plantas cultivadas históricamente por comunidades locales.

desplazamiento forzado. Migración obligada por conflictos, desastres o proyectos extractivos.

disruptores endocrinos. Sustancias químicas que alteran el sistema hormonal.

ecocentrismo o biocentrismo. Perspectiva que prioriza la naturaleza sobre el ser humano.

ecologismo puro. Defensa radical de la naturaleza sin comprometerse con intereses humanos.

ecosistemas. Comunidades de organismos interactuando con su entorno.

Epidemiología crítica. Corriente de pensamiento y práctica científica que trasciende los enfoques tradicionales y positivistas de la Epidemiología, incorporando un análisis estructural, histórico y contextual de los procesos que determinan la salud y la enfermedad.

estados militares: Regímenes políticos dominados por fuerzas armadas.

estrobilurinas. Fungicidas que inhiben la respiración mitocondrial en hongos. son derivados naturales del ácido β -metoxiacrílico producidos por varias especies de hongos.

extractivismo agrícola. Modelo económico que se basa en la explotación de recursos naturales para su exportación, sin importar los procesos destructivos sobre los ecosistemas y la sociedad.

extractivismo. Explotación intensiva de recursos naturales.

fenilpirazoles. Grupo de compuestos que tienen propiedades insecticidas y acaricidas de amplio espectro. Insecticidas eficaces, como el fipronil.

glifosato. El glifosato es un herbicida de amplio espectro no selectivo y sistémico: cualquier planta puede absorberlo a través de sus tejidos.

guerra fría. Conflicto político y militar indirecto entre EE.UU. y la URSS (1947-1991).

hiperneoliberalismo. Forma extrema de neoliberalismo, con privatización total y libre mercado absoluto.

hoguera tóxica. Uso indiscriminado de agrotóxicos que libera contaminantes peligrosos.

hormonas. Sustancias químicas que regulan funciones biológicas en organismos vivos.

Inteligencia artificial (IA). Combinación de algoritmos que buscan imitar la función cognitiva humana.

Ley de Gestión Ambiental. Norma que regula la protección y manejo del ambiente en Ecuador.

límite máximo permitido (LMP). Valor más alto de una sustancia aceptable en alimentos o agua.

límite máximo residual (LMR). Nivel permitido de pesticidas en productos agrícolas.

metales pesados. Elementos químicos tóxicos como mercurio, plomo y cadmio.

microempresas de monocultivo. Pequeñas “empresas” que producen una sola especie agrícola.

mini monocultivos. Pequeñas extensiones de cultivo único, de bajo impacto económico.

monocultivos. Cultivo exclusivo de una especie en grandes áreas, con impactos ambientales.

nanomateriales (NM). Materiales diseñados a escala nanométrica con propiedades únicas.

neoconservadurismo. Movimiento político que mezcla conservadurismo con intervenciones económicas neoliberales.

neoliberalismo. Modelo económico que promueve libre mercado y mínima intervención estatal.

neonicotinoides. Insecticidas asociados con la disminución de abejas y polinizadores.

organoclorados. Compuestos químicos inorgánicos que contienen cloro en su estructura, son persistentes, altamente tóxicos.

organofosfonatos. Derivados de fósforo, menos tóxicos que los organofosforados.

organofosforados: Insecticidas que inhiben enzimas esenciales en organismos vivos.

paraquat. Herbicida tóxico asociado con riesgos graves para la salud.

periodo ambientalista. Etapa enfocada en proteger el ambiente frente a daños humanos.

período conservacionista. Fase histórica dedicada a conservar recursos naturales.

período preservacionista. Movimiento enfocado en mantener áreas naturales intactas.

período sanitarista. Fase centrada en mejorar condiciones sanitarias y de salud pública.

piretroides. Insecticidas sintéticos derivados de piretrinas naturales.

polinizadoras. Especies esenciales para la reproducción de plantas, como abejas.

posneoliberalismo: Modelo político-económico alternativo al neoliberalismo.

procesos toxicogénicos. Permiten entender cómo las sustancias químicas deterioran la salud humana, animal y ecosistémica, guían el diseño de medidas preventivas y regulatorias para minimizar estos procesos destructivos.

revolución industrial. Transformación económica y tecnológica iniciada en el siglo XVIII.

revolución tecnológica. Innovaciones que han cambiado radicalmente la sociedad.

revolución verde. Introducción de agrotóxicos y tecnologías para intensificar la producción agrícola.

salud colectiva. Implica fenómenos sociales comunitarios que son producidos, observados y afrontados en sociedad.

socialismo. Sistema político-económico basado en la propiedad colectiva y equidad social.

Sociología crítica. Enfoque que cuestiona estructuras sociales y relaciones de poder.

subsunción digital. Integración del trabajo y la vida en lógicas digitales y de mercado.

sur global. Término que se refiere a países en desarrollo o económicamente marginados.

tecnocentrismo. Creencia en que la tecnología resolverá todos los problemas humanos.

tecnócratas. Líderes que basan decisiones en conocimiento técnico y científico.

tecnologías blandas. Herramientas que enfatizan el conocimiento y procesos sociales.

transgénicos. Organismos genéticamente modificados para fines específicos.

triazinas. Herbicidas comunes que afectan el crecimiento de las plantas.
Derivados heterocíclicos del nitrógeno y tienen la fórmula empírica $C_3H_3N_3$.

variedades mejoradas. Cultivos desarrollados para mayor productividad o resistencia.

Introducción

El modelo de extractivismo agrícola favorece el crecimiento económico y la acumulación de capital, pero deja de lado los derechos humanos y la autonomía de los pueblos. Invisibiliza las cosmovisiones originarias de los pueblos ancestrales, niega la existencia de saberes tradicionales y el conocimiento popular, y desconoce la relación entre la sociedad y la naturaleza, así como los procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas que generan las actividades agrícolas. Además, no acepta la posibilidad de avanzar hacia un modelo alternativo que promueva la sustentabilidad del planeta y el cuidado de la vida, desacreditando y sancionando a quienes lo impulsan (Carvajal 2016).

La agricultura extractiva, basada en la Revolución Verde, se caracteriza por grandes extensiones de monocultivos y el uso intensivo de agrotóxicos y otros insumos. Esta práctica emplea maquinaria y tecnologías avanzadas con el objetivo de lograr mayor productividad, sosteniendo el modelo de acumulación de capital a cualquier costo. Sin embargo, genera procesos destructivos que afectan la salud de los trabajadores agrícolas, sus familias y las comunidades cercanas, así como la de los consumidores. Al mismo tiempo, provoca un deterioro significativo en los ecosistemas. Este modelo transforma la agricultura, perjudicando al campesino agricultor tradicional y beneficiando al empresario agroexportador. Este modelo inunda los campos con sustancias tóxicas que afectan tanto la salud humana como la de los ecosistemas, al tiempo que garantiza la acumulación de capital promovida por el capitalismo, deteriorando la economía campesina (Breilh 2017b).

A escala mundial, la política agrícola alineada con la Organización Mundial del Comercio impulsa la producción en monocultivo con fines de exportación. Este enfoque aplica técnicas agrícolas que atentan contra la vida, afectando negativamente a la agricultura familiar tradicional, la salud humana y el medio ambiente. Además, desarticula las unidades productivas de pequeños productores, perjudicando especialmente a los campesinos de los países dependientes (Rubio 2017).

Pero no solo el extractivismo agrícola contribuye al cambio climático y otros procesos destructivos, también la producción agrícola y pecuaria convencional aportan a este problema mediante la emisión de metano (CH₄) generado por el ganado, tanto durante

el proceso de digestión como a través del estiércol, que suele almacenarse para su uso como abono orgánico y óxido nitroso (N₂O) que se produce debido al uso de fertilizantes nitrogenados aplicados a la tierra y los cultivos, ambos gases de efecto invernadero (FAO 2016b).

En Ecuador destacan dos estructuras agrarias principales: por un lado, los grandes terratenientes, dedicados al agronegocio y fundamentados en el modelo de la "Revolución Verde", cuya producción se destina mayoritariamente a la exportación (banano, flores, palma) y, en menor medida, al consumo interno (industria avícola y caña de azúcar). Por otro lado, están los pequeños y medianos productores de agricultura campesina, familiar y comunitaria, quienes abastecen la demanda interna de alimentos. De esta actividad dependen miles de comunidades que enfrentan la ardua labor de sustentar la soberanía alimentaria.

El extractivismo en la agricultura moderna no solo genera procesos de intoxicación, sino que también afecta las bases para un desarrollo sostenible y equitativo representadas en las 4S: Sustentabilidad (degradación ambiental y agotamiento de recursos), Soberanía (pérdida de autonomía por control corporativo), Solidaridad (inequidades sociales y conflictos), y Seguridad (procesos destructivos sanitarios y amenaza a la salud). Este modelo prioriza el beneficio económico sobre la salud, el equilibrio ambiental y la justicia social, agravando desigualdades y deteriorando las condiciones de vida globales (Breilh 2019a, 2021, 2023a).

Desde la epidemiología crítica, como señala Jaime Breilh, el extractivismo no solo intensifica desigualdades estructurales, sino que también genera condiciones para procesos malsanos. Al concentrar poder y recursos, expone a poblaciones vulnerables a riesgos ambientales y sanitarios, afectando la salud colectiva y perpetuando ciclos de pobreza. En países en desarrollo, este modelo insostenible prioriza intereses económicos a corto plazo a costa de la salud, los ecosistemas y la equidad social. Su transformación exige sistemas de producción más justos y sostenibles que promuevan el bien común y la regeneración ambiental (Chaparro 2011; Breilh 2023a).

El extractivismo agrícola, desde la perspectiva de la salud colectiva, es un modelo intensivo e insostenible que prioriza la producción a gran escala mediante monocultivos, agrotóxicos y explotación de recursos, generando impactos negativos en la salud humana, los ecosistemas y las comunidades, además de aumentar las inequidades sociales y ambientales. Su análisis requiere un enfoque integral que considere la determinación social, económica, ambiental y política de la salud, y promueva sistemas agrícolas

sostenibles basados en justicia social, soberanía alimentaria y regeneración ecológica. Este cambio es crucial para la salud comunitaria y la sostenibilidad a largo plazo (Verzeñassi 2014; Kauffer 2018; Martin 2021; Re y Levato 2021; Verzeñassi et al. 2022; Pereyra et al. 2023).

Las enfermedades causadas por la exposición prolongada a agrotóxicos son consecuencia de condiciones estructurales que afectan principalmente a las comunidades más vulnerables. Estos químicos, que actúan como disruptores endocrinos y agentes cancerígenos, generan daños en la salud de trabajadores agrícolas y poblaciones cercanas a través de la contaminación del aire, suelo y agua. Los efectos incluyen cáncer, malformaciones congénitas, trastornos neurológicos y respiratorios, a menudo invisibilizados por empresas, sistemas de salud y organismos reguladores. Además, la expansión de la agricultura industrial provoca desplazamiento forzado, pérdida de territorios, estrés, y deterioro cultural y social en las comunidades afectadas (Martin 2021; Re y Levato 2021; Pereyra et al. 2023).

El extractivismo agrícola genera procesos tóxicos que afectan negativamente a los ecosistemas, comprometiendo la sustentabilidad agrícola, el equilibrio ecológico y la seguridad ecosistémica futura. Este modelo degrada el suelo mediante el uso intensivo de agrotóxicos y tecnologías que alteran su fertilidad y capacidad de regeneración, mientras que la expansión de monocultivos provoca pérdida de biodiversidad al eliminar hábitats naturales y afectar especies clave como los polinizadores. Además, los productos químicos contaminan fuentes de agua, impactando tanto los ecosistemas acuáticos como a las comunidades que dependen de estos recursos (Kauffer 2018; Re y Levato 2021; Pereyra et al. 2023).

Los procesos toxicogénicos en la agroindustria surgen de la interacción entre sustancias tóxicas utilizadas en la agricultura y los organismos vivos, incluyendo plantas, animales y humanos. Estas prácticas, impulsadas por la introducción de nuevas tecnologías, maquinaria y agrotóxicos para controlar “plagas”, han impactado negativamente la salud y el entorno a lo largo del tiempo (Hassan, Jesse, y Gabdo 2007; Breilh 2007; Breilh y Tillería 2009; Breilh 2011a, 2011b; Rincon et al. 2015; M. Ramírez 2018). Su empleo sin regulación adecuada persiste y se expande hoy, a pesar de que hace más de seis décadas Rachel Carson con su “Primavera Silenciosa” alertó al mundo de su grave peligro (Carson 1962).

Desde el punto de vista de la salud colectiva, el modelo extractivista agrícola es inviable a largo plazo, por lo tanto, se hace imprescindible avanzar hacia sistemas

productivos sustentables que respeten los límites del entorno natural, aseguren condiciones de vida dignas para las comunidades rurales y prioricen tanto la justicia social como la ambiental. Esto implica realizar un análisis crítico del modelo vigente e implementar políticas públicas orientadas a la protección de la salud humana y la conservación de los ecosistemas.

Antes de la Revolución Industrial, la agricultura utilizaba métodos naturales como la rotación de cultivos y minerales como arsénico, mercurio y plomo. Sin embargo, su uso excesivo provocó procesos toxicogénicos que afectaron la salud humana y los ecosistemas (Flint y Bosch 1981b; Matthews 2018; Bertomeu 2019). Durante la Revolución Industrial, los avances en síntesis química impulsaron el desarrollo y la rápida introducción de agrotóxicos en la agricultura, desatando una carrera industrial para crear y comercializar sustancias como pesticidas, herbicidas y fungicidas con diversas aplicaciones (Mazoyer y Roudart 2006). La implementación masiva de tecnologías agrícolas, agrotóxicos, “variedades mejoradas” y monocultivos buscó aumentar la producción y reducir pérdidas, pero también generó impactos negativos en los ecosistemas y procesos dañinos para la salud de trabajadores agrícolas y agricultores (Ceccon 2008; D. Garcia y Serrano 2011; Ribeiro 2014; Martinez y Huerta 2018).

Se han establecido regulaciones como los Límites Máximos Permitidos (LMP) y Límites Máximos Residuales (LMR) para "reducir" los impactos de los agrotóxicos en la agricultura. Sin embargo, estas medidas, por sí solas y aunque se aplicaran al pie de la letra, no garantizan la seguridad de la salud de los trabajadores ni de las comunidades expuestas, y las regulaciones internacionales suelen ser obligatorias solo para el comercio entre países (Dileep K. Singh 2012; Robinson 2019).

Las regulaciones para proteger la salud humana y los ecosistemas frente al uso de agrotóxicos han sido ineficaces, ya que se aplican a productos individuales y no a formulaciones o mezclas tóxicas. Aunque todos los países cuentan con normativas, su cumplimiento es limitado por falta de control, deficiencias operativas y complicidad de organismos reguladores, poniendo en riesgo la vida en el planeta. En respuesta, han surgido movimientos que impulsan alternativas como la agricultura ecológica, sostenible, orgánica, integrada y el uso de biopesticidas, promoviendo la reducción de insumos externos y la dependencia de agrotóxicos (Altieri y Toledo 2011; Breilh 2017a).

A nivel mundial, se han implementado normativas ambientales como la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), diseñada para identificar y mitigar los procesos destructivos de actividades productivas en la salud y los ecosistemas. Aunque la EIA se

aplica desde los años 70 en muchos países, no ha logrado detener el deterioro ambiental ni los procesos toxicogénicos, que han alcanzado niveles alarmantes y amenazan la vida en el planeta. Desde la Epidemiología Crítica y el Movimiento Latinoamericano de Salud Colectiva, se proponen alternativas como las 4S de la vida (sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad), planteando un modelo basado en estos principios para promover actividades humanas más responsables y justas (Breilh 2019b, 2023a).

En la Constitución ecuatoriana se consagra el Buen Vivir (Sumak Kawsay), reconociendo los derechos de la naturaleza y priorizando la vida en el diseño, promulgación y aplicación de las políticas públicas (Altmann 2016; Acosta 2012). Sin embargo, la realidad dista mucho de ese horizonte: el Buen Vivir ha sido instrumentalizado como una herramienta de legitimación de proyectos agroextractivos y de otras actividades con alto potencial contaminante del agua, suelo, aire y cuerpos, amenazando tanto a los ecosistemas como a las comunidades. En este proceso se desconocen y agreden las cosmovisiones indígenas y campesinas, mientras la normativa local se acomoda a las exigencias del negocio o simplemente se pasa por alto. El abismo entre lo normado y lo practicado, marcado por la discrecionalidad institucional, normaliza exposiciones crónicas, perpetúa la agresión socioambiental y atenta contra la vida, favoreciendo sistemáticamente a las corporaciones bajo la mirada cómplice de autoridades de control y gobiernos. Ello se expresa en la definición complaciente de límites permisibles que, lejos de proteger, legalizan el daño y consolidan el saqueo y la acumulación de capital bajo la promesa del desarrollo. De este modo, la regulación se convierte en un mecanismo de legitimación corporativa que destruye ecosistemas, erosiona culturas y reproduce una toxicidad socialmente determinada.

La normativa ambiental, en particular los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y las licencias, se han convertido en rituales de legalidad que reducen la complejidad de los conflictos socioecológicos a métricas técnicas, desplazando el debate sobre justicia ambiental y autodeterminación territorial. Esta limitación se agrava con los recortes de fondos de la cooperación internacional destinados a la protección y al control ambiental, lo que reduce aún más las capacidades técnicas y humanas del Estado, restringe la capacitación de personal y limita el acceso a equipos y tecnologías indispensables para el monitoreo. El resultado es una desprotección casi absoluta de ecosistemas y comunidades, que quedan expuestos a procesos de contaminación sin fiscalización efectiva. A ello se suma el abandono de proyectos de conservación y de cuidado de áreas de importancia ecológica, así como el incumplimiento de acuerdos internacionales, lo que

en conjunto profundiza las inequidades socioambientales y refuerza las dinámicas de despojo.

Ante esta problemática, se hace necesario, una revisión crítica de la lógica del modelo preestablecido, y no solamente una reformulación como se ha venido haciendo en los últimos años, tal es el caso de los “factores de riesgo”, que para la Epidemiología crítica latinoamericana, “Era un abordaje probabilístico, ligado al formalismo cuantitativo, concebido para estudiar las probabilidades de susceptibilidad de personas o de agregados colectivos según niveles de exposición” (Brassel, Breilh, y Zapatta 2011). El modelo actual de la EIA se basa en la combinación de datos individuales para determinar impactos ambientales, sirviendo principalmente como herramienta informativa para las autoridades de control y el Estado (Breilh 2010b).

El objeto de estudio de este trabajo es: Estudiar las relaciones de poder que configuran el diseño, la aplicación y los resultados de la EIA en el sector agrícola ecuatoriano, y cómo esas relaciones inciden en los procesos toxicogénicos, la salud colectiva y la degradación ecosistémica. A partir de ese análisis, construir un modelo EIIPA que reoriente la evaluación desde la acumulación de capital hacia la protección de la vida, integrando enfoques cualitativos y cuantitativos, métodos inductivos y deductivos, y el marco de Determinación Social de la Salud (DSS) y las 4S (Soberanía, Sustentabilidad, Solidaridad, Seguridad/bioseguridad) con la participación activa de todos los actores involucrados con sus saberes y conocimientos (Breilh 2010b; Breilh et al. 2010; Breilh 2013b, 2017b, 2021, 2023a).

El objetivo de este trabajo es contribuir a la construcción de un nuevo modelo complejo e integral para la evaluación y regulación del uso de agrotóxicos en las actividades agroindustriales, fundamentado en los lineamientos de la Determinación Social de la Salud y en los principios de las 4S de la vida (Sustentabilidad, Solidaridad, Soberanía y Seguridad), desde el enfoque de la Epidemiología Crítica.

La metodología de este estudio se basa en un enfoque interdisciplinario que integra diversas etapas y herramientas para abordar los modelos teóricos y operacionales de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) relacionados con sustancias tóxicas. Inicialmente, se realizó la localización, búsqueda, identificación, selección, análisis crítico y descripción de información existente sobre los agrotóxicos y la EIA relacionadas con la evolución del extractivismo agrícola. Este proceso permitió establecer un diálogo entre estas áreas del conocimiento para obtener una comprensión integral del tema de investigación.

Asimismo, se lleva a cabo un estudio descriptivo-histórico de la evolución de los modelos teórico-operacionales de EIA relacionados con el uso y producción de sustancias tóxicas, identificando los hitos destacados en términos ambientales, políticos y económicos a nivel mundial, en América Latina y específicamente en Ecuador. Este análisis se complementa con una revisión bibliográfica de publicaciones en revistas indexadas sobre el uso y la generación de procesos destructivos de los agrotóxicos.

Se analizan fuentes secundarias relacionadas con los años de adopción y aplicación de esta legislación en distintos países. Se examinan también informes de organismos multilaterales y estatales, como la ONU, la CEE, el BID y la CAF, junto con las principales corrientes de pensamiento ambiental de cada época, incluyendo el tecnocentrismo, ecocentrismo, marxismo y el Movimiento Latinoamericano de Salud Colectiva. A través de una revisión bibliográfica y un análisis crítico, se vinculan estas corrientes con el desarrollo de la legislación ambiental. Posteriormente, se profundiza en la normativa ambiental de Ecuador, analizando su evolución desde su promulgación hasta la actualidad, identificando cuatro etapas principales: sanitarista, preservacionista, conservacionista y ambientalista, para finalmente abordar de manera específica la normativa sobre la EIA en el país.

Se llevó a cabo un estudio bibliográfico utilizando diversas fuentes libros, revistas, sitios web, y otras referencias relacionadas con la agricultura convencional, agroecología, toxicidad de agrotóxicos, los procesos destructivos sobre la salud humana y los ecosistemas, así como la relevancia del análisis de residuos de agrotóxicos en diferentes matrices y las técnicas adecuadas para ello. Este proceso permitió establecer un diálogo interdisciplinario que facilitó la obtención de información relevante para el tema de investigación. Se evidenció que en el país existen pocos estudios sobre la determinación de residuos de agrotóxicos en muestras humanas, ambientales y alimentos, en contraste con la obligatoriedad de estos análisis a escala mundial.

La documentación recopilada se almacenó y gestionó utilizando el software Zotero, y finalmente se realizó un análisis crítico de los principales documentos, sintetizando las ideas más relevantes para el estudio y aportan la construcción de una propuesta de evaluación de los procesos destructivos desde la Epidemiología crítica: Una perspectiva integral basada en las dimensiones General, Particular e Individual y las 4S de la vida.

Metodológicamente los criterios de inclusión consideran artículos académicos, libros y publicaciones científicas indexadas en bases de datos reconocidas y de acceso

libre que aborden críticamente la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), la salud colectiva, la ecología política y los derechos de la naturaleza, así como la historia de los agrotóxicos y los estudios sobre sus impactos. En el ámbito normativo se incluyen normativas internacionales y nacionales como tratados, acuerdos, constituciones, leyes, reglamentos (ej. The National Environmental Policy Act (NEPA 1970), tratado de Estocolmo (1972), declaración de Río (1992), Constitución del Ecuador 2008, Ley de Gestión Ambiental 1999, Código Orgánico del Ambiente 2017, entre otras. Estas fuentes permiten comprender la dimensión jurídico-política de la EIA y la protección ambiental. Documentos de organismos internacionales (BID, BM, CAF, EPA, CE), organizaciones sociales y ONGs: informes de Acción Ecológica, CEDENMA, Fundación Pachamama, entre otros, que han acompañado procesos de resistencia ambiental en el Ecuador. Los Criterios de exclusión comprenden fuentes sin respaldo académico o institucional verificable, como blogs no especializados o publicaciones sin referencias claras, documentos normativos que no guarden relación directa con el campo ambiental o de derechos colectivos.

Los marcos teóricos y conceptuales se confrontan con las normativas ambientales nacionales e internacionales vigentes, identificando tensiones entre teoría y práctica. Por otro lado, la literatura crítica sobre EIA, justicia ambiental y salud colectiva enriquecida con los testimonios de comunidades, incorpora saberes ancestrales y experiencias de resistencia como fuentes válidas de conocimiento.

El presente estudio se lo plasma en tres capítulos: El primer capítulo aborda las etapas fundamentales de la evolución del extractivismo agrícola, destacando los procesos toxicogénicos relacionados con el uso de sustancias químicas en cada fase, así como el desarrollo histórico de los agrotóxicos y los procesos destructivos sobre la salud humana y los ecosistemas. Se presenta un análisis histórico de la producción y uso de agroquímicos, comenzando con los organoclorados, como el DDT en 1939, pasando por el glifosato introducido en 1974, y llegando a las moléculas más recientes, incluyendo hormonas, antibióticos y transgénicos. Este recorrido abarca desde la Agricultura Tradicional, con productos artesanales, hasta la Agricultura Industrial y la Revolución Verde, marcadas por el uso de químicos sintéticos, y culmina con las tecnologías avanzadas aplicadas actualmente en la Agricultura de Precisión, Agricultura 4.0 y Agricultura 5.0, donde la biotecnología desempeña un papel central.

Este recorrido histórico destaca cómo el neoliberalismo global y sus etapas en Ecuador (desde el posneoliberalismo hasta el actual hiperneoliberalismo) han

intensificado el modelo extractivista, generando procesos destructivos sobre la salud, los ecosistemas y degradando las “4S de la vida” (sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad). Por lo que es necesario avanzar hacia alternativas como la agroecología para contrarrestar los procesos negativos y promover prácticas agrícolas más justas y sustentables.

En el segundo capítulo se analiza cómo los intereses empresariales y las ideologías políticas han influido en la evolución de la regulación ambiental, revisando hitos históricos, ideologías de gobierno, y referentes toxicológicos en la legislación ambiental. A pesar de 54 años de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en 191 países, incluidos Ecuador, sus objetivos no se han cumplido, dejando un legado de ecosistemas degradados y riesgos para la salud humana.

En Ecuador, a pesar de la emisión de más de 80 normativas ambientales y la obligatoriedad de realizar la EIA, deficiencias normativas, falta de recursos, complicidad institucional, y escasa participación comunitaria han reducido este instrumento a un trámite técnico, desconectado de la realidad de las áreas afectadas y del modelo de producción. La EIA, diseñada para evaluar y mitigar los impactos de actividades extractivistas, no ha logrado frenar la degradación ambiental, que continúa en aumento. Su enfoque técnico y predictivo, influido por la subjetividad de los actores involucrados, carece de un análisis integral que considere el metabolismo sociedad-naturaleza y los intereses en juego.

El documento propone transformar la EIA en un modelo integral, basado en las “4S de la vida” (sustentabilidad, soberanía, solidaridad y bioseguridad), para promover la protección de la salud humana y de los ecosistemas, y avanzar hacia un sistema que priorice el cuidado de la vida en todas sus dimensiones.

En el tercer capítulo se aborda una revisión crítica sobre el uso indiscriminado de agrotóxicos en la agricultura, resaltando los procesos toxicogénicos que estos productos generan en la salud de las personas expuestas y en los ecosistemas, ya sea por contacto directo o indirecto. Estas sustancias han sido utilizadas durante décadas en actividades agrícolas a pequeña, mediana y gran escala (extractivismo agrícola), sin considerar los procesos toxicogénicos generados sobre la salud y los ecosistemas.

Se analiza la presencia de agrotóxicos y sus metabolitos en diversas matrices alimenticias, ambientales y humanas, lo que resalta la necesidad de investigar estos contaminantes en el agua, suelo, aire, alimentos y personas. Este análisis requiere técnicas confiables y seguras, que deberían incluirse en la normativa para implementar medidas

que reduzcan la exposición y mitiguen los procesos destructivos en las poblaciones afectadas y los ecosistemas.

Además, se describen técnicas comúnmente utilizadas para la determinación de residuos en diferentes matrices. Para la preparación de muestras, se emplean métodos como extracción en fase sólida (SPE), extracción líquido-líquido (ELL) y extracción líquido-sólido (ELS). En cuanto al análisis instrumental, se destacan técnicas como cromatografía de gases (GC) y cromatografía líquida (HPLC) acopladas a detectores diversos (MS, MS/MS, NPD, ECD, FPD, DAD, FLD), dependiendo de los analitos a estudiar.

Finalmente se presenta una propuesta de modelo de Evaluación de los procesos destructivos desde la Epidemiología Crítica: Una Perspectiva integral basada en las dimensiones General, Particular e Individual y las 4S de la Vida.

Las conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio abarcan aspectos clave como el desarrollo y uso de agrotóxicos, y los procesos toxicogénicos que afectan tanto la salud humana como los ecosistemas. También se analiza la evolución de las normativas ambientales, con un enfoque en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y su relación con organismos internacionales. Además, se examina la influencia de las ideologías políticas en el diseño y aplicación de estas regulaciones en distintos países, que han integrado dichas legislaciones en sus políticas internas. Se revisan modelos tradicionales de evaluación, incluyendo la aplicación de niveles referenciales como los Límites Máximos de Residuos (LMR) y los Límites Máximos Permitidos (LMP). Asimismo, se plantea una propuesta de evaluación integral basada en las “4S de la vida”, fundamentada en los principios de la Epidemiología Crítica, la Determinación Social de la Salud y la Salud Colectiva. Este enfoque busca abordar de manera holística los desafíos asociados al uso de agrotóxicos y los procesos destructivos multidimensionales que estos generan.

Capítulo primero

Procesos toxicogénicos en el extractivismo agroindustrial: hitos del desarrollo histórico de los principales

La agricultura ha atravesado una transformación profunda desde sus inicios hace miles de años, evolucionando desde prácticas tradicionales hacia la Revolución Verde, la agricultura industrializada y las innovaciones tecnológicas actuales. Este capítulo explora las etapas fundamentales de esta evolución, destacando los procesos toxicogénicos relacionados con el uso de sustancias químicas en cada fase, así como el desarrollo histórico de los agrotóxicos y los procesos destructivos sobre la salud humana y los ecosistemas. Presenta un análisis histórico de la producción y uso de agroquímicos, comenzando con los organoclorados, como el DDT en 1939, pasando por el glifosato introducido en 1974, y llegando a las moléculas más recientes, incluyendo hormonas, antibióticos y transgénicos. Este recorrido abarca desde la Agricultura Tradicional, con productos artesanales, hasta la Agricultura Industrial y la Revolución Verde, marcadas por el uso de químicos sintéticos, y culmina con las tecnologías avanzadas aplicadas actualmente en la Agricultura de Precisión, Agricultura 4.0 y Agricultura 5.0, donde la biotecnología desempeña un papel central.

El recorrido histórico sigue una línea de hitos políticos, destacando cómo el neoliberalismo global ha promovido un modelo extractivista que afecta tanto a la salud como a los ecosistemas. Asimismo, analiza las distintas etapas políticas en Ecuador, desde las épocas previas al neoliberalismo, pasando por el posneoliberalismo, hasta el actual hiperneoliberalismo (Breilh 2023a), que han intensificado los procesos toxicogénicos. El modelo agroindustrial imperante ha degradado las “4S de la vida” (sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad), lo que lleva a proponer alternativas para contrarrestar los efectos negativos del modelo y avanzar hacia prácticas agrícolas más sustentables y justas como la agroecología.

1. Extractivismo agrícola a escala global

El extractivismo es un modelo económico basado en la extracción intensiva de recursos naturales destinados principalmente a la exportación, generalmente sin un procesamiento significativo en los países de origen. Este sistema, predominante en

actividades como la minería, el petróleo, la pesca y la agricultura, genera impactos profundos en la salud, los ecosistemas y las dinámicas sociales y económicas, afectando especialmente a los países del Sur Global. Tradicionalmente enfocado en la explotación de minerales y combustibles fósiles, el extractivismo ha expandido su alcance hacia prácticas como la agroindustria intensiva, el control de vastos territorios y recursos genéticos, e incluso hacia nuevas formas de explotación digital, como el ciberextractivismo, derivado de la revolución tecnológica. La mercantilización de datos personales y el control digital de la vida cotidiana representan nuevas formas de extracción. La proliferación de algoritmos, inteligencia artificial y biología artificial consolida una subsunción digital de la vida, planteando desafíos éticos y de salud colectiva (Breilh 2023a).

El modelo caracterizado por una producción intensiva y a gran escala, aumenta significativamente la presión sobre los recursos naturales y sociales, profundizando las desigualdades globales. Para legitimar estas prácticas, tanto gobiernos como corporaciones han difundido la idea de un extractivismo “socialmente responsable”, argumentando que contribuye al financiamiento de programas sociales. Sin embargo, esta narrativa funciona principalmente como una herramienta política para ganar apoyo, mientras oculta los graves costos ambientales, sociales y de salud pública asociados a este modelo. Entre sus impactos ambientales más notorios están la contaminación del suelo, agua y aire, así como la deforestación y la pérdida de biodiversidad, que afectan profundamente a los ecosistemas (2023a).

El uso de agrotóxicos, la liberación de metales pesados y las emisiones que agravan el cambio climático contribuyen a la degradación ambiental, incluyendo la muerte de especies esenciales como las abejas polinizadoras, lo que altera de manera crítica el equilibrio ecológico. Estos daños, además de ser difíciles de revertir, comprometen la sostenibilidad a largo plazo. Desde un punto de vista social, el extractivismo suele favorecer a grandes corporaciones, frecuentemente extranjeras, mientras desplaza a comunidades locales, destruyendo sus medios de vida y generando conflictos sociales. En conjunto, este modelo perpetúa un ciclo de exclusión, degradación ambiental y deterioro de la calidad de vida en las regiones afectadas (2023a).

La agroindustria como eje de la agricultura moderna, no solo impulsa procesos de intoxicación, sino que también destruye los pilares fundamentales para un desarrollo equitativo y sostenible representado en las 4S de la vida: Sustentabilidad: La degradación ambiental y el agotamiento de recursos comprometen la capacidad de los ecosistemas

para regenerarse; Soberanía: El control corporativo sobre semillas y territorios limita la autonomía de las comunidades agrícolas; Solidaridad: Las dinámicas extractivistas generan inequidades sociales, desplazamientos forzados y conflictos comunitarios; Seguridad: Los riesgos sanitarios derivados de la exposición a químicos ponen en peligro la seguridad alimentaria y la salud humana. Es decir este modelo prioriza el beneficio económico a costa de la salud de las comunidades, el equilibrio ambiental y la justicia social, exacerbando desigualdades y deteriorando las condiciones de vida globales (Breilh 2019; 2023a).

Desde una perspectiva de epidemiología crítica, como señala Jaime Breilh, el extractivismo no solo produce desigualdades estructurales, sino que genera condiciones propicias para procesos malsanos. Las actividades extractivistas intensifican las inequidades al concentrar poder y recursos en manos de pocos, mientras exponen a poblaciones vulnerables a riesgos ambientales y sanitarios. Estos impactos afectan la salud colectiva y perpetúan ciclos de pobreza y exclusión. Muchos países en desarrollo permanecen atrapados en economías primarias extractivas, sin beneficiarse de las riquezas generadas. Por lo tanto, el extractivismo es un modelo insostenible que favorece intereses económicos a corto plazo a costa de la salud, los ecosistemas y la equidad social. Su transformación requiere un replanteamiento profundo hacia sistemas de producción más justos y sostenibles, que prioricen el bien común y la regeneración de los ecosistemas (Breilh 2023a).

Desde la perspectiva de la salud colectiva, este modelo intensivo e insostenible prioriza la producción a gran escala mediante monocultivos, el uso masivo de agrotóxicos, maquinaria moderna, tecnología de avanzada y la explotación intensiva de recursos naturales, generando procesos toxicogénicos sobre la salud humana, los ecosistemas y las comunidades cercanas, incrementando las inequidades sociales y ambientales. Su análisis exige un enfoque integral que considere los procesos que determinan social, económica, ambiental y políticamente la salud, y promueva sistemas agrícolas sostenibles, orientados hacia la justicia social, la soberanía alimentaria y la regeneración ecológica. Este tránsito es esencial para garantizar la salud de las comunidades y la sostenibilidad de los ecosistemas a largo plazo (Verzeñassi 2014; Kauffer 2018; Martin 2021; Re y Levato 2021; Verzeñassi et al. 2022; Pereyra et al. 2023).

Las enfermedades derivadas de la exposición prolongada a agrotóxicos no son casos aislados, sino el resultado de condiciones estructurales que afectan

desproporcionadamente a las comunidades más vulnerables. El contacto constante con elevados niveles de agrotóxicos, que funcionan como disruptores endocrinos y agentes cancerígenos, genera procesos toxicogénicos en la salud de los trabajadores agrícolas y las poblaciones cercanas, a través de la contaminación del aire, el suelo y el agua. Estos daños pueden manifestarse en generaciones futuras con enfermedades como cáncer, malformaciones congénitas, trastornos neurológicos y problemas respiratorios, entre otros. Sin embargo, estos impactos suelen ser minimizados o invisibilizados por las empresas y los sistemas de salud, perpetuando enfermedades crónicas y acentuando las desigualdades en el acceso a atención médica, en complicidad con organismos reguladores, de control y gobiernos. Además, la pérdida de territorios y el desplazamiento forzado, causados por la expansión agrícola industrial, generan estrés, pérdida de identidad cultural y deterioro de la cohesión social en comunidades (Martin 2021; Re y Levato 2021; Pereyra et al. 2023).

El agronegocio prioriza la productividad sobre la calidad, lo que resulta en alimentos con menor valor nutricional y mayor contaminación química, afectando la seguridad alimentaria. Este modelo reduce la diversidad alimentaria al desplazar cultivos tradicionales, exacerbando la malnutrición y las enfermedades relacionadas. Además, los residuos de agrotóxicos presentes en los alimentos representan fuentes de exposición significativas para la salud de los consumidores. La expansión de la frontera agrícola y la concentración de tierras marginan a pequeños productores y comunidades indígenas, deteriorando su soberanía alimentaria y provocando desplazamientos forzados. Asimismo, este sistema genera dependencia tecnológica, ya que los agricultores quedan subordinados a corporaciones que controlan insumos y semillas, lo que incrementa la inequidad económica y limita su autonomía. Estas dinámicas condicionan negativamente la salud y el bienestar de las comunidades rurales (Re y Levato 2021; Martin 2021; Verzeñassi et al. 2022; Pereyra et al. 2023).

Este modelo productivo desencadena procesos tóxicos que impactan negativamente a los ecosistemas, comprometiendo no solo la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, sino también el equilibrio ecológico y la seguridad ambiental para las generaciones futuras. Este modelo degrada la calidad del suelo mediante el uso intensivo de agrotóxicos, maquinaria y tecnologías que alteran su estructura y fertilidad, limitando su capacidad de regeneración y poniendo en riesgo la sustentabilidad a largo plazo. Del mismo modo, promueve la pérdida de biodiversidad, ya que la expansión de monocultivos elimina hábitats naturales y afecta a especies fundamentales como los polinizadores,

imprescindibles para la estabilidad de los ecosistemas agrícolas. Además, los productos químicos empleados en estas prácticas contaminan fuentes de agua superficiales y subterráneas, degradando tanto los ecosistemas acuáticos como a las comunidades humanas que dependen de estos recursos (Kauffer 2018; Re y Levato 2021; Pereyra et al. 2023).

Las prácticas agrícolas industriales también generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático y agravando fenómenos extremos como sequías e inundaciones. Estas condiciones impactan de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables, afectando su salud y la producción agrícola (Pereyra et al. 2023).

Desde el punto de vista de la salud colectiva, el modelo extractivista agrícola es inviable a largo plazo, por lo tanto, se hace imprescindible avanzar hacia sistemas productivos sustentables que respeten los límites del entorno natural, aseguren condiciones de vida dignas para las comunidades rurales y prioricen tanto la justicia social como la ambiental. Esto implica realizar un análisis crítico del modelo vigente e implementar políticas públicas orientadas a la protección de la salud humana y la conservación de los ecosistemas.

Como modelo económico el extractivismo agrícola fomenta economías de enclave y agrava las desigualdades sociales y ambientales. Aunque inicialmente asociado a actividades como la minería y el petróleo, este modelo se ha expandido hacia sectores como la agricultura y la biotecnología, consolidando un sistema de acumulación primario-exportador que prioriza el capital por encima de la sostenibilidad ambiental y social (Gudynas 2013; Zamora 2022; Forero 2023). Los recursos extraídos suelen comercializarse sin procesamiento, lo que genera economías localizadas en territorios específicos, como los monocultivos a gran escala. Estas actividades, generalmente financiadas por grandes corporaciones transnacionales, requieren extensas áreas de terreno, desplazando las actividades productivas locales, generando impactos negativos significativos, incluyendo el deterioro de la salud humana, la degradación de los ecosistemas y alteraciones en los modos de vida de las comunidades afectadas.

También, las oportunidades laborales que ofrecen suelen ser de baja especialización y con salarios insuficientes, perpetuando la inequidad social (Gudynas 2010; Acosta 2016), este modelo está determinado desde las grandes ciudades capitalistas caracterizadas por el consumismo y la acumulación del capital, fomentando la “especialidad” de ciertas regiones desde sus inicios (Wagner 2020). También el

extractivismo, al tratarse de una actividad intensiva, implica mayores impactos ambientales en los diferentes procesos industriales, se incrementa la toxicidad, el uso de sustancias tóxicas y peligrosas, la descarga de contaminantes, la emisión de gases de efecto invernadero, el aporte al calentamiento global, los impactos en la biodiversidad entre otros (Gudynas 2010; Breilh 2010b, 2011a).

Según Enrique Leff, el extractivismo agrícola es una expresión de la racionalidad económica moderna, la cual prioriza la explotación intensiva de recursos naturales valorados en el mercado global con fines de acumulación de capital, provocando el desequilibrio de la naturaleza en todos sus procesos sostenedores de la vida en el planeta. Este modelo, caracterizado por monocultivos a gran escala, el uso masivo de agrotóxicos y la expansión de la frontera agrícola, busca maximizar la productividad y las ganancias económicas, pero a menudo a expensas de la sostenibilidad ambiental y social, degradando los ecosistemas, alteración de ciclos ecológicos, desplazando prácticas tradicionales, perpetuando inequidades sociales, además margina a las comunidades rurales e indígenas, limitando su acceso a medios de subsistencia y erosionando su soberanía alimentaria mediante la concentración de tierras y recursos en manos de grandes corporaciones (Leff 1986, 2004a, 2014).

Leff (1986) propone la construcción de una racionalidad ambiental que incorpore la diversidad cultural y ecológica en la gestión de los recursos naturales. Su enfoque destaca la importancia de revalorizar los saberes tradicionales y fomentar prácticas agrícolas sostenibles que respeten los límites del entorno y promuevan un desarrollo justo y equilibrado. Esta perspectiva busca restaurar formas de pensamiento y producción basadas en las condiciones de vida del planeta y en la existencia humana, promoviendo la convivencia en la diversidad y la diferencia. Además, integra principios de justicia ambiental, diversidad cultural y sustentabilidad ecológica, con el objetivo de asegurar un futuro más equitativo y respetuoso con la naturaleza. Esta visión se opone al modelo extractivista, que prioriza la explotación intensiva de los recursos naturales para la acumulación de capital, sin tener en cuenta los límites ecológicos ni las dinámicas sociales y culturales vinculadas (Leff 2003, 2004b; Colón 2020).

El enfoque extractivista en la agricultura también genera la transformación de los ecosistemas locales en monocultivos o áreas de pastoreo para ganadería intensiva, lo que compromete el equilibrio de los suelos y los hace más vulnerables a desastres naturales. Este modelo se entiende como la explotación a gran escala de recursos naturales, destinada principalmente a satisfacer las demandas de mercados externos, generalmente

como materia prima sin procesar o con un procesamiento mínimo. Esta actividad se concentra en áreas específicas, impactando negativamente tanto a las comunidades como a los ecosistemas, con una alta inversión de recursos económicos que, a su vez, provoca consecuencias destructivas para la salud humana y el medio ambiente (Gudynas 2010; Breilh 2010b, 2011a; GRAIN 2012; Gudynas 2013; Latorre 2015; Engels y Dietz 2017; Willow 2018; Wagner 2020; T. Rodríguez y Prunier 2020; Muzlera y Salomón 2021).

La agroindustria es cada vez más agresiva y ocupa mayores extensiones de terreno, se apropia de recursos naturales de forma masiva e intensiva, incrementando los impactos en los ecosistemas, la salud humana, la marginalización y desplazamiento de campesinos y pequeños agricultores (Breilh 2010b), al igual que los extractivismo tradicionales, destinados a los mercados globales, es decir repiten la relación destructora del capital extractivista con la naturaleza en beneficio del mercado, sin proporcionar avances importantes en las zonas donde se realizan estas actividades, generalmente auspiciados y apoyados por los gobiernos de turno que han caído en la corrupción, mediante una flexibilización o incumplimiento de normatividad, abandono del control y desmantelamiento de organismos destinados a vigilar y monitorear estas actividades, esta manera de actuar ha sido idéntica sin importar la ideología o partido político del gobierno de turno (CLACSO 2022, 22; Breilh 2011a, 174; Gudynas 2010, 37–39).

La producción agrícola intensiva permite abaratar costos, generando rentabilidad de acuerdo a los volúmenes de producción por hectárea y el precio mínimo del producto determinado por el mercado, priorizando la acumulación de capital, sin considerar la generación de procesos destructivos sobre la salud humana, los ecosistemas y la sociedad (Willow 2018; Moro 2011; M. Svampa 2012), en este proceso los beneficiados son las grandes transnacionales que operan la producción, a cambio dejan suelos contaminados y empobrecidos, disminución de nutrientes, pérdida de espacio para producción de autoconsumo, pérdida de biodiversidad, plagas resistentes y nuevas, enfermedades no conocidas, condiciones que se agravan conforme se incrementa el tiempo de operación de la empresa, el tipo de producto y la carga toxica aplicada, ya que los procesos de producción son cambiantes, similar a cualquier forma de extractivismo tradicional (M. Svampa 2012).

Las actividades extractivas agrícolas obligan a los trabajadores a largas jornadas de trabajo y exposición a variedad de agrotóxicos en los diferentes sitios de trabajo, sin contar con las condiciones de seguridad adecuada, presentándose morbilidades conocidas y nuevas, incluso llegando a diferentes tipos de cáncer, tanto en trabajadores, como en los

miembros de la comunidad circundante, especialmente en poblaciones vulnerables: niños; ancianos y mujeres embarazadas, que están expuestas a sustancias tóxicas. Generalmente en estas comunidades no tienen acceso al sistema de salud pública y no existen los medios económicos que les permita acceder al sistema de salud particular (OIT 2000; Breilh 2011a; FIAN Brasil 2021; Matabanchoy y Díaz 2021; Consejo de Iglesias de Carolina del Norte 2023). Por otro lado, existe alta probabilidad que residuos de agrotóxicos utilizados en la producción de los alimentos lleguen a los consumidores a través de la dieta diaria generando el deterioro de la salud de la población.

La realidad expresada anteriormente implica la necesidad del monitoreo constante de la salud de los trabajadores, las condiciones ambientales en las que desarrollan sus actividades y los productos alimenticios, así como de las comunidades asentadas en el área de influencia de la actividad extractiva y sus ecosistemas, mediante estudios específicos de las sustancias tóxicas presentes en muestras de varias matrices: alimentos; humanas y de ecosistemas, con estos datos poder plantear medidas preventivas que permitan la eliminación o al menos la disminución del uso de agrotóxicos y los procesos destructivos generados en el extractivismo agrícola, llevando a un cambio radical mediante la aplicación de alternativas como la producción agroecológica que garantice el cumplimiento de las 4S para el cuidado de la vida en el planeta (Breilh 2010a, 2010b, 2017b).

El proceso extractivista agrícola provocó el rápido desplazamiento y reemplazo de la agricultura ancestral, las haciendas tradicionales y formas culturales, indígenas y comunitarias de producción, por la agresiva penetración de los monocultivos a nivel industrial, basados en la “revolución verde” y aplicación de paquetes tecnológicos que generan procesos destructivos en el suelo, la salud humana y los ecosistemas, favoreciendo la lógica de competencia productivista, estos procesos tienen vigencia a nivel mundial, América Latina y por su puesto en los campos ecuatorianos (Breilh 2011a). El avance agresivo de la agroindustria en el campo ha sido atenuado por la lucha y resistencia de las organizaciones campesinas e indígenas que buscan el cambio del modelo dominante por otro que favorezca el cuidado de las tierras, el agua, oportunidades de crédito y, sobre todo, la conservación de patrones culturales, sociales, económicos y ambientales propios de la zona (Breilh 2007, 2011a, 2011b), mediante el fomento de la agroecología y otras formas de producción sanas y respetuosas de la vida.

El negocio agroalimentario se ha posicionado fuertemente en América Latina y el Caribe, compitiendo económicamente con otras formas de extractivismo, pese a tener un

bajo aporte al PIB en la región, que en varios países oscila entre el 5 y 18% para el año 2020, pero estos aportes reflejados en el incremento sostenido de la producción y las exportaciones netas dejan impactos significativos tanto a la salud como en los ecosistemas, amenazando la soberanía alimentaria de la región (Banco Mundial 2020). Esto ha significado el incremento constante de equipos y maquinaria, nuevas tecnologías como la agricultura de precisión, gran cantidad de agrotóxicos, transgénicos, proliferación de acuerdos económicos vinculados a la producción, etc. Pese a utilizar gran cantidad de territorio, la generación de empleo es escasa, debido a que los enclaves son difusos a diferencia de la minería, también se produce la diversificación y tercerización de la producción, pero no todos los campesinos pueden acceder a este beneficio, los pocos que acceden lo hacen cediendo los derechos de sus tierras, mientras el resto son excluidos y desplazados (Breilh 2011a; Gudynas 2010).

Los modelos extractivistas benefician a empresas transnacionales y grandes exportadores (Breilh 2011a), generando procesos destructivos que afectan la fertilidad del suelo, pérdida de especies indispensable para la nutrición de los pueblos, disminuyen la productividad, el acceso al trabajo de las comunidades, y el desplazamiento de poblaciones, ofreciendo salarios bajos, sin garantías ni seguridad adecuados, impactando en los modos y estilos de vida dignos: relaciones armónicas sociales, culturales, económicas, ambientales y el metabolismo con la naturaleza, procesos que protegen, promueven y sustentan la vida de los pueblos para las generaciones presentes y las futuras (Flores 2020; Breilh 2011b, 2013a), amenazando la sustentabilidad, local y regional, al incrementar la concentración de la propiedad y las pérdidas sociales, culturales y ecológicas (Breilh 2007).

Como consecuencia de la implementación del extractivismo agroindustrial los campesinos pasan a ser obreros en las grandes extensiones de monocultivos que antes eran haciendas tradicionales, cuya dinámica es muy diferente a la dinámica productiva cotidiana de la zona, de esta forma las comunidades han perdido la soberanía sobre la producción, siendo arrastradas hacia la lógica del extractivismo monopólico, para lograr sobrevivir sometido al sistema capitalista (Breilh 2007), eliminando la agricultura familiar y solidaria, la producción agroecológica, afectando la producción soberana de los alimentos (Breilh 2011b), condenando a la población a consumir productos que contienen residuos de sustancias tóxicas tales como: preservantes, colorantes, metales pesados, transgénicos, hormonas, agrotóxicos entre otros (Breilh 2010b, 2017a; Ortega 2009; Prager et al. 2002).

Las corporaciones en complicidad con el Estado ha logrado incidir al interior de la comunidad, fracturando la estructura organizativa social, degradando los espacios de unidad y solidaridad (Breilh 2011b; Carvajal 2016), rompiendo las normas y valores sociales, que unen y dan fuerza a la comunidad, para proteger los espacios comunes, de donde se obtienen los recursos naturales para beneficio general, normas que son asumidas voluntariamente y no necesitan de firmas de contrato ni acuerdos, ya que muestran la unión y solidaridad prevalente en la comunidad basada en costumbres y tradiciones que se han mantenido por mucho tiempo y han pasado de generación en generación, es decir aquí se fomentan las relaciones de confianza y lealtad, basadas en el compromiso y la solidaridad con la comunidad dejando de lado el interés individual (M. Moreano 2017; Carvajal 2016), pero generalmente los auspiciantes de estos procesos solidarios son criminalizados y perseguidos como delincuentes por los promotores y adherentes al extractivismo (Bravo 2017; Carvajal 2016).

Adicionalmente los procesos extractivos utilizan y emiten diariamente grandes cantidades de sustancias tóxicas que contribuyen al cambio climático, inhiben la fertilidad de la tierra, eliminan controladores naturales, promoviendo el incremento de especies plaga resistentes, lo que significa la aplicación de cargas más altas de agrotóxicos y con toxicidad mayor y más dañinos que los predecesores (Bebber, Holmes, y Gurr 2014; Ortega 2009; S. S. Gliessman 2002), incrementándose cada vez la exposición a sustancias tóxicas, atentando la bio seguridad de las poblaciones y los ecosistemas. En su misión de mantener el modelo mercantilista de acumulación de capital y su promesa de “solucionar el hambre en el mundo” que hasta la fecha no se cumple.

Lo que sí es evidente son los procesos destructivos: impactos en los ecosistemas, el deterioro de los recursos naturales, la disminución de la biodiversidad tanto la flora como la fauna hasta 1000 veces los índices normales históricos de la Tierra (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2008), también la sobre explotación de los trabajadores, por ejemplo en Colombia un estudio publicado en 2012 indicaba que más del 92 % de trabajadores agrícolas, realizan sus labores en condiciones precarias (E. Puello, Ramos, y Madariaga 2012), realidad que se evidencia en varios países hasta la actualidad, estos procesos destructivos son la clara evidencia de la crisis del extractivismo, que sumados a las dinámicas internacionales del comercio, deterioran las relaciones de intercambio a nivel mundial, provocando déficits que generan desbalances de las economías de los países dependientes, endeudamientos inmanejables y la ocurrencia de procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas (Wagner 2020).

1.1. Procesos toxicogénicos en la agroindustria

Los procesos toxicogénicos en la agroindustria se centran en la relación entre las sustancias tóxicas y los mecanismos empleados en la actividad agrícola con los organismos vivos, incluyendo plantas, animales y seres humanos. A lo largo del tiempo, estos procesos han afectado negativamente la salud y el entorno, como resultado de las modificaciones realizadas en las prácticas agrícolas y la introducción de nuevas tecnologías, técnicas, equipos, maquinaria, agrotóxicos y procedimientos destinados a controlar las consideradas “plagas” (Hassan, Jesse, y Gabdo 2007; Breilh 2007; Breilh y Tillería 2009; Breilh 2011a, 2011b; Rincon et al. 2015; M. Ramírez 2018).

Pero los procesos toxicogénicos no solo se generan en la agroindustria. En los últimos años, la agricultura familiar campesina ha experimentado una transformación hacia un modelo basado en microempresas de monocultivo, particularmente en las provincias de Cotopaxi, Pichincha, e Imbabura con la producción de frutillas y flores, y en Esmeraldas con la palma africana. Este cambio ha sido impulsado por procesos económicos, sociales y ambientales, destacándose la percepción de que los cultivos tradicionales son inviables debido a los efectos del cambio climático y la carencia de recursos técnicos y económicos. Esta transición representa una alteración significativa en las dinámicas socioeconómicas y territoriales de las comunidades rurales (Lechón y Chicaiza 2019).

El modelo se caracteriza por el uso de pequeñas parcelas dedicadas al monocultivo, las cuales se integran posteriormente a cadenas agroindustriales. Sin embargo, este proceso genera conflictos relacionados con la gestión de recursos naturales y las condiciones laborales dentro de las comunidades. En particular, los mini monocultivos, como el de frutillas, han provocado una reestructuración socio-territorial que afecta el manejo de la tierra, los recursos naturales y las dinámicas comunitarias. Aunque los campesinos han asumido el rol de microempresarios, persisten problemas graves, como la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y la dependencia de agrotóxicos. Estas prácticas intensivas han generado tensiones internas, especialmente por la distribución y uso del agua, así como desafíos relacionados con la preservación de los valores comunitarios tradicionales (Lechón y Chicaiza 2019).

La producción involucra a todos los miembros de la familia, quienes trabajan sin medidas de protección ni capacitación adecuada para manejar agrotóxicos, enfrentando jornadas laborales extensas y metas de producción diarias que deben cumplir. Aunque

este modelo puede proporcionar beneficios económicos inmediatos, también da lugar a procesos tóxicos que impactan negativamente la salud de las personas y los ecosistemas, con consecuencias irreversibles y costos elevados. Para contrarrestar estos efectos, resulta indispensable implementar prácticas agroecológicas y establecer políticas públicas que fomenten la sustentabilidad, garanticen el acceso a recursos adecuados y protejan la salud y los derechos laborales de los campesinos (Lechón y Chicaiza 2019).

Estos procesos deterioran la salud de comunidades en situación de vulnerabilidad y los ecosistemas sensibles. Por tanto, resulta imperativo reconocer, analizar y manejar sus repercusiones, cuestionando la noción de un uso “responsable y efectivo” de agrotóxicos. Además, se requiere la formulación de regulaciones apropiadas para la evaluación de la toxicidad y el comportamiento de estas sustancias en los ecosistemas, tanto a nivel individual como en formulaciones y combinaciones, con el objetivo de reducir al máximo la generación de procesos destructivos para la vida.

Para evitar la generación de procesos destructivos es necesario el cambio de modelo productivo hacia procesos saludables en los modos de producir y de vivir y que, como parte de una nueva agricultura de la vida se desarrollen libres del uso de agrotóxicos y el uso de tecnologías que generen procesos destructivos de la salud y el ambiente. En todo caso, y más aún en un escenario como el actual, se deben aplicar estrictamente regulaciones y recomendaciones establecidas, como el control de cumplimiento de los (LMR) en alimentos que no son garantía de seguridad, directrices para el uso adecuado y seguro de sustancias tóxicas en la agricultura, aplicar prácticas agrícolas sostenibles y buenas prácticas agrícolas, como la rotación de cultivos, la eliminación o en caso emergente el uso de dosis adecuadas y la protección de las zonas de conservación cercanas a fuentes de agua. Normativas protectoras que, si bien no garantizan por sí solas la implementación de escenarios plenamente saludables, constituyen una protección y más que nada un sostén de nuevas políticas agrícolas integrales y efectivas, pero que involucren activamente a la comunidad.

1.2. Historia de los procesos toxicogénicos en la agricultura

La agricultura ha atravesado una transformación profunda desde sus inicios hace miles de años, evolucionando desde prácticas tradicionales hasta llegar a la agricultura moderna. En una secuencia temporal revisamos las siguientes fases de la evolución de la agricultura: Agricultura Tradicional; Agricultura Industrial; Revolución Verde; Agricultura de Precisión; Agricultura 4.0 y Agricultura 5.0. Las fases abordadas se las

estudia en relación con la implementación del modelo neoliberal en Ecuador establecido entre las décadas de 1980 y 1990. Se revisan entre otros temas los procesos toxicogénicos generados, las características de producción y las generalidades de las normativas aplicadas, en las diferentes etapas, previo al neoliberalismo, durante el neoliberalismo, el posneoliberalismo y el hiperneoliberalismo actual.

Históricamente en los tiempos previos a la Revolución Industrial, la agricultura empleaba procedimientos naturales y orgánicos como la rotación de cultivos y el uso de minerales como el arsénico, el mercurio y el plomo que resultaron ser tóxicos cuando se utilizaron en exceso, generando procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas (Flint y Bosch 1981b; Matthews 2018; Bertomeu 2019). En la Revolución Industrial, los avances en la síntesis Química y el desarrollo de los agrotóxicos son importantes, introduciendo rápidamente estos productos en el mercado y las actividades agrícolas, generándose una carrera industrial por el desarrollo y la comercialización de una variedad de sustancias con diferentes aplicaciones (pesticidas, herbicidas y fungicidas) (Mazoyer y Roudart 2006), el desarrollo de tecnologías y prácticas agrícolas, el uso de agrotóxicos y “variedades mejoradas” de productos alimenticios, los monocultivos, que de forma rápida y masiva fueron implementadas en diferentes producciones, con el objetivo de incrementar la producción agrícola y disminuir pérdidas de producción, también implica impactos en los ecosistemas y la generación de procesos destructivos de la salud de trabajadores agrícolas y agricultores (Cecon 2008; D. Garcia y Serrano 2011; Ribeiro 2014; Martinez y Huerta 2018).

Posteriormente, desde las postrimerías del siglo XIX y los inicios del siglo XX con la masificación del uso de agrotóxicos, se produce un impulso significativo para la agricultura, estas sustancias sintéticas, resultaron efectivas en el control de plagas y enfermedades de los cultivos, pero su impacto sobre la vida silvestre y de los ecosistemas no tardó en evidenciarse, el uso continuo y discriminado ha llevado al deterioro de suelos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, y de los alimentos que diariamente llegan a nuestra mesa, provocando desequilibrios ecológicos y procesos destructivos de la salud humana (Barnes 1973; Stenersen 2004; Davis 2014; L. Garcia 2016). La mayoría de estas sustancias no pueden ser metabolizadas fácilmente por los organismos vivos, desencadenando procesos toxicogénicos como intoxicación, afecciones a órganos específicos, cáncer y llegar a la muerte, de igual manera de los ecosistemas queda totalmente destruido, y las características necesarias para la reproducción de la vida disminuidas (Carson 1994; Breilh 2011a; Ferreira et al. 2016; M. Ramírez 2018).

Adicionalmente en la agroindustria se utiliza organismos genéticamente modificados (OGM), metales pesados, hormonas, antibióticos (McManus 1999; Breilh 2013a, 2017a, 2017b), entre otros. Los OGM y productos transgénicos desarrollados a partir de los años 70 mediante alteraciones y combinaciones genéticas, con el objetivo de resistir plagas, enfermedades y sustancias tóxicas, tarde o temprano desatarán procesos destructivos en la salud humana y de los ecosistemas (Mazoyer y Roudart 2006; Breilh 2011a). Los metales pesados en la agricultura tienen su origen en fertilizantes, enmiendas para suelo, agrotóxicos, aguas contaminadas, plásticos y materiales agrícolas, estas sustancias ingresan a la cadena alimentaria y de los ecosistemas desatando procesos destructivos (Breilh 2007; Soto-Benavente et al. 2020; Anaya Raymundo et al. 2022). Por otro lado, el uso de antibióticos y hormonas en la agricultura generan procesos destructivos en especies no objetivo, los ecosistemas y la salud humana (Woodbine 1984; Sköld 2011; Breilh 2017a; Borjas, Julca, y Alvarado 2020).

Para “disminuir” los impactos del uso de agrotóxicos y otras sustancias tóxicas en la agricultura, se han generado regulaciones y controles, entre los que mencionaremos los límites máximos permitidos LMP, límites máximos residuales LMR y otros límites regulatorios que no son garantía de seguridad para la salud de los trabajadores expuestos ni de las comunidades, además, regulaciones a nivel internacional que son de cumplimiento obligatoria pero para actividades comerciales entre países (Dileep K. Singh 2012; Robinson 2019), con el propósito de “garantizar” el cuidado de la salud humana y el ambiente. Estas medidas no han sido efectivas debido a que las regulaciones se establecen para productos individualmente y no para formulaciones, peor aún para mezclas de sustancias tóxicas, actualmente existen regulaciones para el uso de agrotóxicos en todos los países, pero que no se cumplen por falta de control, deficiencias operativas y complicidad de los organismos de control, atentando a la vida en el planeta. En respuesta a esta problemática, surgieron movimientos que promueven alternativas viables como la agricultura ecológica, agricultura sustentable, agricultura orgánica, la agricultura integrada y el uso de biopesticidas, que promueven la eliminación o disminución de la dependencia de insumos externos y la aplicación de agrotóxico (Altieri y Toledo 2011; Breilh 2017a), pero esta práctica no tiene los resultados esperados ya que la industria agrícola se apodera de la propuesta monopolizando la producción de los insumos necesarios, incluso se promueve una producción orgánica basada en insumos que son provistos por las grandes industrias transnacionales (S. R. Gliessman 2002; Altieri y Toledo 2011; Breilh 2017a; FAO 2017a).

1.3. Los agrotóxicos: Descubrimiento, desarrollo. Uso y procesos toxicogénicos

Las sustancias químicas utilizadas en la agricultura son el origen de la generación de procesos toxicogénicos sobre la salud humana y de los ecosistemas, denominadas agrotóxicos. El Dossier Abrasco (asociación brasileña de salud colectiva), define los Agrotóxicos como: Los productos y los agentes de procesos físicos, químicos o biológicos, destinados a ser utilizados en el sector de la producción, en el almacenamiento y beneficio de productos agrícolas, en los pastos, en la protección de los bosques, nativos o implantados, y de otros ecosistemas y también entornos urbanos, hídricos e industriales, cuya finalidad es la de cambiar la composición de la flora o de la fauna, con el fin de preservarlas de la acción nociva de seres vivos considerados nocivos (Ferreira et al. 2016).

Los agrotóxicos son sustancias químicas sintéticas líquidas o sólidas, que producen efectos tóxicos sobre ciertos organismos vivos, el termino incluye plaguicidas, pesticidas, herbicidas, insecticidas o fungicidas y las tecnologías que se utilizan principalmente para controlar plagas en la agricultura (Ferreira et al. 2016; Milagros García 2017), su producción se rige por las leyes del comercio y la acumulación, llegando a ser “mucho más eficaces” para combatir plagas, pero también generan procesos toxicogénicos altamente deteriorantes de los ecosistemas y la salud humana (Breilh 2007; Breilh y Tillería 2009; Breilh 2011a). Además, se han utilizado productos naturales desde los inicios de la historia de la agricultura, pero cumpliendo las leyes de la naturaleza, algunas de estas sustancias también presentaron potencial toxicogénico (Bedmar 2011; García_1 et al. 2016; Delgado et al. 2020).

El uso de sustancias tóxicas en la agricultura data de hace más de 4500 años, con el uso de productos en base a azufre, arsénico, cobre y plomo para el combate de plagas en cultivos y personas (Abubakar et al. 2020), también se utilizaron extractos de plantas (piretro, derris, tabaco y *Ryania speciosa*), que contienen piretrinas, rotenona, nicotina y ryania respectivamente, considerados insecticidas botánicos (Bertomeu 2019). Conforme avanza el tiempo fueron surgiendo mayores demandas de productos, la proliferación de nuevas plagas y el carácter tóxico para la salud humana y de los ecosistemas de los primeros agrotóxicos, obligaron al desarrollo de nuevos productos, lo que ha representado grandes inversiones de recursos económicos y humanos en la búsqueda del “plaguicida ideal”, en este camino muchos productos han sido probados sin llegar a su aplicación

masiva, pero otros han logrado ser aprobados y aplicados llegando a tener una gran demanda y uso por mucho tiempo (Bertomeu 2019).

En el siglo XIX con el desarrollo de la Química, se realizaron varios intentos por el desarrollo de agrotóxicos, pero toda la inversión tanto en recursos humanos y económicos no llevó a un “feliz término”, continuándose con esta tarea en el siglo XX. Mientras tanto se continúan aplicando productos químicos inorgánicos que fueron ampliamente utilizados en el control de plagas por más de 100 años, pero que también afectaban a especies controladores y plantas no objetivo (Owens 1951). Otros productos utilizados por su acción específica fueron ácido bórico, acetato de talio o sulfato de talio, cloruro de mercurio (calomelano) y selenito de sodio, actualmente no se recomienda el uso debido a su alta toxicidad y los impactos a la salud humana y de los ecosistemas (Matthews 2018).

Desde su aparición a finales del siglo XIX, se han desarrollado una variedad de agrotóxicos, los cuales se los puede clasificar de diferente manera, una de las clasificaciones más comunes se refiere al grupo químico: Organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, nitroguanidinas, benzoilureas, metoxiacrilatos, triazoles, bencimidazoles, derivados del benceno, ditiocarbamatos, sulfitos. imidazolinonas, triazinas, acetanilidas, derivados benzoicos, benzonitrilos, diazinas, que también se los ha clasificado de acuerdo a su acción como: plaguicidas, insecticidas, fungicidas, herbicidas y de acuerdo a su comportamiento en la planta: sistémicos y de contacto, de estos grupos los organoclorados, organofosforados y carbamatos son los que tienen mayor incidencia en la salud humana y de los ecosistemas (Pimentel y Lehman 1993; Warren, Lawson, y Belcher 2008; D. K. Singh 2012; Ferreira et al. 2016; Cruz, Julcour, y Jáuregui 2017).

1.3.1. Organoclorados

Los organoclorados son sustancias químicas que presentan átomos de cloro unidas a una estructura de carbono, sintéticamente fueron desarrollados a partir de la década de 1930, en su mayoría son componentes botánicos con propiedades tóxicas perfectamente identificadas y caracterizadas, de acuerdo a sus productores rápidamente su uso y aplicación se masifico en todo el mundo debido a sus propiedades únicas en el combate de plagas sin considerar los impactos sobre la salud y los ecosistemas (Matthews 2018). El primer organoclorado sintetizado fue el cloruro de vinilo utilizado en la producción de tuberías, posteriormente se fueron desarrollando otros productos, la industria y gobiernos

promocionaron su aplicación no solo en el “combate” de las plagas en la agricultura, también fomentaron su aplicación en el campo de la salud para el control de vectores transmisores de enfermedades, específicamente durante la Segunda Guerra Mundial, una vez finalizada la guerra, éstas mismas empresas impulsan su aplicación masiva en la agricultura y la investigación de otros productos (Davis 2014; Matthews 2018).

Para 1939 el químico suizo Paul Hermann Müller descubre las propiedades insecticidas del DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano), producto organoclorado sintetizado en 1874 por Othmar Zeidler, químico austriaco durante su trabajo de tesis doctoral, este producto fue patentado por la compañía Geigy en 1940. En la Segunda Guerra Mundial el DDT fue utilizado ampliamente para el control de insectos transmisores de malaria, tifus y fiebre amarilla, lo que le significó a Müller, recibir el Premio Nobel de Medicina en 1948, por el desarrollo de un producto considerado como milagroso por ser inofensivo para la salud humana y de los animales, pero letal para los insectos, a tal punto que se lo declaró “uno de los compuestos más útiles para la Salud Pública recientemente descubiertos” lo que generalizó su uso masivo en la agricultura y la salud una vez finalizada la guerra, dejando de lado los procesos toxicogenicos que posteriormente serían identificados (Owens 1951; Davis 2014; Matthews 2018; Bertomeu 2019).

Por otro lado, luego de décadas de ser utilizado el DDT en la agricultura, se identificó la generación procesos destructivos sobre la vida silvestre y el ambiente, debido a su alto poder de acumulación en la cadena alimentaria. Rachel Carson bióloga estadounidense en su libro “Primavera Silenciosa” de 1962, destaca el potencial toxicogénico de los agrotóxicos, también se advierte que puede presentar alteraciones genéticas y producir cáncer (Bertomeu 2019), por lo que en 1969 es retirado de la lista de sustancias activas autorizadas para uso agrícola en muchos países, posteriormente en 1972 es prohibido su uso en los Estados Unidos, en esta década también fue prohibido en países de Europa y Canadá (Mazoyer y Roudart 2006; Davis 2014; Bertomeu 2019), y en años posteriores en otros países, en Brasil se lo retiro del mercado en 1985 y 1998, para prohibirlo definitivamente en 2009 (Ferreira et al. 2016).

Según la ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades), hasta 1972, El DDT ingreso al agua, el aire y el suelo, debido a su uso como insecticida en aplicaciones aéreas y terrestres de forma individual y en mezcla con otros agrotóxicos y como descargas de producción y accidentes (ATSDR 2022b), así como en el ámbito sanitario, algunos datos indican que se utilizaban 40 mil toneladas de

DDT por año en estas campañas, “salvando” millones de vidas (Matthews 2018). Actualmente varios estudios reportan la presencia de DDT en sitios donde se utilizó masivamente, en áreas específicas de desechos y en sitios lejanos donde nunca se utilizaron: pantanos, nevados, montañas, regiones polares, y también en animales de estas zonas, esto se debe a su estabilidad, difícil degradación, facilidad de acumulación y movilidad (Boul 1995; Bertomeu 2019).

Se considera que el DDT puede permanecer en las capas superficiales del suelo por cientos de años dependiendo de las condiciones del sitio: temperatura, tipo de suelo y humedad del suelo (Boul 1995), la probabilidad que pueda llegar a las aguas subterráneas es muy baja, pero fácilmente llega a ríos y quebradas mediante escorrentías de lluvias (ATSDR 2022b), el DDT forma parte de los compuestos orgánicos persistentes (COP), productos que ingresan a la cadena alimentaria y son nocivos para la salud y de los ecosistemas (Matthews 2018; Bertomeu 2019). El DDT del suelo puede ser absorbido por plantas y animales, y llegar a las personas mediante el consumo (Boul 1995; Köhler y Tribskorn 2013; Bertomeu 2019).

El DDT que llega al agua es consumido por organismos y peces pequeños, que se añaden a la cadena trófica alcanzando los más altos niveles, las concentraciones de DDT en estas especies son miles de veces más altas que las del agua, debido a las características liposolubles del DDT, se ha encontrado mayores concentraciones en el tejido adiposo de los animales, por lo que la mayoría de las personas se exponen a este producto mediante el consumo de alimentos y al beber el agua contaminada (Bertomeu 2019). El DDT al tener una alta persistencia se puede acumular en el ambiente, provocando procesos críticos destructivos de la vida silvestre, impactando en los ecosistemas. Se considera que la mayor exposición se da mediante el consumo de pescado, carne, aves de corral, lácteos, y algunos vegetales (lechuga y espinaca), también se ha encontrado en la leche materna exponiendo a los bebés a su consumo (ATSDR 2022b; Warren, Lawson, y Belcher 2008; Davis 2014).

La exposición humana al DDT puede afectar al sistema nervioso, provocando excitación, temblores y convulsiones (Davis 2014). Las personas expuestas manifestaron experimentar: sudor excesivo, cefalea, náusea y mareo. Estudios realizados en animales demuestran que el DDT puede afectar al hígado incluso llegar a desarrollar cáncer y sus metabolitos afectan a la reproducción (Mostafalou y Abdollahi 2017). La evidencia recolectada hasta hoy ha llevado a la conclusión que el DDT es probablemente carcinogénico para los seres humanos, misma que ha sido acogida por: El Departamento

de Salud y Servicios Humanos (DHHS); la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Pese a estar prohibido a nivel mundial, en las legislaciones de varios países se encuentran reglamentados los niveles máximos de DDT en alimentos y agua, así como de exposición en ambientes de trabajo (ATSDR 2022b).

Adicionalmente, durante este periodo se desarrollaron varios agrotóxicos relacionados con el DDT, denominados como la familia de los organoclorados (Matthews 2018), varios de estos productos tuvieron vigencia durante mucho tiempo en la agricultura, hasta que fueron catalogados dentro de los compuestos orgánico resistente COPs por lo que fueron prohibidos (Ferreira et al. 2016). En 1948, Robert Müller y William C. Geiger, químicos estadounidenses sintetizaron el aldrin y dieldrin, prohibidos en la década de 1970 en varios países. En 1950 la compañía suiza Ciba-Geigy, crea el endrin, en 1945 se sintetiza el clordano por los químicos Daniel M. Best y Paul Mueller de los Estados Unidos, los dos productos fueron prohibidos de uso en la década de 1980. Estos son ejemplos de agrotóxicos organoclorados que fueron utilizados en la producción agrícola y prohibidos debido a su potencial toxicogénicos sobre la salud humana y de los ecosistemas (Levine 2007; Matthews 2018).

Se puede mencionar diferentes procesos toxicogénicos sobre la salud humana relacionados con la exposición a agrotóxicos organoclorados: alteraciones en el sistema nerviosos (Ferreira et al. 2016), y la función cognitiva, disminución de la memoria, cambios de comportamiento, hiperactividad, trastornos del desarrollo en los niños, disminución de la fertilidad, aumento del riesgo de aborto espontáneo, trastornos en el desarrollo sexual (Pant et al. 2007), cambios en los niveles de hormonas tiroideas, aparición de ciertos tipos de cáncer hormono-dependientes, cáncer de mama, próstata, pulmón, hígado, sistema linfático (Levine 2007), enfermedades hepáticas (hepatitis crónica, cirrosis y cáncer de hígado), supresión del sistema inmunológico lo que desemboca en vulnerabilidad a infecciones virales, bacterianas, fúngicas, y enfermedades autoinmunes (Ferreira et al. 2016). Se debe tener en cuenta que la magnitud de los procesos destructivos generados por la exposición a los agrotóxicos está determinada por aspectos sociales, económicos, políticos, ambientales, legales, culturales y del estado de salud de las personas y comunidades expuestas (Breilh 2007).

También se identifican procesos toxicogénicos de los organoclorados en los ecosistemas terrestres y acuáticos: acumulación gradual en el suelo, el agua y los tejidos de los organismos, concentrándose en los diferentes niveles de la cadena alimentaria,

interferencia el sistema nervioso y hormonal de los organismos acuáticos tales como peces, anfibios, crustáceos y otros invertebrados (Rattner 2009; Matthews 2018), provocando cambios de comportamiento, disminución de la capacidad de reproducción y amenazar a la extinción (Matthews 2018), daño en los órganos internos y la muerte. La presencia y acumulación en el agua define la calidad y el uso que se pueda dar al recurso afectando los potenciales usos en las diferentes actividades, debido a su potencial toxicogénico y para proteger la salud de los ecosistemas estas sustancias han sido prohibidas o restringido su uso (Zaragoza et al. 2016, 45; Rattner 2009, 776).

Como se puede observar los organoclorados han generado procesos toxicogenicos sobre la salud humana y los ecosistemas desde su aparición, fueron aprobados por los organismos de control para su uso y aplicación sin considerar estos procesos destructivos, revelando la ineficiencia que tienen los procesos de aprobación que generalmente están al servicio de la industria, también cuentan con la complicidad de los organismos de control y gobiernos que rápidamente los promocionan, desarrollando normativas que favorecen su uso y comercialización, para luego de muchos años prohibir su uso en países desarrollados, mientras que en los otros países su uso es restringido, clandestino o permisivo hasta agotar stock.

1.3.2. Organofosforados

Los agrotóxicos organofosforados son sustancias químicas sintéticas que contienen átomos de fósforo en su estructura, tienen diversas aplicaciones en la industria y la agricultura, su acción principal es insecticida y herbicida (Carod 2002). Su acción tóxica inhibe la actividad de acetilcolinesterasa una enzima responsable de la degradación de la acetilcolina un neurotransmisor en el sistema nervioso que al acumularse provoca la sobreestimulación de los receptores colinérgicos desatando procesos destructores de la salud humana: debilidad muscular, dificultad para respirar, dolor de cabeza, visión borrosa, salivación excesiva, sudoración, náuseas, vómitos, diarrea, convulsiones e incluso coma. Exposiciones agudas pueden provocar la muerte (Carod 2002; Rathore y Nollet 2012; Matthews 2018).

En la década de 1930 los organofosforados son integrados a la industria y la agricultura, debido a su potencial tóxico y propiedades como insecticidas, pero también toman importancia en el campo de la salud humana para el combate de insectos vectores transmisores de enfermedades como la malaria, el tifus y dengue (Bertomeu 2019), así como en el ambiental. Los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial desarrollaron

armas químicas basados en organofosforados, se produjeron y utilizaron agentes nerviosos como el gas sarín y el tabun, agentes con propiedades altamente tóxicas en el sistema nervioso, lo que evidencia la peligrosidad de los compuestos organofosforados (Davis 2014; Matthews 2018; Bertomeu 2019).

Una vez terminada la guerra para 1950 se continua investigando y desarrollando compuestos organofosforados para diversas aplicaciones, se producen los primeros insecticidas organofosforados paratión (IG Farben Industries) y malatión (American Cyanamid), estos productos que ha criterio de sus fabricantes y auspiciantes demostraron ser altamente efectivos para el control de plagas agrícolas, lo que fomento su utilización intensiva en la agroindustria, sin considerar las características toxicas y los impactos negativos sobre la salud humana y de los ecosistemas (Levine 2007; Matthews 2018) que posteriormente tomaron importancia, pero la investigación y desarrollo continúan, generando varios productos que fueron aplicados en diferentes campos como: agricultura, medicina, industria química y la investigación científica, manteniéndose su uso hasta el nuevo siglo, promoviendo el desarrollo de nuevos productos y formulaciones más selectivas menos agresivas, en 1960 se desarrolla un insecticida de amplio espectro (clorpirifos), para 1970 se introducen el diazinón (Ciba-Geigy hoy Novartis) y el fenthion (Bayer AG).

Pese a que los agrotóxicos organofosforados han demostrado ser útiles en muchas áreas, su toxicidad y efectos adversos sobre la salud humana y de los ecosistemas, han llevado a la implementación de regulaciones, prohibiciones y medidas de seguridad más estrictas para su uso y manipulación (Levine 2007; Bertomeu 2019), decretándose algunas prohibiciones en el 2000 los Estados Unidos, prohíbe el uso residencial del clorpirifos debido a su neurotoxicidad y en 2021, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) anuncia la prohibición de cualquier uso del clorpirifos (Hites 2021), existen muchos otros compuestos organofosforados que han sido sintetizados y utilizados en diversas aplicaciones a lo largo de los años (Matthews 2018). Se debe considerar que los estados de restricción y prohibición son distintos dependiendo de cada país.

Los procesos toxicogénicos sobre la salud humana atribuidos a la exposición a agrotóxicos organofosforados se relacionan con: deterioro cognitivo, trastornos del movimiento y enfermedades neurodegenerativas en caso de intoxicaciones crónicas; mareos, debilidad muscular, dificultad para respirar, dolor de cabeza, visión borrosa, salivación excesiva, sudoración, náuseas, vómitos, diarrea, convulsiones e incluso estado

de coma y muerte; los impactos sobre el sistema respiratorio provocan irritación de las vías respiratorias y dificultad para respirar, tos, opresión en el pecho y otros problemas respiratorios; en el sistema cardiovascular se ha identificado problemas de hipertensión y trastornos del ritmo cardíaco; otro sistema que puede ser impactado es el reproductivo, provocando infertilidad, problemas en el desarrollo fetal, malformaciones congénitas y complicaciones durante el embarazo (Levine 2007; U. S. EPA 2013; Davis 2014). como ejemplo podemos mencionar: Clorpirifós, asociado con efectos neurotóxicos en los seres humanos, especialmente en el desarrollo neurológico de los niños; Paratión, considerado extremadamente tóxico para los seres humanos, provocando daño al sistema nervioso, dificultad respiratoria y convulsiones; Malatión, la exposición crónica ha sido asociada con problemas neurológicos, la IARC los ha clasificado como probablemente cancerígenos (U. S. EPA 2013; IARC 2017; Hites 2021).

Por otro lado, los organofosforados pueden propiciar diversos procesos destructivos sobre de los ecosistemas ya que algunos pueden permanecer por mucho tiempo impactando sobre; el agua, las especies acuáticas como peces, crustáceos y organismos acuáticos no objetivo, alterando el equilibrio de los ecosistemas acuáticos; la cadena alimentaria al bioacumularse en los tejidos de los organismos facilitando el ingreso en los alimentos (Levine 2007; Hites 2021); Sobre las especies benéficas (abejas y otras polinizadoras), afectando al sistema nervioso y su capacidad para forrajear y reproducirse; La calidad, presencia y actividad de microorganismos benéficos, que afecta la fertilidad del suelo y la salud de los cultivos (Levine 2007; Davis 2014). También se ha identificado la presencia de agrotóxicos organofosforados en el aire, la lluvia, y niebla (diazinón, metilparatión, paratión, malatión, clorpirifos y metidatión), generando procesos toxicogénicos sobre los ecosistemas y la salud humana (Levine 2007), pese a que los organofosforados se desarrollaron para sustituir a los organoclorados que fueron prohibidos en 1972, y tener alta toxicidad su regulación se inicia en el nuevo milenio (Davis 2014), lo que refleja el interés de los agricultores, funcionarios de salud pública y los consumidores por soluciones efectivas al control de plagas en contraposición a la protección de la salud y de los ecosistemas.

Como sucedió con los organoclorados, los organofosforados también son prohibidos luego de varios años de provocar procesos destructivos de la salud humana y los ecosistemas, en algunos casos llegando hasta 60 años y más, lo que evidencia que el modelo de producción y comercialización se mantiene igual de deficiente.

1.3.3. Carbamatos

Después de los organofosforados, los carbamatos son los agrotóxicos más usados a nivel mundial por sus características insecticidas con toxicidad variada (Ballantyne y Marrs 1992), se caracterizan por tener en su estructura el grupo funcional carbamato (-NHCOO-), descubierto en 1861 por el químico francés Adolphe Wurtz, quien los denominó como “uretanos” (WHO 1986; Kaymak 2022). En 1897, Wilhelm Traube químico alemán logró sintetizar el primer carbamato puro (carbamato de etilo), sin embargo, es en la década de 1930, cuando se impulsa el estudio de las propiedades insecticidas y fungicidas de los carbamatos, iniciándose un nuevo rumbo en la protección de los cultivos. Los primeros carbamatos de amplio uso en la agricultura fueron: 1-naftil N-metilcarbamato, conocido como carbaril, utilizado ampliamente como insecticida y acaricida desde 1956 (Davis 2014), en cultivos de frutas, hortalizas, cereales y plantas ornamentales (Bertomeu 2019), y en 1967 se introduce el metomilo N-[[[(metilamino)carbonyl]oxi]etil-2-(metilamino)-2-oxoetanoato (Matthews 2018), aplicado en el control de plagas en cultivos de papa, algodón y tomate. También se emplearon en el campo de la salud para el control de mosquitos y otros insectos transmisores de enfermedades como dengue, fiebre amarilla y malaria (WHO 1986; Bertomeu 2019).

Como se indica anteriormente, en las décadas de 1950 y 1960 se desarrollan e introducen al mercado algunos carbamatos (Aldridge y Magos 1978; WHO 1986; Kaymak 2022), rápidamente se convirtieron en los pesticidas ampliamente utilizados para el control de plagas de los cultivos por su efectividad y facilidad de uso, en los años siguientes se producen una variedad de carbamatos (Davis 2014; Matthews 2018), posteriormente en la década de 1970, su aplicación se expande a una variedad de cultivos incluyendo frutas, hortalizas, cereales y cultivos de campo (WHO 1986). En la década de 1980 se incrementa la preocupación por los procesos destructivos sobre la salud humana y de los ecosistemas generados por los agrotóxicos, implementándose regulaciones y controles para la aplicación de estas sustancias tóxicas en la agricultura incluidos los carbamatos (Kaymak 2022), a partir de 1990 se inicia el descenso de su uso.

A continuación, mencionaremos la historia de algunos de los carbamatos más utilizados, iniciando con el carbaril, sintetizado por la compañía química estadounidense Union Carbide Corporation en 1956 y utilizado ampliamente como insecticida y acaricida hasta la actualidad (Ballantyne y Marrs 1992; Wexler y Anderson 2014; Davis 2014; Matthews 2018), en 1967 la compañía química Dupont introduce el metomilo (Matthews

2018), un insecticida y nematocida altamente efectivo, aplicado desde 1968, se prohíbe su uso en algunos miembros de UE para el 2007 y en Canadá prohíben su uso en alimentos en 2012. Para el mismo año 1965, la compañía química Union Carbide introduce el aldicarb, un insecticida y nematocida extremadamente tóxico que se comercializa desde 1970 (Matthews 2018), se utilizó en varios cultivos, incluyendo frutas, hortalizas, cereales, algodón y cultivos de campo, prohibido su uso en 2007 en la UE y 2010 la EPA prohíbe su uso en cultivos alimentarios. En 1966 la compañía química Bayer introduce el carbofuran (Matthews 2018), insecticida y nematocida, comercializado en 1969 bajo el nombre de “Furadan”, popularizándose su uso en cultivos de maíz, algodón, soja, hortalizas y frutas. en la década de 1970, en la década de 1980 las preocupaciones por procesos toxicogénicos atribuidos a su aplicación, promueven la implementación de regulaciones más estrictas, llegándose a restringir su uso y el cumplimiento de los límites máximos residuales LMR, para el año 2008 la UE y Canadá y el año 2009 la EPA prohíben su aplicación en cultivos alimenticios (Matthews 2018).

Actualmente la varios carbamatos desarrollados hace más de 70 años son utilizados con aplicaciones diferentes en la agroindustria: Bendiocarb, insecticida residual; dimetilan, veneno estomacal para moscas de la fruta y del olivo; dioxacarb, insecticida de contacto y estomacal, aplicado para combatir cucarachas, escarabajo colorado, saltamontes en plantas y hojas del arroz; ethiofencarb, insecticida sistémico para el control de pulgones; Formetanate, insecticida y acaricida; methiocarb, insecticida y acaricida no sistémico y molusquicida; metomil, insecticida de amplio espectro; oxamil, insecticida, nematocida y acaricida de contacto; pimiricarb, acaricida de acción rápida; promecarb, insecticida no sistémico de contacto; propoxur, insecticida no sistémico de acción rápida y efecto residual prolongado (Aldridge y Magos 1978), entre otros. Para 1986 se conocían más de 50 carbamatos sintéticos utilizados como insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas o inhibidores de brotes, también tienen aplicación como biocidas en la industria y el hogar, así como en la salud pública en control de vectores (WHO 1986; Ballantyne y Marrs 1992).

En general, luego de más de 40 años de aplicación, el uso de los carbamatos al igual que otros agrotóxicos se ha restringido y en algunos casos prohibido debido a que su aplicación genera procesos toxicogénicos sobre la salud humana y de los ecosistemas (Aldridge y Magos 1978; WHO 1986; Davis 2014; Matthews 2018), algunos de estos se describen a continuación: La exposición aguda provoca náuseas, vómitos, diarrea, mareos, dolor de cabeza, dificultad respiratoria, debilidad muscular y convulsiones, los

impactos pueden ser mayores en niños y personas con morbilidades preexistentes; también puede generar daños en el sistema nervioso central, al interferir en la transmisión de señales nerviosas y afectar la función cerebral (Waxman 1998; Kaloïanova y El-Batawi 2019; Kaymak 2022). La exposición crónica a bajos niveles de carbamatos puede causar síntomas neurológicos como trastornos del equilibrio, alteraciones de la memoria y la concentración, trastornos del sueño y cambios de humor (Wexler y Anderson 2014; Kaloïanova y El-Batawi 2019); ciertos carbamatos son considerados cancerígenos y se los asocia con procesos degenerativos de la reproducción y el desarrollo, generando infertilidad, anomalías congénitas en el feto y afectar el desarrollo infantil (Miranda et al. 2013; Mostafalou y Abdollahi 2017; Kaloïanova y El-Batawi 2019; Kaymak 2022).

Algunos ejemplos de procesos toxicogénicos sobre la salud humana atribuidos a los carbamatos son: carbofuran, carbaril, aldicarb, carbendazim y metomil, están reconocidos como disruptores endocrinos por las Organización Mundial de la Salud, adicionalmente el carbaril y carbofuran producen desordenes reproductivos como disminución de la producción de esperma, alteración de la espermatogénesis y niveles alterados de testosterona en animales y humanos (Ballantyne y Marrs 1992), por otro lado en carbendazim, disminuye los niveles de progesterona y estradiol, lo que afecta al desarrollo. En general los carbamatos producen toxicidad, citotoxicidad y trastornos genotóxicos del desarrollo y del comportamiento (Wexler y Anderson 2014; Kaloïanova y El-Batawi 2019; Kaymak 2022), algunos carbamatos se ubican en la categoría Ia y Ib de la OMS (Miranda et al. 2013).

Los impactos ambientales atribuidos a los carbamatos son: Contaminación del agua de ríos, lagos y acuíferos, a la vez que se exponen organismos acuáticos, como peces, insectos acuáticos y algas (WHO 1986; Kaymak 2022); Disminución de la biodiversidad de insectos beneficiosos, depredadores, parasitoides, abejas y otros polinizadores, que ayudan a mantener el equilibrio en los ecosistemas agrícolas (WHO 1986; Briggs 1992; Wexler y Anderson 2014); Algunos carbamatos de acuerdo a las características del suelo permanecen por tiempos variados, deteriorando la calidad del suelo ya que se disminuye la actividad microbiana y por ende la descomposición de la materia orgánica, desmullendo la recuperación natural del suelo (WHO 1986; Matthews 2018; Kaymak 2022); También pueden contaminar los alimentos que llegan diariamente a la mesa de los consumidores, generando procesos toxicogénicos sobre la salud humana (WHO 1986; Wexler y Anderson 2014; Kaymak 2022).

Adicionalmente, existen varios incidentes relacionados con la producción y el uso de carbamatos, los primeros casos se reportaron luego de ingerir vegetales, sandías y melones contaminados con aldicarb, en Canadá se reportaron más de 300 casos con síntomas de intoxicación, se demostró que el aldicarb es el producto involucrado, también se reportó un incidente en Oregon 264 casos de los cuales 61 se confirmaron por consumo de sandías contaminadas con aldicarb. Los carbamatos han estado implicados en varios incidentes de intoxicación, lo que ha generado gran preocupación en las comunidades especialmente asentadas en cercanías de zonas de aplicación, peor aun cuando se han encontrado residuos de aldicarb en aguas subterráneas (Ballantyne y Marrs 1992), el más importante caso es el “desastre de Bhopal”, el 3 de diciembre de 1984, una explosión en la planta de Union Carbide Corporation libero más de 40 toneladas de isocianato de metilo, matando en dos días a aproximadamente 5000 personas y provocando procesos toxicogénicos a cerca de 60.000 individuos, el producto involucrado está relacionado con la producción de carbaril (Broughton 2005; Krieger 2010; Wexler y Anderson 2014; Oberemok et al. 2015).

1.3.4. Piretroides

Los piretroides son agrotóxicos sintéticos cuya estructura básica es similar a las piretrinas, insecticida natural (ATSDR 2003; American chemical society 2008), consiste de un esqueleto de ácido crisantémico, en el que se agregan grupos funcionales específicos (alquilos, halógenos y ésteres), lo que permite para lograr las propiedades deseadas, los primeros piretroides denominados de primera generación fueron sintetizados entre 1950 y 1970, pero debido a su foto-inestabilidad no fueron utilizados en la agricultura, se aplicaron en interiores para combatir hormigas y cucarachas (Waxman 1998; American chemical society 2008). Posteriormente a partir de 1970 se desarrollan los piretroides fotoestables tipo I y II, modificando una porción del ácido crisantémico, estos podían ser utilizados en agricultura tanto en viveros como en campo abierto, también tienen aplicación en otras actividades comerciales y doméstica, desplazando la aplicación de los agrotóxicos organoclorados, organofosforados y carbamatos en campo (American chemical society 2008), su aplicación se centra en el combate contra insectos voladores y rastreros, como mosquitos, cucarachas, moscas, pulgas y garrapatas (ATSDR 2003), actúan sobre el sistema nervioso, interrumpiendo la transmisión de los impulsos nerviosos y provocando parálisis y muerte (Elliott 1977; American Chemical Society 2008).

La industria los presentó como productos de baja toxicidad respecto a otros agrotóxicos, lo que significa reducir los impactos sobre especies no objetivo como aves, mamíferos, insectos polinizadores y benéficos, adicionalmente son de baja persistencia en el ambiente, de fácil y rápida degradación disminuyendo la probabilidad de acumulación, reduciendo la probabilidad de impactos al suelo y la biodiversidad, por otro lado algunos productos pueden afectar la salud humana y de los ecosistemas por lo que se ha restringido su uso (ATSDR 2003; Matsuo y Campbell 2012; Davis 2014; Eljarrat 2020), pero, también los insectos desarrollan resistencia a los piretroides lo que obliga a cambiar las concentraciones aplicadas y los tipos de productos empleados (Matsuo y Campbell 2012; Davis 2014), si bien los piretroides sintéticos se desarrollaron en la década de 1940s, sus propiedades como plaguicidas se investigaron durante mucho tiempo hasta ser introducidos en el mercado agrícola en las décadas de 1970, 30 años después (American chemical society 2008; Davis 2014; Eljarrat 2020), con el objetivo de tener una mayor estabilidad y persistencia en comparación con los piretroides naturales, mejorando su eficacia, selectividad y actividad insecticida, pese a sus características de baja toxicidad. Entre los piretroides sintetizados y más usados como insecticida agrícola e higiénico podemos mencionar: deltametrina, cipermetrina, permetrina, lambdacialotrina, etofenprox, fenpropathrina entre otros (Elliott 1977; American chemical society 2008; Matsuo y Campbell 2012; Eljarrat 2020).

El primer piretroide sintético comercializado se desarrolló en la década de 1970 por la empresa química Imperial Chemical Industries (ICI) en el Reino Unido, se denominó permetrina, de uso generalizado como insecticida hasta la actualidad (Elliott 1977; American chemical society 2008; Matsuo y Campbell 2012; Davis 2014; Perry et al. 2014). Posteriormente se desarrollaron la cipermetrina en 1974 y deltametrina en 1975 (T. Davies et al. 2007; Matsuo y Campbell 2012; Matsuo 2019), seguidos de cyflutina, tralometrina, entre otros productos que presentaban mayor persistencia en los ecosistemas y mejor eficacia en el control de una gran variedad de plagas tanto de la agricultura como del hogar y el sector sanitario con baja toxicidad para mamíferos (Zweig 1984; Costa, Galli, y Murphy 1987; Matsuo y Campbell 2012; Matsuo 2019; Eljarrat 2020). Posteriormente en 1984 se desarrolla la lambdacialotrina (Matthews 2018), se la obtiene a partir de la cialotrina, se utiliza principalmente como pesticida agrícola en una amplia gama de cultivos y para la salud pública (Programme international sur la sécurité des substances chimiques 1990). El etofenprox, desarrollado en la década de 1980 por la empresa química japonesa Mitsui Chemicals, se utiliza como insecticida con acción de

contacto y estomacal contra muchas plagas en una amplia gama de cultivos (Joint FAO/WHO Meeting y on Pesticide Residues 1993). La fenpropathrina desarrollada Sumitomo Chemical Co., Osaka, de Japón en los años 1990, aplicado para el control de plagas de frutas, hortalizas, cereales y plantas ornamentales, también se usa en residencias y jardines, en el combate de pulgones, ácaros, trips, moscas y mosquitos (Zweig 1984).

Pese a ser diseñados con baja toxicidad sobre especies no objetivo y alta selectividad, los piretroides también pueden generar procesos destructivos de la salud humana: El contacto directo con piretroides puede causar irritación en la piel, enrojecimiento, picazón o erupciones cutáneas, irritación y enrojecimiento de los ojos; La exposición a altas dosis de piretroides puede producir mareos, náuseas, vómitos, dolores de cabeza, debilidad, temblores y en casos graves, convulsiones; también se desarrollan reacciones alérgicas y sensibilidad al contacto con estos productos (Matsuo 2019); si bien no existe datos decisivos sobre la exposición continua y a altas concentraciones, tampoco existen datos relevantes sobre teratogenicidad, toxicidad reproductiva, mutagenicidad o carcinogenicidad, por lo que es importante mantener la investigación continua (López y Fernández 2011; Matsuo 2019).

Por otro lado los procesos destructivos de estos agrotóxicos se relacionan con la estabilidad en la luz y el aire, lo que aumenta la persistencia en los ecosistemas (Elliott 1977). Varios piretroides son considerados alta toxicidad para los peces y ciertos grupos de invertebrados acuáticos como los artrópodos (Matsuo 2019), por tal razón su uso es limitado en las cercanías de arrozales, criaderos de peces y sistemas de aguas, adicionalmente existen algunos piretroides que presentan baja toxicidad a los peces como el silafluofen y especies como los moluscos que no son sensibles a estos agrotóxicos, Existe la probabilidad de persistencia en suelos y sedimentos lo que implica exposiciones a largo plazo, para una gran variedad de organismos (López y Fernández 2011; Matsuo y Campbell 2012; Eljarrat 2020). La aparición de insectos plaga resistentes a los piretroides, disminuye la efectividad, provocando que en la actualidad la investigación de piretroides por las empresas químicas especializadas se suspenda (Matsuo 2019).

Se puede evitar el desarrollo de procesos toxicogénicos generados por la exposición a piretroides, disminuyendo el uso de estas sustancias tóxicas, aplicando técnicas adecuadas y el cumplimiento de recomendaciones y regulaciones establecidas por las autoridades competentes, así como la aplicación de programas de manejo integrado de plagas.

Internacionalmente podemos mencionar algunas restricciones aplicadas en varios países: en Estados Unidos se aplica la Ley de Control de Plagas Federales (Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act, FIFRA): Esta ley regula la fabricación, venta y uso de pesticidas en EEUU (American chemical society 2008; López y Fernández 2011); En la Unión Europea, los productos fitosanitarios están regulados principalmente por el Reglamento (CE) nº 1107/2009. que establece requisitos para la aprobación y el uso seguro de los productos fitosanitarios en la Unión, Incluye los piretroides y establece criterios de evaluación de la seguridad, límites máximos de residuos y restricciones de uso (The European Parliament and The Council Of The European Union 2009); En Canadá, la Ley de Productos Agrícolas de Canadá (Canada Agricultural Products Act, CAPA), establece los requisitos para la evaluación, registro y uso de productos fitosanitarios en Canadá, incluyendo los piretroides. También regula el etiquetado y las prácticas de comercialización de estos productos (FAO 2016a); como se puede observar, la reglamentación es específica de cada país o la región involucrada.

1.3.5. Neonicotinoides

Son agrotóxicos sintéticos químicamente similares a la nicotina, desarrollados como alternativa a los organofosforados y carbamatos por su toxicidad para mamíferos y otras especies, los neonicotinoides fueron diseñados para el control de insectos, pero con baja toxicidad sobre el ambiente, los mamíferos y otros vertebrados, fueron comercializados en los 1990 (Wexler y Anderson 2014; Perry et al. 2014; Haschek et al. 2023). Atacan el sistema nervioso central del insecto, provocando parálisis y la muerte (Goulson 2013; Perry et al. 2014; Haschek et al. 2023), su accionar es sistémico lo que le permite moverse en toda la planta “protegiéndola” totalmente (Goulson 2013; Wexler y Anderson 2014), sin embargo esta característica también amenaza a otros insectos benéficos no objetivo, específicamente polinizadores como las abejas, provocando problemas en la navegación, ubicación, reproductividad, susceptibilidad a enfermedades y parásitos (Wexler y Anderson 2014; Haschek et al. 2023), los impactos evidenciados promovieron estudios que generaron restricciones y prohibiciones parciales para la aplicación de neonicotinoides en distintos países de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá (Wexler y Anderson 2014).

Los agrotóxicos neonicotinoides fueron desarrollados en la década de 1980 por investigadores de la empresa farmacéutica Shell durante los estudios relacionados con la nicotina (Yamamoto y Casida 1999; Goulson 2013), iniciándose nuevos programas de

investigación y desarrollo para un tipo diferente de agrotóxicos “más efectivos y seguros”, por varias empresas como Bayer, Takeda, Nippon Soda, Agro Kanesho, Mitsui Toatsu and Ciba posteriormente Novartis (Yamamoto y Casida 1999). incrementado la selectividad hacia los receptores nicotínicos de los insectos, disminuyendo los impactos para otros organismos (Goulson 2013). El primer producto de los neonicotinoides comercializado por Bayer fue el Imidacloprid en 1994 llegando a ser el insecticida más utilizado en el mundo (Yamamoto y Casida 1999; Stenersen 2004; Goulson 2013; Cresswell 2014) posteriormente se desarrollan el clothianidin, thiamethoxam, acetamiprid, y dinotefurán, entre otros utilizados ampliamente en la agricultura debido a que presentan amplio espectro de actividad contra insectos plaga, baja toxicidad en vertebrados, menos probabilidad de resistencia cruzada, altos valores de NOEL y de ingesta diaria aceptable IDA (Yamamoto y Casida 1999; Stenersen 2004; Goulson 2013).

Los neonicotinoides se popularizaron gracias a sus ventajas sobre otros productos, tienen efectividad contra una variedad de plagas de insectos, protección sistémica a las plantas lo que permite su presencia en toda la planta por más tiempo, tienen mayor selectividad para insectos objetivo, con una menor toxicidad para los mamíferos, de acuerdo a sus promotores la persistencia en los ecosistemas es mucho menor que sus antecesores reduciendo la probabilidad de exposición y los impactos, razón por la que llegaron a ser los productos más usados en la industria agrícola (Yamamoto y Casida 1999; Goulson 2013; Cresswell 2014). La toxicidad de los neonicotinoides sobre la salud humana y de los ecosistemas se considera relativamente baja, pero los estudios de exposición crónica mencionan probabilidad de impactos sobre el sistema nervioso humano, similar al provocado en los insectos, lamentablemente son pocos los estudios realizados, destacándose los de exposición laboral y alimenticia, que aportan muy poco en la definición de los impactos atribuidos a estos productos, evidenciándose que la industria introduce en el mercado productos con limitados estudios especialmente relacionados con procesos destructivos de la salud y los ecosistemas que posteriormente son identificados (Yamamoto y Casida 1999), por otro lado se han establecido límites máximos residuales (LMR) para su presencia en alimentos y límites máximos permitidos LMP en los ecosistemas que se consideran seguros a nivel mundial (Goulson 2013), adicionalmente se deben aplicar prácticas que eviten la exposición a estos productos en los sitios de trabajo y otros espacios y un control permanente de la salud de las personas expuestas (Lindwal 2022)

En lo que se refiere a los impactos sobre el ambiente, sus impactos se enfocan en insectos no objetivo y los organismos acuáticos como las larvas de insectos acuáticos y los crustáceos (Wexler y Anderson 2014), por ejemplo: el imidacloprid, el clothianidin, thiamethoxam afectan a las abejas, alterando el comportamiento en la búsqueda de alimento, la memoria, la reproducción y la supervivencia de las abejas es importante considerar que estos productos son sistémicos y dependiendo del tipo y de las condiciones ambientales pueden permanecer por periodos largos en los ecosistemas aumentando los periodos y probabilidad de exposición para diferentes organismos, similar comportamiento tienen otros neonicotinoides como el acetamiprid y otros (Casida 2018; Haschek et al. 2023).

Debido a los impactos referidos se han implementado regulaciones a nivel mundial: La UE en 2013, implementó una prohibición parcial del uso de clothianidin, imidacloprid y thiamethoxam, en cultivos atractivos para las abejas (The European Commission 2013), y en 2018, se amplió la prohibición para todos los usos al aire libre (The European Commission 2018); En Canadá y Estados Unidos también se presentan acciones para controlar el uso de neonicotinoides en 2014 se establecen un marco para evaluar los impactos sobre abejas y otros polinizadores, entre 2014-2017 se realizan estudios para determinar los impactos sobre los polinizadores por exposición a neonicotinoides, entre 2017-2019 se amplía los estudios al agua contaminada con neonicotinoides en todo Canadá, en 2019, Health Canada publica decisiones sobre los riesgos para los polinizadores por la exposición a los neonicotinoides y en 2021 se publica decisiones sobre los riesgos para los invertebrados acuáticos por la exposición a clotianidina y tiametoxam, también se publica una decisión sobre las revisiones sanitarias y ambientales del imidacloprid y decisiones propuestas sobre riesgos potenciales para las abejas debido a la exposición a los neonicotinoides (Health Canada 2021), de igual manera que para otros agrotóxicos cada país o región tiene regulaciones relacionadas con el uso y aplicación de los neonicotinoides, pero 20 años después de permanecer en el mercado.

1.3.6. Triazinas

Son compuestos cuya formula general es $C_3H_3N_3$, desarrollados a partir de los años 1950s (Waxman 1998), la familia de las triazinas se puede clasificar en cuatro tipos estructurales: clorotriazinas (atrazina, simazina, propazina, terbutilazina y cianazina); metiltiotriazinas (ametrina, prometrina y terbutrina); metoxitriazinas (prometón y

sebumetón) y triazinas asimétricas (hexazinona y metribuzina entre otras). El primer agrotóxico de esta familia simazina fue registrado en 1956 en Suiza por la compañía J.R. Geigy, Ltd. y comercializado en Europa y otros países, posteriormente en 1957 se introduce en Estados Unidos para uso no agrícola, luego de cumplir una serie de exigencias en 1958 se autoriza su uso agrícola, posteriormente a finales de la década de 1950 se produce y comercializa la atrazina para uso en control de malezas en vías de ferrocarril, derechos de paso y cultivo de maíz, seguido de otros productos como propazina, ametrina, generalizando su producción y uso a nivel mundial por sus propiedades herbicidas y baja toxicidad para especies no objetivo, a principios de en 1970 Shell introduce la cianazina para aplicación en el maíz, en 1976 Dupont introduce la hexazinona aplicada para el control de malezas en cultivos y silvicultura, también en la década de 1970 Ciba Geigy introduce la terbutilazina para aplicación en maíz como sustituto parcial de atrazina pero con menor efectividad (Briggs 1992; LeBaron, McFarland, y Burnside 2008; Haschek et al. 2023).

Utilizadas en la agricultura para el control de las llamadas “malezas” y manejo de cultivos debido a su amplio espectro y bajo costo, las triazinas se convirtieron rápidamente en un aliado importante para los agricultores, registrándose más de 140 ingredientes activos para herbicida comercializados por 41 compañías, aplicados en maíz, frutas, hortalizas, caña de azúcar, algodón, viñedos y soya en EE.UU (LeBaron, McFarland, y Burnside 2008), algunos productos tienen potencial de permanecer en los ecosistemas encontrándose residuos de atrazina en aguas subterráneas y superficiales en zonas agrícolas impactando organismos no objetivo especialmente reptiles, también se señalan defectos oculares (anoftalmia, microftalmia y criptoftalmia), disminución en la viabilidad de crías en ratón (Krieger 2010), no se tiene información sobre los impactos sobre la salud humana por la exposición a estos productos, estudios realizados indican que no existe relación entre exposición a triazinas y cáncer (Ballantine, McFarland, y Hackett 1998; LeBaron, McFarland, y Burnside 2008; Krieger 2010)

La falta de información sobre los procesos toxicogenicos generados por su uso y la alta aceptación y masiva aplicación, desemboca en el establecimiento de regulaciones para el uso de triazinas, que están establecidas en diferentes normas de aplicación a nivel internacional recogidas por el Codex Alimentarius, el Convenio de Róterdam, Convenio de Estocolmo, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Organización Mundial del Comercio (OMC) entre las principales, de igual forma cada país cuenta con regulaciones

para el uso y aplicación de triazinas ya sea de manera individual o grupal de acuerdo a la realidad y condiciones ambientales.

1.3.7. Benzimidazoles

Los agrotóxicos del grupo benzimidazol, que surgieron en los años 1960 (Haschek et al. 2023), son fungicidas sistémicos que se caracterizan por tener una toxicidad baja y una alta eficacia en la agricultura. Son persistentes en de los ecosistemas y pueden tener efectos a largo plazo, incluyendo la capacidad de causar mutaciones, malformaciones y cáncer en animales (Briggs 1992; Krieger 2010; R. C. Gupta 2011; Kaloïanova y El-Batawi 2019), también existe la posibilidad de exposición humana en actividades agrícolas o a través de alimentos contaminados que pueden generar procesos toxicogénicos sobre la salud, por tal razón se han implementado restricciones y condiciones de uso (Krieger 2001, 2010; R. C. Gupta 2011; Kaloïanova y El-Batawi 2019), los benzimidazoles son compuestos aromáticos heterocíclicos que presentan un anillo benzimidazol en su estructura, tienen diferentes aplicaciones tanto en la medicina por sus propiedades farmacológicas (Kamanna 2019; Thatikayala et al. 2022), como en la agricultura para prevenir y controlar enfermedades fúngicas en las plantas y reducir la incidencia de nematodos nocivos, entre los principales benzimidazoles utilizados en la agricultura podemos mencionar: Tiabendazol; Carbendazim; Fenbendazol; Benomilo, entre otros. cada uno con su propio modo de acción y espectro de actividad (Krieger 2001; Marrs y Ballantyne 2004; Kaloïanova y El-Batawi 2019; Haschek et al. 2023). Varias empresas se dedicaron al desarrollo de estos agrotóxicos los principales titulares de patentes fueron DuPont (Benlate), Merck, Sharp & Dohme (Mertec) y Nippon Soda (Topsin M), actualmente los productos más vendidos a nivel mundial son: carbendazim, tiofanato, tiabendazol, carbendazim, tiofanato, tiabendazol (Morton y Staub 2008).

Los benzimidazoles se desarrollan a mediados del siglo XX específicamente en 1960 para el control de enfermedades de las plantas y en 1970 como fungicida foliar, postcosechas y tratamiento de semillas, entre los más importantes tenemos tiabendazole 1964, benomyl 1968, tiophanate methyl 1970 (Morton y Staub 2008), que cumplían el requerimiento de propiedades antifúngicas y nematicidas para la agrícola (Van 2014). El tiabendazol es el primer producto de esta familia desarrollado por Ciba-Geigy, introducido en el mercado como fungicida para posteriormente ser aprobado su uso en humanos (Kamanna 2019), estos productos presentaban propiedades únicas nunca antes vistas en los protectores, ser sistémicos, presentar bajas tasas de uso, amplio espectro con

acción posinfección que permitió su aplicación en intervalos prolongados, popularizando entre los productores pero también sujeto a mal uso y aplicación descontrolada dando lugar a resistencias (Morton y Staub 2008), también productos como el thiabendazol tienen su formas farmacéutica, que es utilizada para el tratamiento de infecciones provocadas por nematodos (Clínica U. Navarra 2025), evidenciándose que las transnacionales químicas desarrollan productos que son utilizados como agrotóxicos o medicamentos.

La primera evidencia de resistencia a los benzimidazoles surgió en 1969 en infecciones de oídio en invernaderos, apenas un año después de su introducción. Para 1984, se había documentado la resistencia en numerosos patógenos sensibles a los benzimidazoles, debido a que su acción se dirigía al sitio único del ensamblaje de microtúbulos fúngicos durante la mitosis, a través de interacciones tubulina-benzimidazol, por lo que son catalogados de alto riesgo de resistencia (Morton y Staub 2008; Van 2014). Por otro lado varios son los procesos destructivos sobre la salud humana que se atribuye al uso de los agrotóxicos benzimidazoles, se tiene información de impactos relacionados con reacciones locales y alérgicas por exposición a benomil, en caso de ingestión puede provocar náuseas, malestar abdominal, vómitos, diarrea, mareos, somnolencia, dolor de cabeza, vértigo, hiperexcitabilidad, convulsiones y toxicidad hepatorenal, otros estudios realizados sugieren que no representan peligro de intoxicaciones agudas y no se reportan datos sobre los efectos crónicos y a largo plazo en humanos, generalmente se los ubica en categoría toxicológica III según la OMS (Krieger 2001; Marrs y Ballantyne 2004; Kaloianova y El-Batawi 2019), hace falta estudios relacionados a los procesos toxicogénicos de estos productos sobre la salud humana que tomen como base los datos obtenidos en investigaciones con animales, especialmente por exposiciones prolongadas.

Si bien no existen mucha evidencia de procesos toxicogénicos sobre la salud humana y de los ecosistemas atribuidos a los benzimidazoles hay que considerar que presentan un potencial de ocurrencia, pues se han asociado varios impactos con la exposición crónica, como teratogenicidad, malformaciones congénicas, poliploidía, diarrea, anemia, edemas pulmonares o linfadenopatía necrótica. Por otro lado, el uso extensivo, el impacto ambiental residual y los efectos tóxicos a bajos niveles, han propiciado el establecimiento de regulaciones como los niveles máximos de residuos (LMR) en alimentos, nivel de concentración máxima (MCL) en agua (J. Rodríguez et al. 2010), entre otros.

1.3.8. Estrobilurinas

Las estrobilurinas son agrotóxicos naturales y sintéticos de acción fúngica que pertenecen a la clase de los inhibidores externos de quinona, están diseñados para controlar hongos patógenos (moho blanco, podredumbre, manchas foliares tempranas y tardías, royas y añublo del arroz entre otros), inhiben la respiración mitocondrial de los hongos provocando su muerte, debido a su modo de acción de amplio espectro también producen impactos a especies no objetivo (Feng et al. 2020; X. Wang et al. 2021; Carmo y Khalil 2021), el primer producto de este tipo fue aislado a finales de 1970 por Anke y sus colaboradores (Balba 2007; Anke et al. 1977), los primeros productos se comercializa desde 1996 (azosistrobina), la investigación y desarrollo continúan (Bartett et al. 2001; Balba 2007; Feng et al. 2020), varias empresas se involucran en los trabajos de desarrollo de azoxistrobina (Quadris), trifloxistrobina (Flint), piraclostrobin (Cabrio), or Pristine (piraclostrobin + boscalid) entre otros (Carmo y Khalil 2021).

Entre las estrobilurinas más utilizadas en la agricultura podemos mencionar: Azoxistrobina, descubierta por Syngenta (anteriormente Zeneca Agroquímicos), y fue el primer producto de estrobilurina sintética anunciado en la Conferencia Británica de Protección de Cultivos de 1992 como fungicida comercial de Syngenta y comercializado desde 1996, presenta propiedades protectoras, curativas, erradicantes, translaminares y sistémicas, adicionalmente tiene actividad antiesporulante, inhibiendo la germinación de esporas y el crecimiento micelial, se aplica ampliamente en el control de enfermedades fúngicas en cultivos de trigo, maíz, arroz, soja, frutas y hortalizas (X. Wang et al. 2021; Balba 2007); El kresoxim-metilo fue descubierto por BASF de forma independiente al mismo tiempo que la azoxistrobina y fue anunciado en la misma conferencia británica de 1992 por BASF se aplica para el control de enfermedades en cultivos de trigo, cebada, arroz, frutas y hortalizas, tiene acción protectora, curativa, control erradicativo y residual prolongado de las enfermedades, actúa inhibiendo la germinación de las esporas, la actividad se favorece al redistribuirse a través de la fase de vapor (Balba 2007); La trifloxistrobina fue descubierta por Novartis Crop Protection (Syngenta) y anunciado por Novartis en la conferencia británica de 1998, sin embargo, el producto se vendió a Bayer Crop Science en 2000 quien lo comercializa para el control de enfermedades foliares en cultivos de: trigo, cebada, maíz, patatas y frutas, presenta resistencia a la lluvia, se tras loca por movimiento superficial del vapor y también tiene actividad translaminar (Balba 2007).

En este periodo otros agrotóxicos estrobilurinas fueron desarrollados y aplicados, la metominstrobina descubierta por los científicos de Shienogi y registrado en Japón en 1998, la fluoxastrobina fue descubierta por Bayer Crop Science en 1999 y anunciada en 2002, el carbamato de piraclostrobina fue descubierto por Científicos de BASF en 2000, la picoxistrobina fue anunciada por Zeneca agroquímicos (Syngenta-AG) 2000, e inscrita en el año 2001, cada uno de diferente toxicidad (Bartett et al. 2001; Balba 2007; X. Wang et al. 2021), utilizadas para el control de hongos en la producción de soja, arroz, cereales, hortalizas y árboles frutales, y otros plantas en todo el mundo con buenos porcentajes de comercialización y su popularidad continua en aumento (Balba 2007; Carmo y Khalil 2021; X. Wang et al. 2021), por otro lado la masificación de su uso también desarrolla resistencias que generan procesos toxicogénicos sobre de los ecosistemas (Feng et al. 2020).

Las estrobilurinas debido a su acción sistémica de amplio espectro, toxicidad y su uso prolongado puede generar problemas de salud que deben ser considerados (Feng et al. 2020), las prácticas de uso y la exposición de los trabajadores agrícolas y las características propias de la población cercana a las áreas fumigadas, los procesos destructivos se pueden evidenciar a nivel de todo el organismo, como el desarrollo, reproducción y comportamiento, según la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. ToxCast estos productos pueden actuar como disruptores endocrinos, y los datos de alto rendimiento sugieren que algunas estrobilurinas pueden activar el receptor de estrógeno alfa y el receptor de hormona tiroidea beta (X. Wang et al. 2021), debido a las deficiencias en el control del uso y aplicación, la falta de recurso y apoyo a la investigación de estos productos, no existe información confirmatoria de los impactos sobre la salud, las propiedades y características de las estrobilurinas exigen la realización de estudios relacionados con los impactos sobre la salud humana de estos productos.

Los procesos toxicogénicos sobre de los ecosistemas relacionados con estos productos comprenden desde la contaminación del agua, del suelo y de los alimentos, los cuales son afectados por varios procesos como métodos de producción utilizados, cantidad y frecuencia de aplicación, prácticas agrícolas y condiciones ambientales locales, entre otros (Wang et al., 2021). Por otro lado, existe la falta de información detallada sobre los procesos de descomposición de las estrobilurinas. Algunos estudios sugieren que los metabolitos resultantes pueden persistir más tiempo y ser más nocivos para los ecosistemas que el compuesto original, lo que resalta la necesidad de establecer medidas adecuadas para la eliminación y el manejo final de estos productos, así como de

llevar a cabo investigaciones sobre sus procesos metabólicos (Feng et al., 2020). Adicionalmente, las estrobilurinas muestran diferentes niveles de toxicidad que varían ampliamente entre las distintas especies acuáticas, siendo más pronunciada en los peces, con la siguiente clasificación: piraxistrobina > piraclostrobina > trifloxistrobina > picoxistrobina > kresoxim-metilo > fluoxastrobina > azoxistrobina. Además de su toxicidad mitocondrial, los estudios también han informado sobre su potencial genotóxico, inmunotóxico, cardiotoxico, neurotóxico y su capacidad para alterar el sistema endocrino (X. Wang et al. 2021).

De la misma manera que otros agrotóxicos, el empleo de estrobilurinas debe cumplir con regulaciones específicas en cada país, así como a nivel regional y comercial. Se han establecido límites máximos de residuos (LMRs) en alimentos y otros criterios que son vigilados en cada nación. A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han elaborado el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas (CIC), con el fin de fomentar el “manejo seguro y la distribución adecuada” de agrotóxicos, incluidos los fungicidas, entre los que se encuentran las estrobilurinas. Además, existen regulaciones sobre el uso y la aplicación de fungicidas estrobilurinas en el Convenio de Róterdam y el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), entre otros. Para reducir los procesos toxicogénicos sobre la salud y de los ecosistemas de los fungicidas estrobilurinas, es fundamental eliminar su uso, aplicar prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos, el uso de dosis adecuadas y la integración de diferentes métodos de control de enfermedades, y el cumplimiento de regulaciones establecidas a nivel local e internacional.

1.3.9. Fenilpirazoles

Los fenilpirazoles son agentes agroquímicos que poseen una estructura química compuesta por un anillo de pirazol y un anillo de benceno unidos por un enlace carbono-nitrógeno (Krieger 2010; Zhao et al. 2010, 2019). Estos compuestos exhiben propiedades insecticidas y acaricidas (Krieger 2010), y se emplean para controlar plagas y enfermedades en la agricultura (Caboni, Sammelson, y Casida 2003). Fueron desarrollados en respuesta a combatir la creciente resistencia de los insectos objetivo a los pesticidas comunes utilizados para su control (Vidau et al. 2009). Su mecanismo de acción se dirige al sistema nervioso de los insectos y ácaros, lo que resulta en parálisis y,

finalmente, en la muerte de estos organismos objetivo (Klis, Vijverberg, y van der Bercken 1991; Mossa, Swelam, y Mohafrash 2015; Zhao et al. 2019).

El fipronil es el agrotóxico perteneciente a la familia de los fenilpirazoles más conocido, fue descubierto en 1987 por científicos de la empresa química francesa Rhône-Poulenc en 1993 se introduce al mercado agrícola (Cuesta 2017; Strungaru et al. 2018; Z. Zhang et al. 2021), un insecticida agrícola para el control de plagas como escarabajos, hormigas, termitas, pulgas, garrapatas y cucarachas en cultivos de maíz, arroz, frutas, verdura, cereales, hortalizas y otros (Krieger 2001; Hodgson 2004). En 1996 se aprueba su uso agrícola en los Estados Unidos (Krieger 2001, 2010), también tiene aplicación en el campo de la veterinaria para el control de pulgas y garrapatas en perros y gatos (Krieger 2010). En los siguientes años se desarrollaron otros productos con propiedades insecticidas y acaricidas: ethiprole, butene fipronil, vaniliprole, acetoprole, pyrafluprole, and pyriprole, entre otros (Zhao et al. 2010; Maienfisch y Stevenson 2015; Wei et al. 2017).

También se han reportado procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas generados por los fenilpirazoles, por ejemplo, en el año 2017 el incidente del “huevo venenoso” en Europa, millones de huevos fueron destruidos por estar contaminados con fipronil (*BBC News Mundo* 2017). Los fenilpirazoles podrían acumularse en la cadena alimentaria y provocar procesos toxicogénicos sobre la salud humana a largo plazo (Zhang et al. 2021). Por otro lado, se han detectado tres metabolitos del fipronil: fipronil-desulfinilo, sulfuro de fipronil y sulfona de fipronil en los ecosistemas con mayor persistencia que el fipronil (Z. Zhang et al. 2021) con probabilidad de generar procesos toxicogénicos en los ecosistemas. En general se considera que los procesos de intoxicación por fipronil en humanos se relacionan con accidentes o intentos de suicidio

Por otra parte, se ha observado que los animales expuestos al fipronil muestran síntomas de neurotoxicidad, tales como convulsiones, espasmos, temblores, dificultades en la coordinación motora, rigidez en las extremidades, cambios en la actividad motora, vocalización anormal, agresión y respuestas neurológicas anómalas. En un estudio con búfalos que recibieron fipronil por vía oral a una dosis de 0,5 mg/kg/d se observaron signos tóxicos como exceso de salivación, lagrimeo, depresión, reducción en el aumento de peso corporal, debilidad muscular, pérdida de pelo y hundimiento ocular. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) determina que el uso de fipronil es segura en perros y

gatos, y no representa problemas para la salud humana siempre y cuando se tomen las precauciones adecuadas al manipular a estos animales (R. Gupta y Doss 2022).

1.3.10. Organofosfonatos

Los organofosfonatos son agrotóxicos compuestos por enlaces carbono-fósforo (C-P) (Bujacz et al. 1995; McGrath, Chin, y Quinn 2013; Riedel et al. 2019). se los utiliza en la agricultura como pesticidas y herbicidas, pero también se tienen aplicaciones industriales, los organofosfonatos constituyen una gran variedad de compuestos, el más representativo y conocido es el *glifosato* desarrollado por la compañía farmacéutica Cilag en 1950, sintetizado en 1970 por Monsanto con características herbicidas (Bujacz et al. 1995; Hayes, Ternan, y McMullan 2000; Nandula 2010; McGrath, Chin, y Quinn 2013; Seneff 2021), convirtiéndose en el herbicida más utilizado en todo el mundo en el control de malezas en diferentes cultivos, pero este producto puede desencadenar procesos destructivos de la salud humana y los ecosistemas por su alta toxicidad (Calderón, Vera, y Harnández 2017; Walenta et al. 2020; Seneff 2021), el principal producto de degradación del glifosato es AMPA el ácido aminometilfosfónico (Ternan et al. 1998), Los impactos en los ecosistemas se relacionan con la toxicidad para organismos no objetivo, incluidos invertebrados acuáticos, peces (Solís et al. 2019).

Hay múltiples investigaciones que sugieren que el glifosato puede tener efectos adversos sobre la salud humana, de acuerdo a la Agency For Research On Cancer (IARC) es probablemente cancerígeno para humanos (Calderón, Vera, y Harnández 2017; ATSDR 2020), también puede desarrollar trastornos endocrinos, problemas reproductivos y del desarrollo, daño cerebral, cambios en el comportamiento y la coordinación (Andreotti et al. 2018; Seneff 2021). La industria productora no acepta esta calificación generando el debate sobre este tema debido a que al aceptarla generaría grandes pérdidas a las empresas, por lo que se continúan realizando estudios que buscan esclarecer el alcance y la importancia de los posibles impactos tanto en la salud humana como en los ecosistemas, sin embargo, la literatura mundial sobre los efectos en la salud humana presenta un panorama confuso y diverso (Calderón, Vera, y Harnández 2017).

Actualmente el glifosato es uno de los agrotóxicos más utilizados a nivel mundial, sin embargo, la seguridad toxicológica ha sido cuestionada por múltiples estudios independientes que reportan efectos negativos en la salud, incluso en niveles que cumplen con los límites establecidos en las normativas vigentes, poniendo en duda la validez y suficiencia de los criterios oficiales utilizados para evaluar dicha seguridad. Investigadores relacionan la exposición a glifosato con

el cáncer, diabetes, neuropatías y problemas de reproducción, pero estos estudios han sido por la industria sustentando que están basados en enfoques deductivos sin sustento y especulativos (Mesnage y Antoniou 2017). Asimismo, algunos estudios atribuyen los impactos negativos al uso de surfactantes y no directamente al principio activo (Meftaul et al. 2020), sugiriendo que reemplazar el surfactante podría solucionar el problema. No obstante, existen vacíos significativos de información que deben abordarse y, conforme al principio precautorio, estas deficiencias no deberían justificar el aplazamiento de medidas necesarias para proteger la salud humana y los ecosistemas.

La controversia se agudiza a nivel regulatorio debido a evaluaciones científicas contradictorias. Por ejemplo, en 2015, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasificó al glifosato como "probablemente cancerígeno", mientras que la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) concluyó que era "poco probable que represente un riesgo carcinogénico para humanos" (Koppenberg, Hirsch, y Finger 2023)). Estas discrepancias generan polarizaciones políticas y sociales, acentuadas en sectores donde el uso del glifosato tiene implicaciones económicas y estratégicas, como es el caso colombiano en la erradicación de cultivos ilícitos y la guerra contra guerrillas, mediante aplicación aérea que impacta a comunidades sin discriminación, generando procesos destructivos que llegan a la muerte la población no vinculada a estos movimientos (O. Torres y Rodríguez 2022), en Argentina es utilizado en la agricultura industrial, produciendo graves efectos eco-toxicológicos y una gran transformación socio-ecológica (C. Torres y Galetto 2023)

Las normativas sobre el uso de los organofosfonatos varían según el país y la región, siendo uno de los controles más aplicados la fijación de límites máximos de residuos (LMR) en alimentos. Estos límites se encuentran especificados en las regulaciones pertinentes de países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Japón, los países miembros de la Unión Europea, así como en el CODEX Alimentario. Dichos LMR suelen aplicarse internacionalmente, especialmente en el ámbito del comercio de alimentos y piensos (OCSPP US EPA 2014; ATSDR 2020; Health Canada 2020; Codex Alimentarius 2024; EFSA 2024).

1.3.11. Bipiridilos

Los bipiridilos son agrotóxicos no selectivos que contienen el ingrediente activo 2,2'-bipiridilo o una estructura similar, utilizados en la agricultura como herbicidas para el control de malezas o malas hierbas (U. S. EPA 2013; Eddleston_0 2016; O. Singh y Juneja 2019; Haschek et al. 2023). Su acción es por contacto al generar radicales libres y provocar daños oxidativos en las células vegetales, entre los compuestos más utilizados

están el paraquat y el diquat (M. Marín y Berrouet 2016), ambos productos son relativamente caros y tóxicos para la salud y el ambiente, se los comercializa en formulaciones individuales o en mezcla, (Rytwo y Tavasi 2003; Haschek et al. 2023), se los considera más efectivos que otros herbicidas por su rápida acción sobre la planta (M. Marín y Berrouet 2016). Adicionalmente se utilizan en desecación de cultivos, preparación de terrenos, manejo de malezas resistentes y en aplicaciones de áreas no agrícolas, como jardines, áreas industriales y paisajes urbanos (Wilson 1969; Krieger 2010).

Los herbicidas bipiridilos fueron desarrollados en la década de 1950, el primer producto paraquat fue descubierto y desarrollado por científicos de la empresa británica Imperial Chemical Industries y se comercializado para uso agrícola en la década de 1960 (McDonagh y Martin 1970; Krieger 2010; R. C. Gupta y Crissman 2013; Haschek et al. 2023), se aplica en el control de malezas resistentes a otros herbicidas ya que tiene rápida acción, lo que favoreció la popularización a nivel mundial (Bullivant 1966). Otro producto representativo es el diquat, desarrollado en la misma época y por la misma empresa, introducido al mercado en los años 1960s después del paraquat, con características similares, se aplica en varios países para el control de malezas en una variedad de cultivos y otros entornos, varias empresas desarrollaron formulaciones líquidas de ambos productos para aplicación en huertos familiares en algunos países (Eddleston_0 2016), su alta toxicidad genera procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas (Bullivant 1966; Onyon y Volans 1987; Eddleston_0 2016), por lo que son sujetos a regulación y prohibiciones.

Los bipiridilos presenta toxicidad en humanos y varias especies animales, específicamente el paraquat se focaliza y acumula en el pulmón, mientras que el diquat con un tiempo de vida media cinco veces menor no se acumula, estudios en humanos sugieren que puede haber un flujo de paraquat desde los pulmones hacia la circulación (Henaó y Nieto 1999; Krieger 2010; Eddleston_0 2016; Haschek et al. 2023). El paraquat ocasiona lesiones degenerativas en los pulmones y desencadena cambios bioquímicos y ultraestructurales en el endotelio capilar pulmonar, así como daños en el epitelio alveolar. Además, las formulaciones concentradas de paraquat y diquat son agentes irritantes altamente potentes que pueden generar enrojecimiento dérmico, formación de ampollas, úlceras y dermatitis. También pueden provocar daños en las uñas y quemaduras graves. La absorción sistémica de estos compuestos puede conducir a insuficiencia respiratoria, renal y, en última instancia, la muerte. (U. S. EPA 2013; Eddleston_0 2016; Haschek

et al. 2023), Por otro lado, el paraquat se ha relacionado con síntomas similares a los de la enfermedad de Parkinson (Krieger 2010).

El Paraquat está restringido en más de una docena de países y forma parte de la denominada Docena Sucia, lista de plaguicidas altamente tóxicos que deberían estar prohibidos según la Red de Acción sobre Plaguicidas (PAN por sus siglas en Ingles) (Comunicacion Baseis 2019), este producto es uno de los principales productos empleados en los suicidios. Por tal razón para evitar la generación de procesos toxicogénicos sobre la salud se han establecido reglamentaciones de aplicación y manipulación de estos herbicidas en la mayoría de los países tanto a nivel local como internacional (Krieger 2010).

A diferencia de muchos otros herbicidas, los efectos sobre los ecosistemas de los bipyridilos son mínimos, ya que se desactivan rápidamente al entrar en contacto con la mayoría de los suelos naturales, formando complejos minerales inertes que no representan riesgos tanto para la vida vegetal como animal, por otro lado el uso continuo puede dejar residuos en los productos tratados que al consumirlos producen procesos destructivos para la salud (Henao y Nieto 1999; Eddleston_0 2016).

1.3.12. Sulfonilureas

Las sulfonilureas son agrotóxicos ampliamente utilizadas en la agricultura para controlar malezas, su funcionamiento se basa en interferir en la capacidad de las plantas para sintetizar aminoácidos esenciales, mediante la inhibición de la enzima (ALS) acetolactato sintasa (H. M. Brown 1990; Boldt y Jacobsen 1998; Azcarate, Montoya, y Koskinen 2015; Paporisch et al. 2020; Medo et al. 2020; Kampouraki et al. 2023), tienen tasas de aplicación bajas en comparación con los herbicidas tradicionales, son efectivos en un amplio espectro de malezas y tienen baja toxicidad para humanos y animales, poseen una estructura basada en la triazina (Boldt y Jacobsen 1998; Sarmah y Sabadie 2002; Medo et al. 2020), su actuación se dirige a inhibir el crecimiento, clorosis, necrosis y muerte de las malas hierbas de tres a cinco semanas (Zanardini et al. 2002).

Las sulfonilureas fueron desarrolladas en la década de 1970 por Dupont , este descubrimiento incremento los alcances de la química de los herbicidas, se introducen en el mercado agrícola en 1982, para 1989 se registraron 375 patentes correspondientes a 27 empresas de estos agrotóxicos, de las cuales Dupont posee el 71 % (H. M. Brown 1990; Hay 1990; Bhowmik 2012; Azcarate, Montoya, y Koskinen 2015), la investigación continúa y se espera que gran cantidad de productos herbicidas sulfonilureas ingresarían

al mercado en los siguientes años (H. M. Brown 1990; Azcarate, Montoya, y Koskinen 2015), entre las más conocidas tenemos: Metsulfurón-metilo; Imazapir; Chlorsulfuron; Sulfometurón-metilo; Triasulfurón; Flazasulfurón, se utilizan para controlar una amplia variedad de malezas en cultivos como trigo, cebada, maíz, soja, pasturas, arroz, sorgo, caña de azúcar, avena, algodón y frutas, también se aplican en áreas no agrícolas, como en pastizales, áreas degradadas, áreas industriales, pastos resemebrados, céspedes de estación fría y cálida (Stetter 1994; Sarmah y Sabadie 2002; Boschini et al. 2003; Bhowmik 2012; Paporisch et al. 2020; Medo et al. 2020).

Según sus creadores y promotores, estos productos son considerados de baja toxicidad para los humanos y generalmente se aplican en dosis bajas (Boldt y Jacobsen 1998), considerándolos como seguros de aplicar, por lo que no se les considera dañinos. Pero como siempre los defensores de estos productos asocian los procesos toxicogénicos relacionados con impacto a la salud humana con el "uso inadecuado". Sin embargo, si esta es la realidad, habría que cuestionarse: ¿acaso no son las grandes empresas transnacionales fabricantes de estos productos quienes tienen la responsabilidad de capacitar adecuadamente a los agricultores sobre su correcto manejo.?

Por otra parte, se ha evidenciado que los impactos tóxicos no están necesariamente asociados solo con altas concentraciones, pues también exposiciones a bajas concentraciones pueden generar efectos destructivos sobre la salud. Se han reportado irritaciones en piel, ojos o vías respiratorias debido al contacto directo con estas sustancias. Además, la ingestión accidental de concentraciones elevadas podría producir toxicidad aguda, manifestándose con síntomas como náuseas, vómitos, mareos, dolor abdominal y, en casos graves, convulsiones o pérdida del conocimiento (Kampouraki et al. 2023).

También se han documentado estudios que vinculan la exposición a estos productos con el desarrollo de diabetes tipo 2, especialmente en trabajadores agrícolas y personas que habitan cerca de las zonas de aplicación. Estas investigaciones sugieren una mayor probabilidad de desarrollar esta enfermedad en las poblaciones expuestas, aunque es indispensable realizar más investigaciones para esclarecer plenamente los mecanismos biológicos implicados en dicha asociación (Kampouraki et al. 2023).

Los impactos sobre los ecosistemas de los herbicidas sulfonilureas se relacionan con su alta persistencia, no son volátiles, presentan propiedades sistémicas en plantas y movilidad en suelos, se encuentran activos 30 días después de su aplicación en campo, sus residuos se los ha encontrado en el suelo hasta varios años después de ser aplicados,

generando procesos toxicogénicos sobre los ecosistemas (Zanardini et al. 2002; Boschin et al. 2003; Bempelou, Kappatos, y Liapis 2019; Paporisch et al. 2020), al ser persistentes favorecen el desarrollo de resistencia en las malezas, lo que significa el uso de dosis más altas y el desarrollo de diferentes herbicidas para lograr un “control efectivo” lo que desata un desequilibrio natural de las diferentes especies de malezas y otros organismos en los agroecosistemas, se pueden generar procesos toxicogénicos sobre especies no objetivo, la contaminación del agua provoca pérdida de especies acuáticas ya que son altamente tóxicos para la vida acuática (ASCA 2020).

De acuerdo a sus directivos la EPA mantiene registros de los herbicidas de sulfonilureas en la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) para cada producto comercializado (EPA 2017), la mayoría de países mantiene el control de ingreso, comercialización y aplicación de los agrotóxicos de sulfonilurea, con el objetivo de prevenir la generación de procesos toxicogénicos tanto para la salud y el ambiente. A nivel internacional las instancias que establecen directrices generales para el uso adecuado de sulfonilureas son: El Convenio de Róterdam, el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas (CICP), y las Recomendaciones de la FAO y la OMS sobre el uso de agrotóxicos. Pero generalmente estos acuerdos y tratados no son aplicados en países que mantienen una alta dependencia de las transnacionales corporativas.

1.3.13. Hormonas

Las hormonas son moléculas fundamentales para la regulación del organismo. Secretadas por las glándulas, estas moléculas son transportadas por el sistema circulatorio a diversos órganos, donde regulan múltiples funciones fisiológicas y comportamentales. Además, las hormonas también pueden ser compuestos químicos producidos localmente por las células, influenciando tanto su propia función como la de células cercanas, lo que resulta en cambios en la actividad celular y la activación de vías de señalización específicas. (Asami y Nakagawa 2018).

Las investigaciones sobre hormonas en vegetales comenzaron a principios del siglo XIX. En 1926, se aisló la primera “sustancia promotora de crecimiento”. Estos estudios continuaron y en 1937 se logró aislar el ácido indol-3-acético (IAA) a partir de orina humana, levaduras y hongos. En 1946, el IAA fue aislado desde una planta. Más tarde, se identificaron otras sustancias similares: el ácido 4-cloro-indolacético (4-Cl-IAA), ácido fenilacético (PAA), ácido indol butírico (IBA) y el ácido indol propiónico

(IPA) que se denominaron como auxinas (Jordan y Casaretto 2007; Asami y Nakagawa 2018). Hasta ahora, las hormonas vegetales más conocidas incluyen auxinas, giberelinas (GA), citoquininas (CK), ácido abscísico (ABA), etileno, brasinoesteroides (BR), ácido jasmónico (JA), ácido salicílico (SA), florigen y estrigolactonas (SL). (Asami y Nakagawa 2018).

Luego del descubrimiento de la estructura y propiedades de las hormonas naturales y su potencial uso en la agricultura, en las décadas de 1940 y 1950 se desarrollaron compuestos sintéticos similares a las hormonas que se utilizaron como estimuladores de crecimiento y agrotóxicos, entre los que podemos mencionar: el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), desarrollado en 1945 por algunas empresas químicas como Dow Chemical y Amchem Products, Inc. Empleado como herbicida en el control de malezas de hoja ancha en cultivos de cereales, maíz, arroz, caña de azúcar, pastizales y césped; 4-cloro-2-metilfenoxiacético (MCPA), creado en 1945 con la participación de varios fabricantes, tales como Dow Chemical y Rhone-Poulenc. Se lo utiliza en el control de malezas de hoja ancha en cereales (trigo, cebada, avena), pastos y césped; Dicamba (ácido 2-metoxi, 3,6-dicloro benzoico), desarrollado en 1967 por G.D. Searle & Company y más tarde comercializado por Monsanto (actualmente parte de Bayer); Aplicado para el control de malezas de hoja ancha en cultivos de soja, maíz, trigo, sorgo, césped y áreas no cultivadas; El ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), Desarrollado en 1940s por Dow Chemical y otras empresas. Se aplica para el control de malezas de hoja ancha en cultivos agrícolas y forestales, hay que resaltar que este producto junto al 2,4-D constituyeron el “agente naranja” utilizado como arma de guerra por el ejército de los EEUU en Vietnam, generando procesos toxicogénicos sobre la población y los ecosistemas que luego de 50 años continúan (Jordan y Casaretto 2007; OA US EPA 2013; Danchi y Chen 2024).

El uso y aplicación de estos productos tiene repercusiones sobre la salud de los trabajadores agrícolas y el ambiente. Los problemas de salud están relacionados a irritación de la piel y los ojos, en exposiciones agudas se han reportado efectos neurológicos, síntomas gastrointestinales y probabilidad de desarrollar cáncer y desequilibrio hormonal (von Stackelberg 2013; Lerro et al. 2020; ATSDR 2022a). Los daños en los ecosistemas se relacionan con su volatilidad ya mediante la deriva pueden llegar a cultivos y organismos no objetivo, su persistencia moderada en el suelo, son tóxicos para organismos acuáticos y plantas no objetivo (OA US EPA 2013; FAO 2024a).

El desarrollo de los agrotóxicos y su popularización a partir de los años 1930s, ha implicado la generación de procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas, por tal motivo constantemente han sido reemplazados por nuevos productos que aparentemente no presentan estos problemas, contrario a estas promesas los procesos deteriorantes continúan apareciendo. Por su lado las empresas han desatado una competencia cada vez mayor para obtener el agrotóxico de mejor calidad. Desarrollando productos de diferentes estructuras químicas y características diversas aplicadas para “combatir las plagas” en la agricultura.

En Ecuador, las grandes corporaciones agrícolas tienen una influencia significativa sobre los principales rubros de exportación, como el banano, la palma africana, las flores, el cacao y la caña de azúcar. Estas empresas operan bajo un modelo agroindustrial de carácter monopólico y altamente tecnificado, que se sustenta en el uso intensivo de monocultivos, maquinaria pesada, semillas híbridas o transgénicas y agrotóxicos. Este modelo les permite a empresas como: Monsanto, Bayer AG, Dow Chemical Company, DuPont, Syngenta, BASF, FMC Corporation, ICI (Imperial Chemical Industries), Ciba-Geigy, Corteva Agriscience, ADAMA Agricultural solutions, Sumitomo Chemical, Nufarm, Novartis, Merck, Pfizer, controlar grandes extensiones de tierra y cadenas de valor, desde la producción hasta la exportación, desplazando a la agricultura campesina y familiar, limitando la soberanía alimentaria nacional y sometiendo la producción a intereses externos, generalmente del Norte Global.

Estas corporaciones también ejercen un peso considerable en la esfera política, tanto a nivel nacional como local. Su influencia se manifiesta a través de: Lobby y presión para mantener marcos regulatorios permisivos, especialmente en lo que respecta al uso de agrotóxicos, el acceso a recursos naturales como el agua, y la legislación laboral; financiamiento de campañas políticas o vínculos directos con funcionarios públicos, que terminan en decisiones políticas favorables a sus intereses (como subsidios, beneficios tributarios o reducciones de controles ambientales); incidencia en tratados de libre comercio y acuerdos multilaterales que refuerzan el modelo agroexportador. Este poder político ha impedido avances sustanciales en políticas de agroecología, reforma agraria, regulación estricta del uso de químicos peligrosos y fortalecimiento de economías campesinas (Breilh 2021, 2023a).

En la tabla 1, se presenta un resumen de algunos de los procesos toxicogénicos de los agrotóxicos tratados en este estudio organizados por familia química.

Pese a las evidencias sobre los procesos destructivos sobre la salud y los ecosistemas generados por los agrotóxicos que se han evidenciado desde su creación, las empresas productoras y la agroindustria los han mantenido en vigencia durante mucho tiempo antes de ser cuestionados, restringidos y en algunos casos prohibidos de producción y aplicación. Pero esta prohibición es incumplida en varios países donde las grandes corporaciones mantienen acuerdo con los gobiernos incluso para su promoción. A continuación, se presenta la vigencia de varios agrotóxicos antes de ser observados.

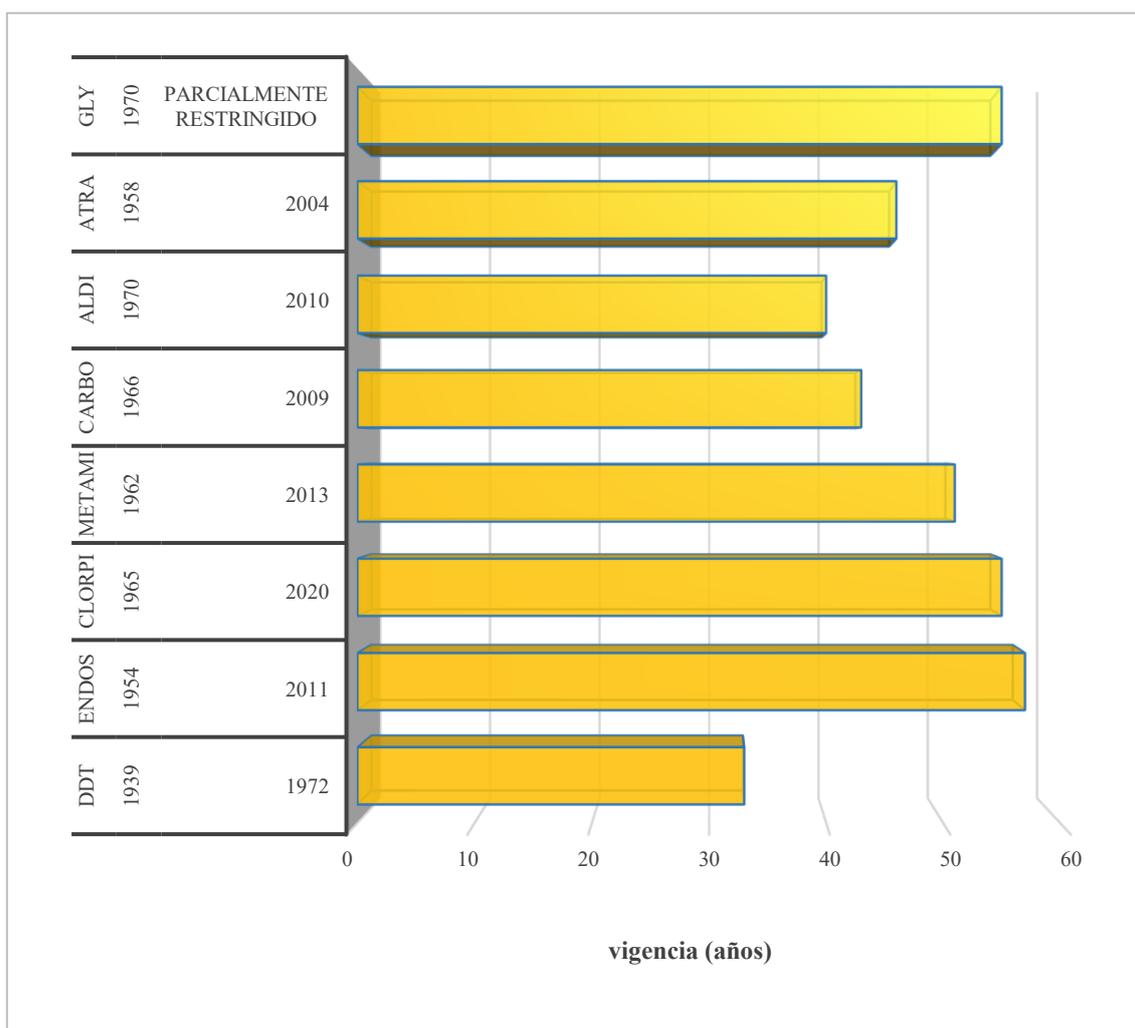


Figura 1. Vigencia de agrotóxicos antes de ser observados

Fuente y elaboración propias en base al estudio.

Tabla 1
Procesos toxicogénicos de los agrotóxicos

Familia Química	Descripción	Productos Representativos	Modo de Acción	Metabolismo en el Cuerpo Humano	Excreción	Impacto en la Salud	Impacto en el Ambiente	Permanencia en el Ambiente
Organoclorados	Sustancias químicas que presentan átomos de cloro unidas a una estructura de carbono	DDT, Lindano, Endosulfán	Interfieren con el sistema nervioso	Se acumulan en tejidos grasos, se metabolizan lentamente	Lenta, principalmente a través de la bilis y heces	Neurotoxicidad, posibles carcinógenos, alteraciones endocrinas	Alta bioacumulación, toxicidad para la vida silvestre, disruptores endocrinos	Muy persistentes, pueden durar décadas en el suelo y sedimentos
Organofosforados	Sustancias químicas sintéticas que contienen átomos de fósforo en su estructura.	Paratión, Malatión, Clorpirifós, Diazinón	Inhiben la acetilcolinesterasa	Metabolizados en el hígado a metabolitos más solubles	Rápida, principalmente a través de la orina	Neurotoxicidad aguda y crónica, problemas respiratorios	Toxicidad aguda para la vida acuática y aves, riesgos para polinizadores	Moderadamente persistentes, duran semanas a meses
Carbamatos	Se caracterizan por tener en su estructura el grupo funcional carbamato (-NHCOO-)	Carbaril, Metiocarb, Aldicarb, Propoxur	Inhiben la acetilcolinesterasa	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Neurotoxicidad, problemas respiratorios	Toxicidad aguda para la vida acuática, efectos subletales en polinizadores	Moderadamente persistentes, duran semanas a meses
Piretroides	Ésteres cetoalcohólicos de los ácidos crisantémico y piretroico	Cipermetrina, Deltametrina, Permetrina, Lambdacialotrina	Afectan el sistema nervioso	Metabolizados rápidamente en el hígado	Rápida, principalmente a través de la orina	Irritación de piel y ojos, efectos neurotóxicos	Alta toxicidad para peces y otros organismos acuáticos	Baja a moderada persistencia, duran días a semanas
Neonicotinoides	Agrotóxicos sintéticos químicamente similares a la nicotina	Imidacloprid, Clotianidina, Tiametoxam, Acetamiprid	Afectan receptores nicotínicos	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Posibles efectos neurotóxicos, riesgos para abejas	Alta toxicidad para abejas y otros polinizadores	Moderadamente persistentes, duran semanas a meses
Triazinas	Anillos heterocíclicos que contienen tres átomos de nitrógeno	Atrazina, Simazina, Terbutilazina	Inhiben la fotosíntesis	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Potenciales disruptores endocrinos, posibles carcinógenos	Contaminación de aguas subterráneas, efectos tóxicos en algas y plantas acuáticas	Moderadamente persistentes, duran meses a años

Benzimidazoles	Compuestos aromáticos heterocíclicos que presentan un anillo benzimidazol en su estructura	Tiabendazol, Carbendazim, Benomilo	Inhiben la síntesis de microtúbulos	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Posibles efectos teratogénicos, hepáticos	Baja toxicidad para la vida acuática, efectos en hongos benéficos del suelo	Baja a moderada persistencia, duran días a semanas
Estrobilurinas	Productos naturales y sus análogos sintéticos de acción fúngica.	Azoxistrobina, Trifloxistrobina, Piraclostrobina, Fluoxastrobin	Inhiben la respiración celular	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Baja toxicidad, posibles efectos en el hígado	Baja toxicidad para la vida acuática y terrestre	Baja a moderada persistencia, duran días a semanas
Fenilpirazoles	Compuestos cuya estructura química contiene el anillo de pirazol y un grupo fenilo unido al nitrógeno.	Fipronil	Bloquean receptores GABA	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina y heces	Efectos neurotóxicos, posible carcinogenicidad	Alta toxicidad para organismos acuáticos y polinizadores, disruptores endocrinos en aves	Moderadamente persistente, duran meses
Organofosfonatos	Agrotóxicos compuestos por enlaces carbono-fósforo	Glifosato	Inhiben la EPSP sintasa	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Baja toxicidad aguda, controversia sobre efectos crónicos	Baja toxicidad directa, pero impactos indirectos por la eliminación de vegetación	Baja a moderada persistencia, duran días a semanas
Bipiridilos	Herbicidas que contienen el ingrediente activo 2,2'-bipiridilo o una estructura similar.	Paraquat, Diquat	Generan radicales libres	Metabolizados parcialmente en el hígado	Principalmente a través de la orina, almacenamiento en pulmones	Altamente tóxicos, fibrosis pulmonar, fallo renal	Alta toxicidad para la vida acuática, toxicidad para aves y mamíferos	Moderadamente persistentes, duran meses
Sulfonilureas	Consisten de un grupo sulfonilo (-S(=O) ₂) con su átomo de azufre unido a un átomo de nitrógeno de un grupo ureileno	Metsulfuron-metil, Clorsulfuron, Triflursulfuron	Inhiben la ALS (acetolactato sintasa)	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Baja toxicidad, irritación de ojos y piel	Baja toxicidad para la vida silvestre, puede afectar plantas no objetivo	Baja a moderada persistencia, duran semanas

Hormonas	Compuestos sintéticos o naturales cuyo propósito es indicar a otras células que realicen determinadas funciones	2,4-D, Ácido giberélico	Imitan hormonas vegetales	Metabolizados en el hígado	Principalmente a través de la orina	Baja toxicidad. Estudios los relacionan con presencia de cáncer y desequilibrio hormonal	Baja toxicidad para la vida acuática, posibles efectos subletales en plantas acuáticas	Baja a moderada persistencia, duran días a semanas
-----------------	---	-------------------------	---------------------------	----------------------------	-------------------------------------	--	--	--

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

1.4. Extractivismo agrícola en Ecuador en el contexto neoliberal

Desde sus orígenes, la agricultura ha sido una práctica íntimamente ligada a los ciclos de la naturaleza, a la cultura de los pueblos y a la reproducción de la vida. Sin embargo, en el marco del modelo neoliberal, esta relación ha sido progresivamente desfigurada. A partir de la Revolución Verde y la expansión del mercado global, la agricultura dejó de ser una actividad centrada en la subsistencia y el equilibrio ecológico, para convertirse en una actividad extractiva orientada al lucro. En este modelo hegemónico, la tierra, las semillas, el agua y los alimentos han sido convertidos en mercancías, sometidas a las reglas del comercio internacional, la especulación financiera y la acumulación de capital.

Esta mercantilización ha generado una serie de procesos críticos: concentración de tierras, pérdida de biodiversidad, dependencia de agrotóxicos y transgénicos, empobrecimiento del campesinado, y deterioro de la salud humana y ambiental. Como señala Vandana Shiva (2016), “convertir la agricultura en negocio ha despojado a millones de personas de sus medios de vida y ha creado un sistema alimentario tóxico y desigual” (Shiva 2016b).

Frente a este escenario, múltiples movimientos sociales, pueblos originarios, redes de agroecología y defensores de la soberanía alimentaria han desarrollado una visión alternativa: la agricultura como bien común. Esta perspectiva propone que la agricultura no puede reducirse a una mercancía, pues cumple un rol vital para la vida, la cultura, la salud y la autonomía de los pueblos. Considera a los territorios, las semillas, los saberes y las prácticas agroecológicas como bienes comunes que deben ser protegidos, compartidos y gobernados colectivamente (Altieri y Toledo 2011; Breilh 2023a).

La soberanía alimentaria, tal como se declaró en Nyéléni (2007), enfatiza el derecho de los pueblos a definir sus sistemas alimentarios, priorizando la producción local, el respeto a la naturaleza y el cuidado de los vínculos comunitarios. Esta visión se entrelaza con los enfoques de salud colectiva y epidemiología crítica, que entienden la salud como resultado de las relaciones entre territorio, cultura, trabajo, alimentación y poder (Breilh 2013a; Verzeñassi et al. 2022; FAO 2007).

El enfrentamiento entre el modelo tradicional y el mercantil a puesto y continua poniendo en juego el futuro del campo, y la posibilidad de construir sociedades más justas, sustentables, soberanas, solidarias y saludables. Como plantea Jaime Breilh, transformar la agricultura implica también transformar nuestras formas de pensar y de

habitar el mundo, superando la lógica del capital y revalorizando la vida en su sentido más amplio (Breilh 2023a).

El modelo neoliberal fomenta la explotación intensiva y comercialización de los recursos naturales con el fin de maximizar ganancias, generalmente orientada hacia mercados globales. Este modelo se caracteriza por la utilización de prácticas agrícolas intensivas, como el monocultivo, el uso masivo de agrotóxicos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas) y la introducción de semillas modificadas genéticamente, para incrementar la productividad y la rentabilidad de la producción agrícola.

1.4.1. El neoliberalismo

A partir de finales de los 1970 se experimentan cambios globales a nivel político y económico, generándose un giro importante hacia la desregularización, la privatización, y la desatención del estado a la sociedad, estos cambios fueron acogidos en forma voluntaria por algunos estados, mientras que otros tuvieron que obedecer a poderosas presiones de organismos externos de carácter económico y político. El poder y la influencia de estos organismos han ubicado a sus seguidores en puestos de decisión en el ámbito académico, comunicacional y financiero, su alcance llega a grandes corporaciones, organismos internacionales que deciden sobre el mercado y las finanzas a nivel mundial: FMI, BM, OMC y gobiernos, ocupando puestos de alto nivel que garanticen la implementación del modelo neoliberal (Harvey 2005; Acosta 2002; J. Puello et al. 2015; Breilh 2023a).

El neoliberalismo, considerado como fase superior al capitalismo (J. Puello et al. 2015; Seoane 2017), representa una forma más agresiva del capitalismo, dirigido a la expansión del mercado a nivel global, con características principalmente monopólicas, que generaron cambios en el pensamiento y actitud de la sociedad, incorporándose fácilmente a los modos y estilos de vida de las comunidades, provocando la destrucción de: la institucionalidad; la soberanía estatal; la organización del trabajo; las relaciones sociales y laborales; la reproducción social, el equilibrio en las relaciones sociedad naturaleza y los hábitos del corazón¹, imponiendo las lógicas del mercado como guía para la acción humana, sustituyendo las consideraciones y aplicaciones éticas por las

¹ El concepto de “hábitos del corazón” fue introducido por Alexis de Tocqueville en su obra *La democracia en América* (1835-1840). Este pensador y político francés empleó esta expresión para describir las actitudes, creencias y disposiciones morales que consideraba fundamentales para el buen funcionamiento de una democracia (H. Marín 2009).

relaciones contractuales establecidas en el mercado, empujando a la mayoría de la población por debajo del umbral de pobreza que no se puede considerar como un accidente más bien como la ejecución del plan “misericordia planificada” (Klein_0 2007; Acosta 2002; J. Puella et al. 2015; Seoane 2017; Breilh 2023a).

Entre las principales características de este modelo se incluyen: la liberalización del mercado, que implica la reducción de barreras comerciales para fomentar el libre comercio entre naciones, facilitando la inversión extranjera y la movilidad de capitales; la desregulación, que consiste en eliminar regulaciones que se consideran obstáculos para el crecimiento económico y la eficiencia del mercado, disminuyendo la intervención gubernamental en las empresas y el mercado laboral; la privatización, basada en la premisa de que el sector privado es más eficiente, transfiriendo empresas y servicios del sector público al sector privado; la reducción del gasto público, que implica disminuir los aportes a educación, salud y bienestar social, enfocando los gastos en áreas esenciales y reduciendo el tamaño del Estado; y el individualismo económico, donde el crecimiento económico se basa en la responsabilidad individual y la iniciativa personal, sin depender del Estado para el bienestar económico (Harvey 2005; J. Puella et al. 2015; Seoane 2017; Breilh 2023a).

Las reformas y modificaciones impulsadas por el neoliberalismo afectan significativamente al campo de la salud colectiva, ya que la calidad de vida, crucial para la salud, depende de las condiciones de reproducción social. Estas condiciones abarcan diversas dimensiones, como el trabajo remunerado y las actividades domésticas, la calidad en el consumo de bienes y servicios, el acceso y participación en expresiones culturales y políticas, y la calidad del entorno geográfico. La aplicación del modelo neoliberal en el ámbito de la salud significa: recortar los presupuestos; focalizar gastos a los sectores más pobres y conflictivos de la población; descentralizar las instituciones del Estado sin la entrega de recursos humanos y económicos adecuados, ni el poder de decisión a las organizaciones provinciales y cantonales; desprestigio de las instituciones estatales para que sean factibles de privatizar; resquebrajamiento de organizaciones y gremios del sector; actualizar y reorganizar las facultades de salud para hacerlas más eficientes y alineadas con las necesidades del mercado y las políticas neoliberales (Breilh 1992, 2023a).

Por otro lado, también se presentan críticas a las políticas neoliberales: el aumento de la desigualdad en los ingresos y la riqueza, favoreciendo a una minoría rica; la desregulación del mercado conduce a la reducción o eliminación de las garantías

laborales, creando condiciones de trabajo precarias y con salarios bajos; y la implementación de este modelo reduce la calidad y accesibilidad de los servicios públicos para promover la privatización. El neoliberalismo promueve la reducción del papel del Estado en la economía, la liberalización de los mercados, y la promoción de la libre competencia, considera que el bien social se maximiza al maximizar el alcance y la frecuencia de las transacciones comerciales buscando la atracción total hacia el mercado a través del desarrollo y aplicación de tecnologías de creación de información, almacenamiento, análisis y transferencia de datos que guían la toma de decisiones en el mercado, minimizando los tiempos transaccionales en el mercado (Mansilla 1997; Harvey 2005; J. Puello et al. 2015; Seoane 2017; Breilh 2023a; Sparemberger y Hartwig 2023). Por tal razón en el hemisferio sur el neoliberalismo es considerado como “el segundo saqueo colonial” con la diferencia que ahora los estados son los despojados de la riqueza trasladándola al extranjero, fomentando las sociedades clientelares de consumo (Klein 2007).

En el aspecto ambiental también se evidencia los procesos destructivos de la aplicación de este modelo. Formalmente desde 1970 se han desarrollado una infinidad de regulaciones tanto a nivel global como regional y local relacionadas con los impactos ambientales, que se han implementadas en casi todos los países desde hace más de 50 años e impulsadas por el PNUMA en las asambleas sobre medio ambiente, pero también favoreciendo los mecanismo de mercado, el deterioro ambiental y los conflictos relacionados con la forma de apropiación y destrucción de la naturaleza (Liverman 2004; Klein_0 2007; Seoane 2017). Generalmente se reemplazan regulaciones que favorecían el cuidado de la naturaleza, por aquellas que favorecen la implementación del modelo neoliberal (Liverman 2004; Seoane 2017; Sparemberger y Hartwig 2023), generando procesos toxicogénicos de gran escala que impactan tanto la salud humana como los ecosistemas, resultando en la contaminación del aire, el agua y el suelo con sustancias tóxicas derivadas de actividades petroleras, mineras y agroindustriales, tanto a gran escala como ilegales, desatando efectos destructivos en la salud humana. Además, el uso de técnicas obsoletas o inadecuadas y el empleo indiscriminado de sustancias tóxicas, que en otros países han sido cuestionadas o prohibidas, como los agrotóxicos, han perdido efectividad con el tiempo y causan daños significativos a la salud y a los ecosistemas. No se debe dejar de lado los procesos destructivos a nivel global como el cambio climático, el calentamiento global y la emisión de gases de efecto invernadero que han provocado considerables distorsiones en el clima con consecuencias catastróficas.

Aunque el neoliberalismo surge alrededor de 1930, experimenta posteriormente un prolongado proceso de preparación, consolidación y adaptación en diferentes países. En este recorrido, el neoliberalismo incorporó aportes provenientes de diversas corrientes ideológicas, tales como: Escuela Austriaca; Escuela Alemana; Síntesis Neoclásico-Keynesiana (Primera y Nueva); Ordoliberalismo; Economía Social de Mercado; Corrientes Austro-americanas; Corrientes Americano-austríacas; Ortodoxia Neoliberal (fundamentalismo de mercado); Heterodoxia Neoliberal (mercado como fundamental) y Corrientes Angloamericanas, que contribuyeron de manera significativa al establecimiento y expansión del neoliberalismo a escala global (J. Puello et al. 2015, 26).

Es en las década de 1980, una vez terminados los periodos de dictaduras militares en la región, que se desarrollaron en el marco de la aplicación del denominado “Plan Condor” (H. Torres 2019), que comienza la introducción del neoliberalismo en Ecuador consolidándose su implementación tanto en el país como en la región por los años 1990, bajo la influencia de organismos internacionales que exigen implementar reformas estructurales como condición para acceder a la asistencia financiera (Rubio 2009, 241).

Como ya se mencionó anteriormente, la incidencia del modelo neoliberal en Ecuador inicia en la década de 1980, su influencia se direcciona tanto en el ámbito social como económico, fue en la administración de León Febres Cordero (1984-1988) de acuerdo a varios analistas económicos como: Francisco Thoumi, Merillee Grindle, Osvaldo Hurtado y Abelardo Pachano (Badillo 1994), al igual que en toda América Latina el neoliberalismo en Ecuador profundizó las desigualdades sociales beneficiando a los más ricos y privilegiados económicamente (Paz y Miño 2021), mediante la implementación de políticas de austeridad y reformas estructurales, que promueven la liberalización del comercio y la privatización de empresas estatales con el apoyo del Gobierno de los Estados Unidos y el FMI (Badillo 1994, 28), continuando su aplicación y consolidación en los siguientes gobiernos: Sixto Durán-Ballén (1992-1996); Jamil Mahuad (1998-2000) y Gustavo Noboa (2000-2003) y los sucesivos hasta el 2006, en la década comprendida entre 2007 hasta el 2017 se produce una ruptura del modelo con los Gobiernos de Rafael Correa, pero con la llegada del gobierno de Lenin Moreno a partir del 2017 el neoliberalismo recupera su posición en el país (Paz y Miño 2021; Ecuador WEB 2022) aplicando medidas que favorecen el comercio, la acumulación del capital y la reducción del tamaño del estado incluidas en la Constitución de 1998, disminuyendo el acceso a los pocos servicios que tenía la población, pero garantizando los pagos de deuda externa con los organismos internacionales (FMI) una vez refinanciada con beneficios

para el sector privado y privilegiado y la presión de los Estados Unidos (Badillo 1994; Paz y Miño 2021), pero con violaciones a los derechos humanos denunciadas y plasmadas en informes que revelan casos de detenciones arbitrarias, torturas, violencia sexual, ejecuciones extrajudiciales y otras que se las señala como “crímenes de lesa humanidad” (Paz y Miño 2021) que fueron cubiertos por la prensa y medios de comunicación alineados con el modelo y los gobiernos.

En el ámbito económico, se incentivan las exportaciones y minimizan las importaciones, se disminuyen los controles sobre la inversión extranjera, se libera el mercado de capitales con la emisión de certificados de depósito con tasas impuestas por el mercado, se autoriza la emisión de préstamos a largo plazo con tasas de interés ajustables, suben los precios de la gasolina, la política monetaria se caracteriza por la liberación de los precios controlados y las devaluaciones de la moneda, se suben los sueldos pero en porcentajes ínfimos, produciéndose una leve disminución de la inflación. Se promueve la inversión en la producción petrolera pero también se suceden caídas en el precio del petróleo a nivel mundial (Badillo 1994), en el ámbito internacional se firman varios acuerdos comerciales.

El modelo aplicado en Ecuador representa conceptos conservadores y atrasados que no han generado el desarrollo del país, a diferencia de otros, conduciendo a una crisis institucional y gubernamental en el periodo comprendido 1997-2007 con 7 gobiernos, 1 dictadura, 3 presidentes derrocados y el fracaso del Estado (Paz y Miño 2021). Desde las décadas de 1980 y 1990, Ecuador adoptó políticas neoliberales promovidas por organismos internacionales como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial. Estas políticas se centraron en la reducción del gasto público, la liberalización del comercio, la privatización de recursos y la promoción de exportaciones agrícolas como una estrategia de desarrollo económico (Acosta, 2015), presentándose una ruptura entre 2007 y 2017 con el Gobierno de Rafael Correa y la Constitución del 2008, para posteriormente retomar el modelo, pero con más fuerza (Paz y Miño 2021). En este contexto, la agricultura ecuatoriana se reconfiguró para responder a las demandas del mercado global, pasando de una agricultura diversificada y centrada en la soberanía alimentaria a un modelo de producción orientado hacia la exportación (Guzmán & Martínez-Alier 2006).

1.4.2. Extractivismo agrícola en Ecuador antes del neoliberalismo (1980)

Ecuador ha sido históricamente un país agropecuario con una estructura agraria caracterizada por la concentración de tierras en manos de terratenientes y el desarrollo de monocultivos destinados principalmente a la exportación. Durante el periodo colonial, el control de tierras estaba vinculado a encomiendas y haciendas que servían de soporte para la economía, lo que continuó durante gran parte del siglo XIX y principios del XX (Bravo 2010). Durante el siglo XIX y principios del XX, la agricultura ecuatoriana dependió principalmente del cultivo de cacao, lo que marcó el inicio de un modelo agroexportador centrado en la producción de un solo producto (Pareja 1992; Acosta 2002; Martín 2009), con la introducción de nuevas prácticas de cultivo, maquinaria agrícola, semillas seleccionadas entre otras (Blankstein_3 y Zuvekas 1973; Gondard y Gasselin 1999; Quevedo 2013b) destinadas a aumentar la producción para satisfacer la creciente demanda tanto interna como externa. Pero también se presentan crisis en la producción agrícola tradicional debido a la insuficiente provisión de materias primas y la falta de políticas de fomento específicas para la agroindustria, así como por problemas financieros y de comercialización (Arboleda 1985).

En los años 1947 y 1948 en el marco de la “Revolución Verde”, se introducen las primeras semillas de pasto y se realizan los primeros cursos de control lechero, cruce de animales, inseminación artificial y manejo de pastizales entre otras actividades, relacionadas a la tecnificación de las actividades agrarias y mejora de la producción, a continuación de forma paulatina se introduce agrotóxicos y maquinarias agrícola de tracción mecánica (Barsky 1984, 49). Este modelo de producción que ha generado procesos destructivos en la salud y los ecosistemas fue impulsado por procesos políticos, económicos y tecnológicos que permitieron su rápida difusión. Anteriormente en Ecuador, en la región andina, se aplicaba el modelo de sistema de hacienda enfocado en actividades agrícolas, apoyadas por tracción animal y el cumplimiento de los ciclos naturales, mientras que en la Costa y los valles andinos, se cultivaban productos tropicales destinados principalmente al comercio para generar beneficios económicos (Huttel, Zebrowski, y Gondard 1999, 25).

Entre las décadas de 1940 y 1970, Ecuador consolidó su economía exportadora agrícola, especialmente en el llamado “boom bananero” (1948-1972), este producto se convirtió en el pilar de las exportaciones ecuatorianas, representando más del 50 % de las ventas al exterior (Madrid 2018). El cacao y el café también fueron importantes, aunque el banano dominó la agricultura de exportación durante todo este periodo. Estos productos, altamente demandados en los mercados internacionales, hicieron que el país

dependiera fuertemente de los precios globales y de las fluctuaciones del comercio exterior (Gomes y Pérez 1979; Quevedo 2013b; Idrovo 2016). Las tierras fueron otorgadas principalmente a empresas agroindustriales, impulsando el crecimiento de monocultivos de exportación como el banano, las flores, la palma africana y el camarón (Madrid 2018).

La transformación de la agricultura tradicional en una economía agrícola más moderna e integrada al mercado global, ha llevado a la creciente concentración de tierras en manos de las grandes agroindustrias. Durante el periodo colonial y posterior, se consolidaron las grandes haciendas, donde se implementaron nuevas técnicas agrícolas, como la tracción animal, y se establecieron formas de relación laboral, como el concertaje y el sistema de huasipungo (Pareja 1992; Gondard y Gasselin 1999; Martín 2009). El modelo también impulsado por el Estado ha provocado la concentración de recursos productivos, especialmente tierra y agua, vulnerando la soberanía y seguridad alimentaria. Los campesinos han sido presionados para negociar sus tierras, provocando migraciones y proletarización, y los pequeños productores se han visto subordinados a las grandes empresas agroindustriales disminuyendo sus ingresos. Es decir el modelo agroindustrial creó una economía vulnerable a las fluctuaciones del mercado internacional y la dependencia (Gomes y Pérez 1979; Martín 2009; Quevedo 2013b; Chamorro 2022).

Durante estos años la agricultura pasó por diversos ciclos productivos distintivos. En la época colonial y el siglo XIX, el cacao fue el principal producto de exportación. La expansión de las haciendas cacaoteras, especialmente en la región costera, estuvo marcada por la apropiación de tierras a través de denuncias de terrenos baldíos y el despojo de pequeños campesinos (Gondard y Gasselin 1999; Martín 2009). En el siglo XX, a partir de la década de 1940, el banano se convirtió en el motor económico predominante. Ecuador se posicionó como uno de los mayores exportadores de banano a nivel mundial. Otros cultivos de importancia durante este periodo incluyeron la caña de azúcar, el café y la palma africana (Gondard y Gasselin 1999; Martín 2009). Hacia finales del siglo XX, la agricultura ecuatoriana experimentó una diversificación productiva. La producción de flores, productos lácteos y cultivos oleaginosos como la palma africana ganó protagonismo, reflejando una mayor inversión en tecnología y en la agroindustria (Gondard y Gasselin 1999).

Como se mencionó anteriormente varios productos fueron los protagonistas de las exportaciones a través del tiempo: si tomamos la región Costa se tiene que, en los inicios

de 1900 hasta 1930 el cacao fue catalogado de alta importancia, el café entre 1940 y 1950 es de importancia, pero a partir de 1970 se lo considera de alta importancia, el arroz tiene un comportamiento similar en el periodo 1940-1950 y a partir de 1970 es altamente importante, en lo referente al banano se consideran dos variedades de alta importancia aproximadamente entre 1945 y 1962 el Gross Michel y entre 1962-1978 el Cavendish, a partir de 1970 también son importantes las oleaginosas y para 1980 el camarón toma importancia (Gondard y Gasselin 1999, 26), como se puede evidenciar el aporte de estos productos a la economía nacional es importante y además han sido promotores del desarrollo de infraestructuras y la urbanización del país hasta 1980 cuando se inicia la adopción de modelo neoliberal en Ecuador.

Para 1966, el cultivo de banano abarcaba 163 000 hectáreas, pero su extensión disminuyó debido al impacto del mal de Panamá. Sin embargo, la situación se estabilizó con la introducción de una variedad resistente. Para 1987, la superficie cultivada se redujo a 60,000 hectáreas, pero volvió a incrementarse a alrededor de 134 000 hectáreas en 1992, gracias a la adopción de nuevas técnicas agrícolas y al uso de herbicidas, insecticidas y nematocidas. Este crecimiento fue impulsado por el avance de la Revolución Verde, que contó con la participación activa del Estado y el apoyo de organismos internacionales, quienes implementaron diversas estrategias para facilitar la gradual adopción de este nuevo modelo de producción por parte de los agricultores. (Loor 2000; Huttel, Zebrowski, y Gondard 1999).

La estructura de tenencia de la tierra ha sido históricamente desigual en Ecuador. Durante el período colonial y postcolonial, los sistemas de huasipungo y concertaje mantenían a las familias indígenas en una relación de servidumbre con los terratenientes. Aunque las reformas agrarias intentaron cambiar esta situación, muchos pequeños agricultores no lograron acceder a tierras de calidad ni a recursos suficientes para competir en los mercados agrícolas modernos (Blankstein_3 y Zuvekas 1973). La primera reforma agraria se inició en 1964 y combinó la modernización agrícola con la colonización de terrenos baldíos por parte de la población campesina. Sin embargo, la estructura de propiedad agraria se mantuvo concentrada, lo que agravó las desigualdades sociales y forzó la migración de campesinos hacia las plantaciones azucareras en la costa y hacia las ciudades (Blankstein_3 y Zuvekas 1973; Martín 2009). Los pequeños agricultores fueron relegados a tierras menos fértiles, especialmente en laderas montañosas (Blankstein_3 y Zuvekas 1973; Brassel, Herrera, y Laforge 2008). Esto provocó la persistencia de una estructura agraria desigual que se reflejó en bajos niveles

de ingresos para los pequeños agricultores y en una mayor precarización de las condiciones laborales en el campo (Pareja 1992).

Otra forma de participación del estado en el avance de la agroindustria en el siglo XX se evidencia en la inversión en infraestructura, como la construcción de carreteras y puertos, lo que facilitó el transporte de productos agrícolas hacia los mercados internacionales. Además, en las décadas posteriores, el Estado implementó políticas para mejorar los sistemas de riego y expandir la frontera agrícola, aunque con resultados mixtos y limitados por la concentración de tierras y la falta de un enfoque sostenible en las políticas agrarias (Acosta 2002). El desarrollo de la agroindustria en Ecuador es una “respuesta” a las necesidades del momento, se producen inversiones importantes en la infraestructura necesaria para el avance de la agricultura como sistemas de riego y transporte (Gondard y Gasselin 1999, 28).

La presión de movimientos campesinos e indígenas, junto con el contexto internacional favorable, llevó a la promulgación de la primera Ley de Reforma Agraria en 1964. Esta ley tenía como objetivo entregar a los campesinos la parcela que usufructuaban en las haciendas, a cambio del trabajo que realizaban en las tierras patronales. Posteriormente, en 1973, se promulgó una nueva Ley de Reforma Agraria que incluyó nuevas modalidades de afectación, como la presión demográfica y el nivel de eficiencia económica (Gondard, León, y Sylva 1988). Estas reformas tenían el objetivo de redistribuir las tierras de los grandes latifundios a los pequeños agricultores y campesinos sin tierra, para su implementación y facilitar la redistribución de las tierras creó el Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC). La resistencia de los terratenientes, la falta de recursos y apoyo técnico limitaron su efectividad, por otro lado, la colonización llevó al desplazamiento de comunidades indígenas y campesinas, además la explotación de tierras no siempre se realizó de manera sostenible (Brassel, Herrera, y Laforge 2008).

Adicionalmente, el censo agropecuario de 1974 reflejó algunos cambios, como la disminución de las propiedades controladas por unidades de producción de más de 500 hectáreas. Sin embargo, el monopolio territorial se preservó, con unidades de más de 100 hectáreas controlando el 47,9 % de la superficie agrícola. Aunque la reforma agraria fragmentó ciertas grandes propiedades, la concentración de la tierra permaneció como un problema estructural (Gondard, León, y Sylva 1988)

También se implementan políticas que favorecen la modernización de la agricultura introduciendo cultivos de alto rendimiento, y la aplicación de fertilizantes y

agrotóxicos, entre los cultivos más destacados hasta 1950 podemos mencionar: cacao, arroz, banano, café y azúcar, cada uno presenta su importancia en las exportaciones de productos agrícolas ecuatorianos en el tiempo, cuyo destino mayoritario fue los Estados Unidos (Velasco 1979, 1981; Gondard y Gasselin 1999).

Las empresas aplicaban un modelo de monocultivo con acceso directo a productos y tecnología para la agricultura, los cuales significaban altos costos por lo que eran impensables para los pequeños productores y peor aún para la agricultura familiar que se dedicaba a la producción diversificada. Se utilizaba desde el arado tirado por una pareja de toros hasta maquinaria muy sofisticada, tractores aviones fumigadores, segadoras-trilladoras y otros aplicadores de agrotóxicos (Velasco 1981; Barsky 1984; Huttel, Zebrowski y Gondard 1999).

La implementación de este modelo agrícola extractivo es apoyada por la llamada “Revolución Verde” propuesta para disminuir la desnutrición y el hambre en el mundo favoreciendo la producción, trajo consigo la aplicación de la ciencia y la innovación tecnológica al campo, promoviendo la modernización agrícola. Sin embargo, esto también significó el uso masivo de agrotóxicos, lo que afectó la calidad de los suelos, el agua y la salud de los trabajadores y consumidores (Gomes y Pérez 1979; Pareja 1992; Quevedo 2013b; Chamorro 2022). En el caso ecuatoriano, se observó una diferenciación en la inversión en tecnología entre sectores agroindustriales. Mientras que el sector tradicional (banano, café, cacao) se centró en aumentar la productividad, otros sectores optaron por la tecnificación de cultivos el caso de productos relacionados a los biocombustibles (Quevedo 2013b). Por otro lado los pequeños productores son afectados incrementándose las brechas de productividad y rendimiento, ahondándose las inequidades (Chamorro 2022). El uso masivo de plaguicidas y otros agroquímicos generó problemas de salud pública, como daños neurológicos en dos tercios de la población rural, y una disminución en la productividad agrícola debido al deterioro de los ecosistemas locales (Blankstein_3 y Zuvekas 1973).

El extractivismo agrícola ha tenido un impacto significativo en los modos de vida rurales, contribuyendo a la precarización de las condiciones laborales y a la concentración de la riqueza. La dependencia de productos de exportación, como el banano y el cacao, ha creado una economía vulnerable a las fluctuaciones del mercado internacional (Quevedo 2013b). Los cambios significativos en el uso de la tierra y la estructura de la fuerza laboral. La concentración de la propiedad de la tierra en manos de grandes empresas agroindustriales, especialmente en cultivos comerciales como banano, flores, y

palma africana, llevó al desplazamiento de pequeños agricultores y campesinos hacia zonas urbanas o de frontera agrícola (Gomes y Pérez 1979).

La creciente mecanización redujo la necesidad de mano de obra, lo que resultó en altos niveles de desempleo y subocupación en las áreas rurales. Este modelo no logró mejorar las condiciones de vida de la mayoría de la población rural por lo contrario provocó la migración de campesinos hacia las ciudades y el incremento de la pobreza rural. La agroindustria ha transformado a los sujetos rurales de productores autónomos en trabajadores asalariados, afectando su autonomía y formas tradicionales de vida incluido los bajos ingresos, los problemas de desnutrición se mantuvieron debido a que la producción estaba orientada más hacia la exportación que al abastecimiento de alimentos para la población local (Gomes y Pérez 1979; Quevedo 2013b).

En términos ambientales, la intensificación agrícola, caracterizada por el uso de insumos tecnológicos, maquinaria y agrotóxicos, ha provocado la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos, la aplicación intensiva de técnicas agrícolas y el uso de agrotóxicos han contaminado el suelo y las fuentes de agua impactando la salud humana y los ecosistemas. Las prácticas agrícolas tradicionales, más sostenibles, fueron reemplazadas por el monocultivo y la explotación indiscriminada de los recursos naturales impactando en la biodiversidad (Gomes y Pérez 1979; Gondard, León, y Sylva 1988; Sherwood 2009; Quevedo 2013b). El uso de plaguicidas en Ecuador comenzó en la década de 1950 y se intensificó significativamente después de la reforma agraria entre 1964 y 1979. Durante este período, los conocimientos ancestrales sobre fertilización, manejo de suelo, y producción agrícola comenzaron a perderse, y los agricultores empezaron a depender más de los fertilizantes y plaguicidas para mejorar sus cultivos (Idrovo 2016; Madrid 2018; Chamorro 2022). En el anexo 2, figura 7 se presenta un resumen del consumo de agrotóxicos en el Ecuador en el periodo 2000 al 2022 basado en la base de datos FAOSTAT, como se puede observar su comportamiento es variable.

Aunque la modernización agrícola y la adopción de nuevas técnicas incrementaron la producción de alimentos y productos de exportación, la orientación hacia el mercado global y la concentración de tierras contribuyeron a la inseguridad alimentaria y a la persistencia de la desnutrición. La expansión del modelo agroindustrial no se tradujo en una mejora significativa en la nutrición de la población ecuatoriana, especialmente en áreas rurales donde la pobreza y la falta de acceso a alimentos saludables siguen siendo un desafío (Pareja 1992; Quevedo 2013b). Por el contrario, la modernización agrícola al favorecer a los grandes productores y las empresas

agroindustriales desplaza a la agricultura familiar y tradicional, provocando incrementos en los costos de producción para los pequeños agricultores, afectando a la soberanía alimentaria de la zona y limitando el acceso a los mercados (Brazales 2000).

En resumen, antes del neoliberalismo, el extractivismo agrícola en Ecuador se caracterizó por una expansión basada en la modernización tecnológica, políticas estatales dirigidas a fomentar la producción de exportación y reformas agrarias limitadas que consolidaron la agroindustria y la agricultura de exportación. Este proceso tuvo como resultado la concentración de tierras, la expansión de monocultivos, los impactos sobre la salud y el aumento de desigualdades sociales, mientras que sus efectos ambientales comenzaron a ser evidentes en la degradación de suelos y ecosistemas, el control de la tierra continua en pocas manos, evidenciando la supervivencia de los latifundios bajo nuevas formas organizativas

Como respuesta desde las comunidades y las organizaciones gremiales ha surgido movimientos de lucha contra los impactos negativos de la modernización agrícola, la precarización del trabajo y el despojo de tierras en el en Ecuador, creándose la Federación Nacional de Organizaciones Campesinas (FENOC), Ecuador Runacunapac Riccharimui (ECUARUNARI) y la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) auspiciado por la iglesia católica.

A partir de los años 1980 y con mayor intensidad desde 1990, se implementa el modelo neoliberal que acentúa las desigualdades en la agricultura ecuatoriana y el aumento de los procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas, también incrementándose las inequidades sociales y económicas.

1.4.3. Extractivismo agrícola en Ecuador en el neoliberalismo (1980-2000)

El modelo neoliberal en la agricultura ecuatoriana ha consolidado un sistema agrícola centrado en la agroindustria y la exportación, marcado por la concentración de tierras y la privatización de recursos esenciales como el agua y las semillas (Breilh 2010b). El modelo impulsó cambios profundos en la agricultura, enfocándose en la apertura de mercados y atracción de inversión extranjera. Desde la década de 1980 y con mayor fuerza en la década de 1990, las políticas agrícolas se orientaron hacia la liberalización comercial, facilitando la inserción de productos ecuatorianos en el mercado internacional y beneficiando a la agroindustria de exportación (Quinde et al. 2018). A partir de 1980 el Ecuador impulsa una reestructuración de la agricultura hacia el modelo extractivista, promoviendo la producción a gran escala y la integración de los territorios

a las dinámicas del mercado global. Este proceso se caracteriza por la mercantilización de tierras, la transferencia de decisiones económicas a la inversión extranjera, la adaptación a tratados internacionales de comercio, y el control social y territorial para favorecer el crecimiento del agronegocio (Albuja y Dávalos 2013). El modelo se manifestó a través de la concentración de las tierras, expansión de cultivos de exportación (como el banano, la palma africana, el cacao y las flores) en manos de grandes empresas y el uso intensivo de agrotóxicos y recursos naturales (Breilh 2011a). Estas prácticas están enraizadas en un modelo económico capitalista que prioriza la apertura al mercado internacional, la inversión extranjera, la maximización de la productividad agrícola y la integración de la producción en cadenas agroindustriales, generando pérdidas de la biodiversidad, un alto grado de deterioro de la salud en la población trabajadora y de la comunidad por exposición a procesos peligrosos así como la vulneración de los derechos de las comunidades locales y de la naturaleza (Breilh 2005, 2011a, 2011b, 2023a; Gaibor 2018).

En Ecuador grandes corporaciones como PRONACA controlan las cadenas productivas desde la siembra hasta la comercialización, integrando verticalmente las operaciones agrícolas (León y Yumbra 2010; Quevedo 2013a). La aplicación de una modalidad de agricultura bajo contrato ha permitido a las agroindustrias asegurar el abastecimiento de materias primas y mantener la concentración de la propiedad de la tierra, mientras los pequeños agricultores quedan subordinados a las condiciones impuestas por las empresas (Orozco 2022). El Estado ecuatoriano, influenciado por organismos internacionales como el Banco Mundial y el FMI, ha implementado políticas que favorecen el modelo extractivista agrícola, facilitando la inversión extranjera y la concentración de la tierra en manos de grandes corporaciones que desplazan las formas tradicionales de agricultura familiar y campesina (Breilh 2007; Breilh y Tillería 2009; Martín 2009; MAGAP 2016; Egas et al. 2018; L. Martínez 2019). La Ley de Desarrollo Agrario de 1994 fue un hito que consolidó el modelo neoliberal en el campo ecuatoriano, promoviendo la incorporación de pequeños agricultores a las cadenas agroindustriales, provocando la proletarianización de la población rural, que se ve obligada a trabajar en condiciones precarias para las grandes empresas agroindustriales (Rubio 2009; Martín 2009; MAGAP 2016; Egas et al. 2018; L. Martínez 2019).

La dependencia de recursos naturales, como el agua, también ha generado conflictos por el acceso y uso de este recurso vital. Este modelo promueve la apertura de mercados internacionales, favorece la inversión extranjera directa en el sector

agroindustrial, es auspiciado por el estado mediante la implementación de políticas y tratados comerciales que facilitan el ingreso de agrotóxicos, maquinaria y tecnología agrícola, consolidando el control de las grandes empresas sobre la cadena productiva (Breilh 2017a; Pástor 2019). Las importaciones de semillas y la compra de tierras por empresas transnacionales limitan la soberanía alimentaria y el control local sobre la producción de alimentos (Brassel, Breilh, y Zapatta 2011). La inclusión de los acuerdos comerciales y leyes de protección de inversiones, en la normativa nacional e internacional incrementa el poder de las agroindustrias y limita la capacidad de resistencia de las comunidades deteriorando el tejido social construido. Las políticas de apertura de mercados facilitaron la entrada de inversión extranjera, promoviendo la inserción de productos agrícolas ecuatorianos en el comercio internacional. La Ley de Desarrollo Agroindustrial, en proceso desde 2010, busca impulsar el sector mediante la creación de cadenas de producción y exportación (Baquero y Lucio Paredes 2010; Gudaynas 2012) Sin embargo, estas dinámicas comerciales han llevado a la dependencia del mercado global y a la volatilidad de los precios internacionales.

El uso intensivo de agrotóxicos, hormonas y antibióticos en la producción animal y técnicas de artificialización para incrementar la producción y obtener mayor beneficio económico trae consigo un impacto negativo sobre el ambiente y la salud de los trabajadores agrícolas y las comunidades aledañas a las zonas de cultivo que han experimentado diferentes afecciones como enfermedades respiratorias, dermatológicas e intoxicaciones (Breilh 2017a). Además, la contaminación de fuentes hídricas, alimentos y la pérdida de biodiversidad son efectos directos de las prácticas agrícolas intensivas (Rubio 2009; Zumárraga 2009; León y Yumbra 2010; Campaña 2011; Albuja y Dávalos 2013; Breilh 2017a; Mollocana_0 y Gonzales 2020). El maíz, cultivo fundamental en la dieta ecuatoriana, ha experimentado una disminución en su diversidad genética debido a la introducción de variedades comerciales y la preferencia por maíz importado. Esto ha llevado al desplazamiento de las variedades locales y tradicionales, afectando no solo la diversidad agrícola, sino también las prácticas culturales asociadas a su cultivo y consumo. Otro producto que ha sufrido los impactos de la aplicación del sistema agrícola intensivo es la papa, en el país se alberga alrededor de 350 variedades de papas nativas. Sin embargo, muchas de estas han sido reemplazadas por variedades comerciales, como la papa blanca o amarilla, debido a su mayor rendimiento y adaptabilidad al mercado. Este reemplazo ha resultado en la pérdida de variedades únicas adaptadas a diferentes condiciones climáticas y geográficas, reduciendo la resiliencia del sistema agrícola frente

a desafíos como el cambio climático (Santamaría 2024; Basantes 2025), otros cultivos tradicionales como la quinua, el cacao y diversas frutas y hortalizas locales se enfrenta a la misma amenaza.

Adicionalmente la expansión de la frontera agrícola ha provocado el despojo de tierras y la concentración de la propiedad, afectando los derechos de las comunidades campesinas e indígenas. Este proceso ha impulsado la migración y la proletarización de las comunidades rurales, transformándolas en mano de obra barata para las agroindustrias (Zumárraga 2009; Breilh 2011a; Quevedo 2013a). Para el año 2023 la producción destinada al agronegocio en Ecuador incluye el banano (175.181 hectáreas), la palma africana (137.678 hectáreas), la caña de azúcar (79.580 hectáreas), además productos como el maíz (321.229 hectáreas) y las flores (8,7 miles de hectáreas). Estos productos son orientados principalmente hacia la exportación, lo que contribuye a la dependencia de los mercados internacionales y a la inestabilidad económica en las zonas rurales (León y Yumbla 2010; Instituto Nacional de Estadística y Censos 2023).

Este modelo productivo ha comprometido la soberanía alimentaria al desplazar la producción de alimentos tradicionales y destinar grandes extensiones de tierra al monocultivo de productos de exportación. La concentración de la propiedad de la tierra en manos de las agroindustrias ha reducido el acceso a la tierra para pequeños agricultores, limitando la producción de alimentos para el consumo local y generando conflictos por los recursos naturales (Bravo 2010; Breilh 2011a; Quevedo 2013a; Quinde et al. 2018). El control de semillas, tierras, agua y recursos naturales por parte de las agroindustrias y empresas transnacionales ha aumentado la dependencia de los agricultores hacia estos actores. La privatización de recursos limita la capacidad de las comunidades para mantener prácticas agrícolas sustentables y conservar su patrimonio agrícola (Brassel, Breilh, y Zapatta 2011; Breilh 2011a; Quinde et al. 2018; Pástor 2019). Este modelo impacta la soberanía alimentaria al desplazar los cultivos locales y reducir la diversidad productiva. Como consecuencia, se ha profundizado la desigualdad y se ha reducido la capacidad de las comunidades rurales para producir alimentos de manera sostenible (FAO 2009).

La expansión de los monocultivos ha llevado a la deforestación, la degradación de suelos y la pérdida de biodiversidad (Rubio 2009; Breilh 2023a). Frente a este modelo, las comunidades y organizaciones sociales han resistido a través de la promoción de prácticas agroecológicas, la defensa de la soberanía alimentaria y la lucha por el reconocimiento de los derechos de la naturaleza (Breilh 2023a). Movimientos como La

Vía Campesina y otras organizaciones locales como el Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador (SIPAE), Acción Ecológica, académicos y otros colectivos que luchan por normativas que favorezcan una agricultura sostenible y equitativa, el acceso equitativo a los recursos y la protección de las comunidades rurales (Larrea 2008; Brassel, Breilh, y Zapatta 2011). Las organizaciones de lucha contra el modelo extractivista, como las comunidades indígenas y campesinas, se han movilizad para denunciar los efectos nocivos de este sistema y defender sus derechos, proponiendo alternativas centradas en el buen vivir y el respeto a la naturaleza (Breilh 2023a), en el año 1990 se produce el Primer Gran Levantamiento Indígena, uno de los eventos más destacados en la defensa de la tierra y el agua encabezado por el movimiento indígena ecuatoriano (Simbaña 2021).

Las políticas neoliberales han impulsado la privatización y el control de recursos clave, como el agua, las semillas y la tierra. Esto ha permitido que las grandes empresas agroindustriales y transnacionales dominen gran parte de la cadena productiva, restringiendo el acceso de los pequeños agricultores a los recursos esenciales y haciéndolos dependientes de estas compañías para obtener insumos y tecnologías agrícolas (Gaibor 2018). Estas políticas, que favorecen la inversión extranjera y el libre comercio, han facilitado la entrada de capital y tecnología, provocando una mayor concentración de tierras y la apropiación de recursos naturales. Como resultado, los pequeños agricultores se ven forzados a adoptar las tecnologías de las grandes empresas, lo que genera una creciente dependencia y pérdida de capital (Breilh 2007). Además, la implementación de este modelo ha descuidado la producción interna de alimentos, que tradicionalmente ha sido cubierta por la agricultura familiar y campesina. Los efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente no reciben la misma atención que las cuestiones comerciales, a pesar de la existencia de normativas internacionales y certificaciones obligatorias para las exportaciones en el ámbito agroindustrial. Estas incluyen estándares ambientales (ISO 14000), análisis de peligros y puntos críticos (HACCP), inocuidad alimentaria, buenas prácticas agrícolas (BPA, GlobalGAP), y buenas prácticas de manufactura (BPM). No obstante, muchas de estas regulaciones no se cumplen debido a la falta de control de las autoridades competentes y la connivencia de los gobiernos (Zumárraga 2009).

Durante este periodo se diseñaron e implementaron políticas agrícolas, tanto por el auspicio internacional de alto nivel (BM, BID, FMI), como por el amplio uso de información estadística en apoyo de sus argumentos. Las políticas aplicadas en gran parte

del hemisferio americano durante el período neoliberal se orientan a la apertura económica y a la inserción del país en los mercados globales: Reducción del sector público y del déficit fiscal; desregulación de los mercados para favorecer la competencia; privatización de empresas y servicios estatales; liberalización de los mercados de capitales para atraer inversión extranjera y devaluación de la moneda como estrategia de ajuste. Políticas orientadas al mercado internacional en beneficio de grupos de interés particular (L. Martínez 2000).

En este periodo se desarrollan proyectos dirigidos a las reformas en el sector agrícola y el desarrollo rural, bajo el auspicio de instituciones financieras internacionales como el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Fondo Internacional para el Desarrollo Agropecuario (FIDA), entre los principales: Programa Nacional de Desarrollo Rural (PRONADER) con el objetivo de "Incrementar significativamente las fuentes de empleo y los ingresos reales de los productores, mediante el aumento de la productividad y producción de alimentos, al tiempo de promover la participación democrática del campesino, en los procesos de desarrollo" aplicando la metodología "aprender haciendo", suscrito en 1991 (CAIC 2008; Álvarez 2005); Programa Sectorial Agropecuario (PSA), con el objetivo de que el país use adecuadamente su potencial de crecimiento, racionalice el uso de sus recursos productivos y ponga en marcha un proceso de elevación de los ingresos de los productores de bajos ingresos; Proyecto de Asistencia Técnica (PAT) para apoyar los cambios políticos e institucionales también firmado en 1994, los dos suscritos en 1994 (L. Robles 2009; CAIC 2008); Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA) cuyo objetivo fundamental fue la dinamización de los componentes de generación, transferencia de tecnología y los servicios de sanidad agropecuaria, suscrito en 1996 (CAIC 2008; M. Puente 1998), cuyos objetivos no se cumplieron debilitando la soberanía alimentaria, acentuaron desigualdades estructurales en el campo ecuatoriano.

En resumen, la implementación del modelo neoliberal en Ecuador impulsa políticas que consolidan el extractivismo agrícola, enfocando la producción en bienes destinados al mercado internacional, como el banano, cacao, flores y palma africana. Este modelo ha generado impactos socioeconómicos en las comunidades rurales, afectando el acceso al agua y la tierra y desplazando la agricultura familiar y campesina, lo que pone en riesgo la soberanía alimentaria y crea una dependencia de los mercados externos. Además, ha provocado efectos tóxicos en la salud de los trabajadores y la población local,

así como en el ambiente debido a la exposición a agrotóxicos. Esto ocurre a pesar de la existencia de normativas nacionales e internacionales que no se cumplen, en gran parte por la falta de control y la complicidad de los gobiernos, que suelen ser partícipes de este modelo. En respuesta, las comunidades campesinas e indígenas han promovido alternativas como la agroecología, defendiendo la soberanía alimentaria y resistiendo al predominio de la agricultura de exportación, que sigue expandiéndose con el desarrollo de nuevas técnicas, tecnologías, procedimientos y maquinaria.

1.4.4. Extractivismo agrícola en el posneoliberalismo (2000-2010)

El posneoliberalismo en América Latina emerge como una crítica a las políticas neoliberales aplicadas en las décadas de 1980 y 1990, que impulsaron la privatización de servicios públicos, la liberalización de los mercados y la reducción del rol del Estado. Estas medidas, promovidas por organismos como el FMI y el Banco Mundial, provocaron profundas desigualdades sociales y afectaron la soberanía económica en varios países de la región (Arenas 2012; Arévalo 2017). El modelo posneoliberal busca restablecer la función del Estado como garante de los derechos sociales, económicos y ambientales, promoviendo una mayor intervención estatal en la economía, una redistribución más justa de la riqueza, la regulación del mercado y la provisión de servicios públicos (Tapia García 2020).

El posneoliberalismo comenzó a gestarse a principios del siglo XXI. El primer periodo (1998-2005) se inicia con la elección de Hugo Chávez en Venezuela y seguido por la llegada de Lula da Silva en Brasil y Néstor Kirchner en Argentina. Estos gobiernos impulsaron un cambio de paradigma, criticando el neoliberalismo y proponiendo alternativas basadas en la justicia social y la inclusión (Arenas 2012). El Segundo periodo (2006-2010) se consolidó con la reelección de varios líderes de izquierda, la implementación de nuevas constituciones (como en Bolivia y Ecuador), y la creación de bloques regionales como la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR) y la Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América (ALBA). El modelo se implementó en Venezuela con el llamado “Socialismo del Siglo XXI”, en Bolivia con el Estado Plurinacional, en Ecuador con el Buen Vivir (Sumak Kawsay) a cargo de la “Revolución Ciudadana”, Argentina y Brasil con el fortalecimiento del Estado y la promoción de la integración regional (Arenas 2012; Falconí y Monserrath 2016; Ornelas 2016; Arévalo 2017; Fernández y Lauxmann 2019).

En estos países se produjeron movimientos políticos que impulsaron un cambio hacia modelos más incluyentes y con mayor presencia del Estado en la economía con el objetivo de corregir los desequilibrios sociales y económicos que se habían profundizado durante las décadas anteriores. Indistintamente en cada país se implementan políticas orientadas a reducir las desigualdades sociales a través de programas sociales, subsidios directos y transferencias económicas. En particular, se redistribuyen los ingresos provenientes de los recursos naturales para mejorar las condiciones de vida de los sectores más desfavorecidos (Ornelas 2016; Tapia García 2020), incorporando además principios de sostenibilidad, como en Ecuador, donde la Constitución de 2008 reconoce los derechos de la naturaleza (Falconí y Monserrath 2016; Arévalo 2017). En países como Venezuela, Bolivia y Ecuador, los gobiernos post-neoliberales retomaron el control de industrias clave, como el petróleo, minería y el gas (Ornelas 2016; Falconí y Monserrath 2016). La redistribución de la renta mediante transferencias sociales fue una característica central del posneoliberalismo, ayudando a reducir la pobreza y mejorar el bienestar de las poblaciones marginadas (Arenas 2012; Falconí y Monserrath 2016).

Ecuador es un ejemplo destacado de la aplicación del posneoliberalismo. Durante el gobierno de Rafael Correa (2007-2017), el país vivió transformaciones significativas, especialmente con la promulgación de la Constitución de 2008, que incorporó los derechos de la naturaleza y el Buen Vivir como pilares del desarrollo. Además, el gobierno nacionalizó sectores estratégicos como el petróleo, utilizando los ingresos generados para financiar políticas sociales que mejoraron la educación, la salud y la infraestructura (Falconí y Monserrath 2016; Fernández y Lauxmann 2019). No obstante, se implementó un modelo extractivista enfocado en la expansión de la minería a gran escala, la explotación petrolera en zonas protegidas y el avance de los monocultivos, como parte del esfuerzo del Estado por controlar los recursos naturales. Esto generó conflictos con comunidades, movimientos indígenas y ambientalistas, quienes defendieron sus territorios, en su mayoría indígenas (Falconí y Monserrath 2016; Ornelas 2016).

La implementación de este modelo, en lugar de mitigar los impactos sociales, económicos y ambientales, los agrava, ya que se acompaña de insumos, técnicas y tecnologías contaminantes y costosas. Esto limita su potencial contribución al desarrollo o a la construcción de una sociedad no capitalista, debido al elevado costo de los daños ambientales que genera. Estos daños no se contabilizan en la economía, como la pérdida de biodiversidad, el deterioro de los ecosistemas y de los servicios ambientales que

proporcionan, la posible desintegración de culturas ancestrales, ni los recursos económicos necesarios para la descontaminación del agua y el suelo (Ornelas 2016).

La agricultura en el contexto posneoliberal busca el alejarse de los principios neoliberales de liberalización de mercados y privatización, buscando restablecer el papel del Estado en la regulación de la producción y el acceso a la tierra. El modelo promueve políticas que intentan equilibrar la agroexportación con una mayor atención a la soberanía alimentaria, así como el apoyo a los pequeños agricultores y campesinos (Daza 2021) . El papel del Estado es intervenir activamente con el objetivos de asegurar una distribución más justa de la tierra y los recursos, pero las políticas aplicadas como la Ley de aguas del 2004 (A. Martínez 2021), codificación de la Ley de Desarrollo Agrario 2004 (H. Congreso Nacional 2004) se contradicen con los objetivos favoreciendo a la agroindustria y los grandes capitales, provocando tensiones y conflictos sociales, especialmente en comunidades rurales indígenas, movimientos y redes socioambientales opuestas al modelo (Gudynas 2012; M. N. Svampa 2013; Madrid 2020). El principio clave del modelo es la soberanía alimentaria, que enfatiza el derecho de los pueblos a producir alimentos de manera local, respetando sus conocimientos ancestrales y sostenibilidad ambiental (Altieri y Toledo 2011), rompiendo la dependencia de importaciones y asegurando una producción agrícola sostenible, que respete tanto la biodiversidad como la salud del suelo y el agua, promoviendo la reducción de las desigualdades económicas y el acceso equitativo a los recursos productivos (Daza 2021).

En el posneoliberalismo el agro-extractivismo se caracteriza por la expansión de monocultivos a gran escala destinados principalmente a la exportación, como la soja, el maíz y otros productos básicos. Este modelo está impulsado por el Consenso de los *Commodities*, un marco económico basado en la explotación de bienes naturales para el mercado global, lo que refuerza el crecimiento económico a corto plazo, pero genera profundas asimetrías y desigualdades sociales y ambientales (M. N. Svampa 2013; Madrid 2020). Este modelo reproduce la dependencia de las economías latinoamericanas en la explotación intensiva de recursos naturales, con poca diversificación y agregado de valor local, lo que perpetúa un ciclo de reprimarización económica, es decir, la concentración en productos primarios de bajo valor agregado para la exportación (M. N. Svampa 2013), además promueve la integración de los pequeños agricultores y comunidades campesinas a las cadenas globales de valor a través de los llamados “negocios inclusivos”, lo que, en teoría, debería generar beneficios económicos, pero en muchos casos refuerza las desigualdades ya existentes (Madrid 2020).

La agroindustria está vinculada al uso intensivo de tecnologías agrícolas industriales, incluyendo el uso masivo de agrotóxicos. Las prácticas agroecológicas, aunque promovidas en algunos discursos, se ven eclipsadas por el enfoque extractivista que prioriza el rendimiento y la exportación (Altieri y Toledo 2011; M. N. Svampa 2013). Las comunidades rurales, especialmente las indígenas, han sido desplazadas y sus derechos han sido comprometidos por la expansión agrícola intensiva. En muchos casos, estas comunidades han visto sus tierras expropiadas o sus recursos naturales contaminados debido a la agroindustria, lo que genera procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas así como tensiones y conflictos sociales (Bebbington y Bebbington 2011). La expansión de monocultivos, como la soja, el banano, la palma africana, el cacao y la floricultura entre otros, ha llevado a la deforestación, la pérdida de biodiversidad, y la degradación del suelo, adicionalmente el uso intensivo de agrotóxicos ha contaminado fuentes de agua y afectado la salud de las comunidades rurales cercanas a estas áreas de producción (Gudynas 2012; Falconí y Monserrath 2016). Mientras que los gobiernos posneoliberales justifican el extractivismo agrícola como una fuente crucial de ingresos, los impactos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades locales han llevado a protestas y resistencia, especialmente de movimientos indígenas y campesinos (Bebbington y Bebbington 2011).

Como se puede observar a nivel regional este modelo prioriza las exportaciones y el crecimiento económico a corto plazo, pero que tiene profundos impactos negativos sobre el ambiente y las comunidades rurales. En el caso de la agricultura de Ecuador ha generado diversos impactos, tanto positivos como negativos, que reflejan la tensión entre la búsqueda de una mayor equidad social, redistribución de la riqueza y la necesidad de mantener un modelo basado en el extractivismo agrícola. En el caso de Ecuador, las políticas extractivistas han fomentado la expansión de la frontera agrícola hacia áreas protegidas incrementando la concentración de tierras destinadas a la producción de banano, palma africana, cacao y la floricultura productos destinados al mercado global, que generan divisas importantes para el país a costa de una dependencia en los mercados internacionales y una creciente vulnerabilidad a las fluctuaciones de precios (M. N. Svampa 2013; Madrid 2020), una vez más las tierras se distribuyen de forma desigual, favoreciendo siempre a los grandes capitales.

Los impactos del extractivismo en la agricultura ecuatoriana durante el periodo posneoliberal están vinculados al desplazamiento de comunidades rurales, las cuales pierden acceso a sus tierras y recursos naturales, lo que ha incrementado las desigualdades

en el acceso a la tierra y debilitado la agricultura familiar (Daza 2021). La expansión de proyectos extractivos ha generado tensiones entre las comunidades rurales y el Estado, que apoya a las grandes empresas. Las protestas de movimientos campesinos e indígenas contra el monocultivo y el extractivismo han sido constantes, ya que se percibe que el modelo de desarrollo favorece a las grandes corporaciones por encima de los derechos de las comunidades (Falconí y Monserrath 2016). Los impactos ambientales de la expansión de monocultivos, como la palma africana y el banano, son considerables, causando degradación del suelo y contaminación de fuentes de agua debido al uso intensivo de agrotóxicos, lo que afecta la salud y la biodiversidad. Estos efectos son especialmente graves en áreas donde las comunidades dependen de los recursos naturales para su supervivencia (Altieri y Toledo 2011). El modelo extractivista no ha conseguido equilibrar el desarrollo económico con la protección del medio ambiente, lo que ha resultado en el deterioro de los ecosistemas locales (Gudynas 2012).

El modelo posneoliberal en la agricultura de Ecuador ha generado importantes avances económicos, particularmente en términos de crecimiento impulsado por las exportaciones agrícolas. No obstante, estos avances han venido acompañados de efectos negativos, como la concentración de la propiedad de la tierra, la degradación ambiental y el surgimiento de conflictos sociales. La dependencia del extractivismo agrícola, junto con la falta de políticas efectivas para apoyar a la agricultura familiar y campesina, ha obstaculizado la capacidad del país para lograr una soberanía alimentaria auténtica y un desarrollo rural más inclusivo y sostenible. Además, las políticas han promovido el uso de tecnologías intensivas, favoreciendo a la agroindustria, mientras que los pequeños agricultores no tienen acceso a los recursos tecnológicos necesarios para competir en el mercado global (Madrid 2020).

Durante este periodo, la intensificación de las medidas neoliberales en todos los sectores ha llevado al surgimiento de un modelo aún más agresivo conocido como hiperneoliberalismo. Aunque, no hay un intervalo claro que separe ambos modelos sus aplicaciones son visibles y los impactos resultantes son evidentes.

Mientras en América Latina se producen los cambios hacia el modelo posneoliberal, a nivel global se agudiza la crisis del neoliberalismo, lo que da paso al denominado hiperneoliberalismo, una etapa extrema del neoliberalismo que amplía aún más las políticas de libre mercado, desregulación, privatización de bienes públicos y reducción del rol del Estado. Esta fase surge como una intensificación de las políticas neoliberales implementadas desde finales de los años 1970, especialmente tras la Guerra

Fría y la consolidación de la globalización económica. Mientras que el neoliberalismo clásico buscaba limitar la intervención estatal para que el mercado regulara la economía, el hiperneoliberalismo lleva esta lógica al extremo, incluyendo sectores que antes estaban fuera de la lógica mercantil, como la educación, la salud y los derechos laborales (Koechlin 2012; Borón 2012; W. Brown 2015; Alcívar 2020; Breilh 2023b). Este modelo comenzó a consolidarse entre las décadas de 1990 y 2000, cuando las políticas neoliberales ya se habían instaurado en muchos aspectos de la vida económica. La crisis financiera asiática de 1997, el estallido de la burbuja tecnológica en 2000 y, especialmente, la crisis financiera global de 2008, fueron puntos de inflexión. La respuesta a estas crisis fue una mayor intensificación de la desregulación y la privatización. El neoliberalismo clásico ya había sentado las bases para la liberalización de los mercados, pero con el hiperneoliberalismo, los sectores financiero y corporativo no solo controlan la economía, sino también el ámbito político y social (Klein 2007; Shiva 2016a; McMichael 2017; Colussi 2018; Alcívar 2020; Breilh 2022).

1.4.5. Extractivismo agrícola en el hiperneoliberalismo (2010 en adelante)

El objetivo principal del hiperneoliberalismo es acelerar y consolidar un modelo económico donde sea posible un crecimiento exponencial de la capacidad extractiva con convergencia de nuevas tecnologías, en que se acentúe la condición de mercado como el único regulador de la vida social y económica, minimizando el papel del Estado a la protección de la propiedad privada y a la promoción de un entorno favorable para la acumulación de capital (Breilh 2023b). Esta lógica tiende a fortalecer las corporaciones transnacionales, que operan sin prácticamente ninguna restricción estatal (Alcívar 2020), promoviendo la idea de que la competitividad económica, la productividad y la privatización son los motores clave del desarrollo. En este contexto, el Estado debe reducir su participación en la economía, limitándose a establecer un marco legal que proteja los derechos de propiedad y asegure la libre competencia, renunciando a su función redistributiva. Esto debilita el estado de bienestar y aumenta la dependencia de la economía hacia el sector privado (Klein 2007; W. Brown 2015; Shiva 2016a; W. Brown 2016; W. Davies 2019; Alcívar 2020; Breilh 2022, 2023b). Se eliminan prácticamente todas las regulaciones gubernamentales que limitan los mercados, permitiendo a las grandes corporaciones operar sin restricciones (Klein 2007; W. Davies 2019).

Además, se privatizan masivamente los servicios públicos, como la educación, la salud y la seguridad social y recursos naturales transfiriéndolos masivamente a manos

privadas. El capital financiero adquiere una posición dominante en la economía global, lo que genera una creciente dependencia de los países hacia los mercados financieros y fomenta la especulación (Koechlin 2012; Shiva 2016a; Alcívar 2020; Breilh 2022, 2023b). Se impulsan políticas de reducción del gasto público (Koechlin 2012; W. Brown 2016; W. Davies 2019), apertura comercial y financiera, eliminando barreras comerciales y restricciones financieras, promoviendo así la integración en los mercados globales (Borras y Franco 2012; Alcívar 2020). Estas medidas concentran la riqueza, incrementan las desigualdades económicas y reducen drásticamente los programas sociales, bajo el argumento de que el mercado es más eficiente en la asignación de recursos que el Estado, reduciendo el gasto público (Koechlin 2012; Borras y Franco 2012; Shiva 2016a; Colussi 2018; W. Davies 2019; McMichael 2017; Alcívar 2020; Breilh 2022, 2023b). La desregulación ambiental ha permitido la explotación desmedida de los recursos naturales, provocando la degradación ambiental, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático (Borras y Franco 2012; Shiva 2016a; Colussi 2018; Breilh 2022, 2023b).

En el extractivismo la agricultura es un modelo industrializado controlado por grandes corporaciones. Este sistema prioriza la producción en masa de monocultivos destinados principalmente a la exportación, como el maíz, la soja, y otros cultivos comerciales (Shiva 2016a).

Como señalamos antes, es la era agrícola de la llamada agricultura 4.0 que inaugura un sistema contradictorio que combina procesos usos peligrosos de la tecnología, mientras por otro lado el buen esa de la tecnología puede generar condiciones favorables para la alimentación humana y la protección del planeta. En el lado de los procesos se aplican la aplicación productivista de la digitalización, comunicaciones, Internet, sensores, inteligencia artificial -IA-, nanotecnologías, nueva biotecnología y los medios Fintech -financieros .Y no sólo eso, pues como lo han demostrado estudios en Brasil, el agro-negocio ha generado un proceso de destrucción regional combinada de la salud humana y de los ecosistemas, entre los usos nocivos de la alta tecnología y, a la par, incluso la aplicación de un sistema de esclavitud laboral (Pignati et al. 2021).

Entonces, este modelo agrícola está basado en la maximización del rendimiento y la reducción de costos, a menudo a expensas del ambiente y de la calidad de los productos debido al empleo de tecnologías avanzadas como la biotecnología, que incluye el uso de semillas transgénicas, resistentes a plagas y agrotóxicos (glifosato, herbicida utilizado masivamente para controlar “malas hierbas” en los cultivos transgénicos), y la mecanización de los procesos agrícolas. La agricultura de precisión, que utiliza

herramientas de Big Data e inteligencia artificial, promete optimizar el uso de recursos como el agua y los fertilizantes (Borras y Franco 2012; Shiva 2016a).

En la década de 1980 a nivel mundial se desarrolla la agricultura de precisión como una forma de optimizar el uso de insumos agrícolas, tales como semillas, fertilizantes, pesticidas y agua, mediante el monitoreo y control de la variabilidad espacial y temporal en los campos de cultivo. Esta práctica se basa en el uso de tecnologías avanzadas, que permiten recolectar, analizar y actuar sobre datos específicos de las condiciones del suelo y los cultivos, para aplicar la cantidad correcta de insumos según las necesidades específicas puntuales en el área de cultivo (G. Moreano, Cajamarca, y Tenicota 2019). Las tecnologías aplicadas en la agricultura de precisión incluyen: Sistema de Posicionamiento Global (GPS), permite la georreferenciación de datos para la recolección de información de campo; Sistemas de Información Geográfica (SIG), para la administración y análisis de la información territorial; Percepción Remota, utiliza sensores en satélites o drones para obtener imágenes y datos sobre la superficie; Tecnologías de Dosis Variable, incluyen sensores y controladores para aplicar insumos de manera localizada; Análisis de Datos Georreferenciados, incluye herramientas como geoestadística, econometría espacial y análisis multifactorial y computadoras, entre otros (Bomgiovanni y Lowenberg 2004; L. Sanchez y Chicaiza 2019; Tobar y Moran 2022).

La agricultura de precisión utiliza diferentes conceptos de la agricultura convencional, se diferencia por el uso de información detallada y georreferenciada para ajustar la cantidad de insumos según las condiciones específicas de cada área, lo que ha criterio de las empresas que lo impulsan favorece la gestión más eficiente de los recursos y una reducción del deterioro del clima, cambio global, erosión excesiva, contaminación ambiental, resistencia de las plagas a los biocidas y los impactos sobre la salud de los trabajadores (G. Moreano, Cajamarca, y Tenicota 2019). La necesidad de las tecnologías mencionadas hace que su implementación sea muy lenta y en el caso de los agricultores pequeños, rural campesinos y familiares casi imposible, ya que significa grandes inversiones económicas y la necesidad de capacitación adecuada de los usuarios que generalmente no existe para estos sectores, convirtiéndose en una alternativa no rentable y socialmente inaceptable, incrementando las brechas sociales y económicas entre los diferentes actores de la agricultura, reducción la demanda de mano de obra no calificada que limita la inclusión campesina.

Por otro lado, se presentan impactos sobre el ambiente con la generación de Residuos Tecnológicos ya que al final de su vida útil de los equipos electrónicos estos se

convierten en residuos difíciles de reciclar, incrementando la acumulación de desechos tecnológicos (L. Sánchez et al. 2024). La agricultura de precisión promueve la intensificación de monocultivos, lo que a largo plazo afecta a la biodiversidad. El enfoque en maximizar la productividad de un solo tipo de cultivo en grandes áreas puede degradar los ecosistemas locales y aumentar la vulnerabilidad a plagas y enfermedades (Tobar y Moran 2022). Adicionalmente la alta dependencia de Recursos Energéticos para la implementación de redes de sensores, drones y otros dispositivos requiere una fuente constante de energía para funcionar. Si esta energía proviene de fuentes no renovables, puede aumentar la huella de carbono de las operaciones agrícolas, contribuyendo al cambio climático (Tobar y Moran 2022).

Pese a la reducción del uso de agrotóxicos, los agricultores y trabajadores que manejan productos agroquímicos aún están expuestos a sustancias tóxicas durante la aplicación, especialmente si no se siguen las medidas de seguridad adecuadas. Los residuos de estos productos también pueden afectar la salud de los consumidores si no se controla correctamente su aplicación (L. Sánchez et al. 2024), también se presentan problemas psicológicos y sociales al generar estrés y preocupaciones entre los agricultores pequeños debido a la complejidad de las tecnologías y la necesidad de adaptarse a nuevas formas de trabajo (2024), estos impactos deben ser considerados y abordados con responsabilidad y establecer estrategias de mitigación adecuadas.

En Ecuador, la agricultura de precisión se empieza a implementar por el año 2010 pero aún está en una etapa de desarrollo, las políticas y normativas específicas para su implementación no existen, sin embargo, se han desarrollado iniciativas para mejorar la productividad agrícola mediante la aplicación de tecnologías para optimizar el uso de insumos impulsadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) mediante capacitaciones aisladas y las campañas de reducción del uso de productos químicos y la gestión sostenible de recursos impulsados por el Ministerio del Ambiente, esto implica la falta de políticas y normativas específicas que regulen la implementación de la agricultura de precisión en el país.

Pese a la falta de políticas en Ecuador, la agricultura de precisión ha comenzado a ser implementada principalmente en sectores agrícolas que tienen una alta demanda tanto a nivel local como internacional. El sector bananero ha sido el pionero en aplicar tecnologías de agricultura de precisión en Ecuador, debido a la importancia económica de este cultivo para el país. La implementación de tecnologías como drones, sensores de humedad, y sistemas de riego controlados ha permitido a los productores optimizar la

aplicación de insumos, mejorar la calidad de los cultivos, y reducir costos. La provincia de El Oro es una de las regiones clave en la producción de banano donde se están utilizando estas tecnologías (Apolinorio, Olivero, y Alvarado 2015; Tobar y Moran 2022; L. Sánchez et al. 2024). El sector florícola de la región de la Sierra ecuatoriana ha comenzado a aplicar la agricultura de precisión para controlar el riego, la temperatura y otros factores que afectan la calidad de las flores. El uso de sensores y sistemas de automatización ha permitido mejorar la eficiencia del uso del agua y reducir el impacto ambiental, algo crítico para la producción sostenible de flores de exportación (Tobar y Moran 2022; L. Sánchez et al. 2024). En las plantaciones de caña de azúcar, la implementación de la agricultura de precisión ha permitido optimizar el uso de fertilizantes y agua. En áreas como Guayas y Los Ríos, la tecnología se utiliza para maximizar el rendimiento, reducir el impacto ambiental y mejorar la competitividad del sector (Tobar y Moran 2022; L. Sánchez et al. 2024).

Como se puede observar la implementación de la agricultura de precisión en Ecuador se ha direccionado hacia cultivos de alto valor como el banano, las flores y la caña de azúcar todavía de forma limitada pero los sectores que han implementado estas tecnologías reportan mejoras en la productividad, la eficiencia en el uso de recursos y la sostenibilidad. Para que la agricultura de precisión se generalice en Ecuador, es necesario superar varios desafíos, como la capacitación técnica de los agricultores, la inversión en tecnología y la infraestructura digital en áreas rurales. Además, es fundamental implementar políticas que fomenten la innovación y el uso sostenible de los recursos agrícolas. La implementación de estas tecnologías puede ayudar a mejorar la productividad agrícola, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, contribuyendo así a la sostenibilidad del sector y a la seguridad alimentaria del país.

La agricultura de precisión a nivel mundial ha servido como punto de partida para el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías entre ellas la denominada agricultura 4.0 fundamentada en la cuarta revolución industrial (primera 1760-1840, segunda 1870-1914, tercera 1970) que también significa el aumento de los procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas, además del incremento de las inequidades sociales y económicas entre el sector industrial agrícola y el campesino.

Como apoyo a la agricultura de precisión aparece la llamada “revolución biotecnológica” impulsada por los avances en biología molecular y genética, en particular, con el descubrimiento de la tecnología del ADN recombinante. Esta tecnología, se desarrolla rápidamente con la participación de transnacionales privadas que

dirigieron sus intereses a la agricultura intensiva y extensiva, mediante la creación de cultivos genéticamente modificados (OGM) también conocidos como transgénicos. Estos son organismos vivos cuyo material genético ha sido alterado mediante ingeniería genética para conferirles nuevas características entre las que se incluyen resistencia a plagas, tolerancia a herbicidas o mejoras en la calidad nutricional de los cultivos. Los promotores de los OGM expresan que esto ha mejorado la productividad agrícola y ha reducido la necesidad de insumos químicos como agrotóxicos (Schaper y Parada 2001; Halford 2003; Liang y Skinner 2004; Chaparro 2011). Afirmación que es contraria a la realidad que se observa en las zonas productoras en las que cada vez se necesita mayor cantidad y frecuencia de aplicación de agrotóxicos.

Las primeras aplicaciones de OGM en la agricultura datan de la década de 1990, siendo el maíz y la soya algunos de los cultivos transgénicos más adoptados en todo el mundo (Liang y Skinner 2004; Fedoroff 2004; Dana et al. 2008; Hughes 2011). Según sus productores, el uso de cultivos transgénicos ha permitido aumentar la productividad y reducir la pérdida de cultivos debido a factores bióticos y abióticos. La principal tecnología empleada para la modificación genética incluye el uso de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* y métodos físicos como el disparo de partículas de ADN. Los primeros cultivos transgénicos se enfocaron en la resistencia a plagas mediante la introducción de genes de *Bacillus thuringiensis* (Bt), así como en la tolerancia a herbicidas como el glifosato (Schaper y Parada 2001; Liang y Skinner 2004; Dana et al. 2008).

Según las grandes transnacionales, la implementación de OGM ha proporcionado beneficios económicos significativos a los agricultores, especialmente en términos de menores costos de producción y mayores rendimientos (Fedoroff 2004; Chaparro 2011). Pero a costa de una alta dependencia de los agricultores hacia las grandes corporaciones, ya que las semillas transgénicas y todo el paquete tecnológico para el cultivo están patentados por sus fabricantes, lo que impide la tradición de guardar semillas para futuras siembras (Magnusson 2004; Liang y Skinner 2004; Chaparro 2011; Manzur y Cárcamo 2014; Breilh 2023a). Se afirma también que, los OGM han sido desarrollados para resistir condiciones climáticas extremas como la sequía, el frío o el calor, lo que puede ser especialmente útil en regiones con climas extremos que amenazan la seguridad alimentaria (Halford 2003). Además, requieren menos insumos como agua o fertilizantes, contribuyendo al uso eficiente de los recursos naturales. Otros productos han sido diseñados para tener una mayor resistencia durante el almacenamiento y transporte, lo

que reduce las pérdidas postcosecha, mejorando la disponibilidad de alimentos (Liang y Skinner 2004). En la realidad estos beneficios no se los ha evidenciado ya que la producción con OGM se direcciona a satisfacer de mercados exigentes que favorecen la vigencia del modelo capitalista de acumulación de capital que favorece a las grandes empresas y sus auspiciantes.

Algunos cultivos, como el maíz Bt, han sido genéticamente modificados para generar toxinas que resultan mortales para determinadas plagas, lo que disminuye la necesidad de usar pesticidas, reduciendo así la exposición, el impacto ambiental y los costos para los agricultores mejorando la rentabilidad (Halford 2003). Algunos OGM se han diseñado para tener un mayor contenido de nutrientes. Un ejemplo es el “arroz dorado”, que ha sido modificado para producir betacaroteno, una fuente de vitamina A, con el objetivo de combatir la deficiencia de esta vitamina en países en desarrollo (Halford 2003; Tsatsakis et al. 2017).

La producción de cultivos transgénicos a nivel mundial hasta el año 2023 la lideran: Estados Unidos, el mayor productor con 74,41 millones de hectáreas, de productos como maíz, soya, algodón, colza, remolacha azucarera, alfalfa, papaya y calabaza; seguido por Brasil con 66,92 millones de hectáreas, donde se cultivan principalmente soya, maíz y algodón; Argentina se encuentra a continuación con 23,46 millones de hectáreas, su producción se centra en la soya, el maíz y el algodón; A continuación India que principalmente cultiva algodón en 12,35 millones de hectáreas; Canadá con 11,32 millones de hectáreas, produce colza, maíz, soya y remolacha azucarera, ocupa el quinto lugar, de 27 países con un total de 202,2 millones de hectáreas (Hopkins 2024). Entre las empresas líderes en el desarrollo de esta tecnología se encuentran las grandes corporaciones. Bayer, BASF, Dow AgroScience, DuPont Pioneer, Monsanto y Syngenta que venden semillas transgénicas y productos asociados, incluidos herbicidas. También ejercen presión y asesoran a los gobiernos sobre la regulación de los OGM y trabajan con los agricultores en el cultivo de OGM (Chaparro 2011; Manzur y Cárcamo 2014; Cornish 2018).

Desde sus comienzos, el debate sobre los efectos de los OGM en la salud humana ha sido considerable. Aunque se han llevado a cabo estudios de corto y largo plazo, los resultados aún no son concluyentes respecto a los posibles impactos toxicológicos de su consumo y uso. Esto ha generado una importante incertidumbre sobre los riesgos para la seguridad alimentaria y la salud pública, especialmente considerando los potenciales impactos en la salud de los agricultores y sus familias debido a su exposición directa a

estos productos (Chaparro 2011; Breilh 2023a). Sin embargo, lo que está claro es que el aumento en el uso de herbicidas asociado a los cultivos tolerantes ha suscitado preocupaciones, especialmente en relación con el glifosato, clasificado como posible carcinógeno por la Organización Mundial de la Salud, ya que se incrementan los procesos destructivos sobre la salud humana por exposición continua a este producto (Halford 2003; Dana et al. 2008).

En el campo ambiental permanece el debate y la preocupación ya que se han observado efectos directos como la transferencia de genes a plantas silvestres, el desarrollo de malezas resistentes a herbicidas, la disminución de la biodiversidad, y degradación del suelo, agua y ecosistemas, adicionalmente el uso intensivo de herbicidas pueden afectar la biodiversidad al favorecer monocultivos y desplazar especies nativas polinizadores lo que repercute en la capacidad de regeneración natural del ambiente (Halford 2003; Chaparro 2011; Manzur y Cárcamo 2014; Tsatsakis et al. 2017; Breilh 2023a). Por ejemplo, los cultivos Bt han demostrado tener efectos negativos sobre especies no objetivo, como ciertos insectos polinizadores (Halford 2003; Tsatsakis et al. 2017). Pero también presentan desventajas relacionadas con la reducción de la biodiversidad agrícola debido a la dominancia de variedades modificadas genéticamente, lo que hace que los ecosistemas agrícolas sean más vulnerables a plagas y enfermedades al no contar con una diversidad genética amplia obligando a utilizar agrotóxicos más potentes y en mayores cantidades (Halford 2003; Dana et al. 2008; Tsatsakis et al. 2017).

Las controversias y evidencia sobre los impactos negativos de los OGM han impulsado el diseño e implementación de regulaciones que dependen de cada región y país. En Estados Unidos, organismos como la FDA, USDA y EPA supervisan su cultivo y comercialización. En la Unión Europea, las regulaciones son más estrictas, y en muchos países se ha impuesto una moratoria o se limita el uso de OGM debido a preocupaciones sobre la seguridad y la aceptación social. En América Latina, los países que han adoptado la producción basada en OGM han implementado un Marco Regulatorio Regional sobre Edición Génica Aplicada a la Agricultura, entre ellos: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Honduras, México, Paraguay, Perú, Uruguay quienes han adoptado ampliamente los cultivos transgénicos en su agricultura e industria, mientras que otros, como Ecuador la Constitución del 2008 prohíbe su uso (Chaparro 2011; Leguizamon et al. 2018; Kuiken y Kuzma 2021). La preocupación mayor está en la amenaza sobre la producción y cuidado de las semillas nativas, ya que la normativa apunta al uso de

semillas patentadas disminuyendo la diversidad e incrementando la extinción de variedades (Manzur y Cárcamo 2014).

La implementación de los OGM en la agricultura sumada a las nuevas tecnologías implementa la generación de procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas que generalmente son negados por sus defensores, las grandes empresas transnacionales y sus auspiciantes, estos procesos generan procesos destructivos considerables sobre la sustentabilidad, la soberanía, la solidaridad, y la seguridad de las comunidades y poblaciones relacionadas con la producción agrícola a gran escala. Se genera una alta dependencia tecnológica, exposición a agrotóxicos y otros insumos, así como a los impactos sobre la salud de la operación de maquinaria y equipos. La pérdida de autonomía en la producción alimentaria incrementa las inequidades y los impactos socio económicos tanto a nivel colectivo como individual, mientras se profundiza la degradación ambiental y el deterioro de la vida. En la tabla 2 se presenta un resumen de los procesos toxicogénicos de la implementación del uso de OGM en la agricultura en las dimensiones (general, particular e individual) de la Determinación Social de la Salud (DSS) y las 4S de la vida propuesta por Jaime Breilh.

Tabla 2
Procesos toxicogénicos del uso de OGM en la agricultura

Dimensión de la DSS	Proceso crítico (uso de transgénicos)	Sustentabilidad	Soberanía	Solidaridad	Seguridad
General	Expansión de monocultivos transgénicos para el mercado global	La reducción de la biodiversidad y la degradación de suelos por la dependencia de monocultivos transgénicos comprometen la capacidad regenerativa de los ecosistemas y afectan la sustentabilidad a largo plazo.	El uso de semillas patentadas limita la soberanía alimentaria de los países y comunidades productoras, generando una dependencia de grandes corporaciones que controlan el mercado.	El marco regulador favorece a multinacionales, ampliando las inequidades económicas globales y restringiendo la capacidad de competir de los pequeños agricultores.	Las leyes permisivas que permiten residuos de OGM en alimentos comprometen la seguridad alimentaria y sanitaria de la población al introducir riesgos desconocidos.
Particular	Uso de transgénicos y los agrotóxicos asociados en áreas rurales	La introducción de transgénicos y agrotóxicos en comunidades agrícolas genera contaminación del agua y el suelo, afectando la sustentabilidad de los recursos locales para futuras generaciones.	Los agricultores pierden autonomía al depender de semillas patentadas y prácticas de cultivo forzadas por políticas extractivistas, lo que limita su autonomía productiva.	Los pequeños agricultores enfrentan exclusión económica y social al no poder competir con grandes empresas y quedan marginados del mercado de productos no transgénicos.	La exposición de las comunidades rurales a agrotóxicos y la falta de etiquetado adecuado en los alimentos transgénicos aumentan el riesgo de enfermedades crónicas y reducen la confianza en la

					seguridad de los alimentos locales.
Individual	Exposición de los trabajadores y consumidores a residuos de transgénicos y agrotóxicos	La salud de los trabajadores agrícolas se ve comprometida por la exposición a herbicidas y pesticidas usados en transgénicos, generando efectos acumulativos en su bienestar y capacidad laboral.	Los agricultores no tienen el poder de decidir sobre prácticas seguras, lo que afecta su soberanía personal en cuanto a salud y prácticas agrícolas.	Los trabajadores y agricultores pequeños tienen menor acceso a condiciones laborales seguras y justas, generando una fragmentación social que limita el acceso a beneficios equitativos.	La falta de regulaciones para la protección de la salud de trabajadores y consumidores crea inseguridad sanitaria y ocupacional, aumentando los riesgos de enfermedades graves y afectando su estabilidad económica.

Fuente y elaboración propias con base a modelo metacrítica de Breilh y aportes de diversos autores citados en este estudio.

En la década de 1970, la política agrícola de EE. UU. viró hacia posturas neoliberales impulsadas por el secretario de Agricultura Earl Butz, quien promovió la producción industrial a gran escala en detrimento de las pequeñas granjas familiares. Esto implicó modernización tecnológica, uso intensivo de insumos químicos y alianzas entre agroindustria y universidades, orientando la investigación hacia intereses corporativos. La necesidad de financiar maquinaria y semillas llevó a la consolidación de tierras y a la financiarización del sector. Aunque inicialmente los agricultores obtuvieron beneficios, la crisis agrícola de los años 80 provocó el cierre de casi la mitad de las granjas, consolidando el dominio de la agricultura corporativa (Ecosystems United 2025), dando el giro hacia un modelo agroempresarial.

Por otro lado los acuerdos internacionales, como el de la OMC (Organización Mundial del Comercio), favorecen el dominio del mercado agrícola por las corporaciones globales, desplazando a los pequeños agricultores y debilitando la soberanía alimentaria de muchos países, (Borras y Franco 2012; Shiva 2016a). Entre las empresas multinacionales podemos mencionar Monsanto (ahora Bayer), Dow, Dupont, Syngenta y Cargill que controlan cerca del 61% de producción de semillas y el 65% de agrotóxicos hasta la distribución y comercialización de insumos y productos agrícolas incluidos casi la totalidad de los transgénicos (W. Brown 2015; Shiva 2016a; McMichael 2017; Naranjo y Macías 2022), generando alta dependencia de los agricultores hacia grandes corporaciones que monopolizan la producción y distribución (Shiva 2016a).

La implementación del modelo extractivista agrícola sustentado en el monocultivo, la aplicación de tecnologías avanzadas, el uso de agrotóxicos y OGM acentúa los procesos destructivos sociales y económicos en el agro. La pobreza se

incrementa debido al despojo ilegal de tierras, generalmente mediante violencia, engaño o abuso de poder, arrebatándolas a sus legítimos dueños o poseedores. Este fenómeno es común en contextos de conflicto, desigualdad social y falta de acceso a la justicia, afectando principalmente a campesinos, indígenas y comunidades rurales (Borras y Franco 2012; Shiva 2016a). La concentración de la producción agrícola en pocas manos ha incrementado las desigualdades económicas. Mientras que las grandes corporaciones obtienen enormes ganancias, los pequeños agricultores se ven marginados y obligados a prestar su fuerza de trabajo en condiciones precarias profundizando las inequidades sociales de producción agrícola especialmente en las zonas rurales ya por si deterioradas (Shiva 2016a).

La aplicación intensiva de agrotóxicos, técnicas y tecnologías en la agricultura ha provocado la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y la pérdida de biodiversidad. La expansión de monocultivos ha contribuido a la deforestación y al cambio climático debido a las prácticas insostenibles de uso de la tierra (Borras y Franco 2012; W. Brown 2016; Shiva 2016a; McMichael 2017; Breilh 2023b). El uso masivo de agrotóxicos genera procesos destructivos de la salud tanto en los trabajadores agrícolas como en los consumidores, provocando problemas respiratorios, cáncer y trastornos neurológicos entre otros (Shiva 2016a; McMichael 2017; Breilh 2023b). Además, la calidad de los alimentos producidos en este modelo ha sido cuestionada por su falta de nutrientes y presencia de residuos de agrotóxicos y otras sustancias peligrosas.

El extractivismo agrícola en Ecuador en el hiperneoliberalismo está basado en la expansión de los monocultivos destinados principalmente a la exportación. Estos incluyen productos como el banano, cacao, palma aceitera, y soja, cultivos que se ven favorecidos por la apertura comercial y la integración de Ecuador a los mercados globales. Este enfoque ha desplazado las formas tradicionales de agricultura diversificada, donde se cultivaban productos para el consumo local. La agricultura ecuatoriana incluye el uso de paquetes “específicos” y mecanización cada vez más tecnificada en los procesos productivos. El uso intensivo de agrotóxicos, como los pesticidas y herbicidas, es una característica central de la agricultura en Ecuador bajo el hiperneoliberalismo. De acuerdo con Agrocalidad en el Ecuador se emplean cantidades importantes de agrotóxicos en la producción, en el año 2020, 3215 productos plaguicidas se encuentran registrados, correspondiendo el 1.31 % a categoría Ia y Ib, 31.38% II, 54.53% III y 11.38% IV (Felicita 2022).

Los agrotóxicos como el glifosato son utilizados para controlar plagas y mejorar el rendimiento de los cultivos transgénicos. Sin embargo, estos productos tóxicos tienen graves repercusiones tanto en la salud humana como en el medio ambiente, contaminando los suelos y las fuentes de agua. De igual forma las políticas neoliberales en Ecuador, se han centrado en la liberalización del comercio y la desregulación, cambios impulsados por la intervención de organismos internacionales como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y la Organización Mundial del Comercio (OMC), que han exigido la privatización de servicios y la reducción del papel del Estado en la regulación de la agricultura, permitiendo la expansión del agronegocio y desprotegiendo a los pequeños productores y campesinos (Shiva 2016a), generando impactos sociales, económicos, ambientales y de salud de las comunidades.

Los avances científicos y tecnológicos han contribuido al progreso de la agricultura durante este período, facilitando la incorporación de maquinaria y equipos, así como la implementación de nuevas tecnologías como la biotecnología, la agricultura de precisión, la nanotecnología y la Agricultura 4.0 un modelo agrícola basado en la incorporación de tecnologías emergentes.

En los inicios del siglo XXI, la nanotecnología surge como un avance tecnológico científico que promete reducir el uso de agrotóxicos convencionales, mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y facilitar el control de plagas mediante el uso de nanopartículas y sistemas de liberación controlada (Castro 2017; Prasad 2017; Lira et al. 2018; Panpatte y Jhala 2019; S. Sánchez et al. 2024). La nanotecnología también disminuye las pérdidas de recursos, optimiza el uso de agua, minimiza residuos y reduce el impacto ambiental (Carrillo y González 2009; Noormans 2010). Su aplicación se incrementa rápidamente debido al potencial que ofrece para la optimización de la agricultura con la inclusión de nanosensores para monitorear las condiciones de los cultivos antes que se presenten los problemas (Mario García, Forbe, y Gonzalez 2010; Ghormade, Deshpande, y Paknikar 2011; Mousavi y Rezaei 2011; Prasad, Bhattacharyya, y Nguyen 2017).

En estas investigaciones participan varias empresas que dominan el mercado de agrotóxicos y otros insumos y maquinarias para la agricultura, entre las más importantes tenemos: Syngenta y Bayer Crop Science que introducen los nano-fertilizantes y nano-pesticidas; AgroNano ha desarrollado tecnologías enfocadas en la liberación controlada y en la creación de nanosensores que facilitan una agricultura de precisión reduciendo la dosis de sustancias químicas en los cultivos, mediante la liberación controlada lo que

permite maximizar la absorción en las plantas y minimiza los impactos sobre el ambiente (Carrillo y González 2009; DeRosa et al. 2010; Park y Appell 2013; Cicek y Nadaroglu 2015; F. K. C. Robles y Cantú, s. f.; Prasad 2017; Albores et al. 2024). Otras empresas, principalmente en Europa y Estados Unidos, también han registrado patentes en nanopesticidas y nanoencapsulados para la liberación dirigida de nutrientes y pesticidas (Mousavi y Rezaei 2011; Iavicoli et al. 2017; Lira et al. 2018; Smallops 2024).

La tecnología desarrollada se basa en el uso de nutrientes como fósforo y nitrógeno en los nanofertilizantes mejorando su absorción, también pueden incluir elementos como zinc, hierro y silicio y nanotubos de carbono y óxidos metálicos, reduciendo pérdidas por lixiviación y mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo y las plantas mejorando el rendimiento (DeRosa et al. 2010; Cicek y Nadaroglu 2015; Panpatte y Jhala 2019; H. Pérez et al. 2024; Albores et al. 2024). Los nanopesticidas utilizan nanopartículas encapsular de ingredientes activos, permitiendo una aplicación más precisa y prolongada, minimizando la dispersión en el ambiente, minimizando los impactos sobre organismos no objetivo y la resistencia de plagas. Algunos pesticidas contienen óxidos de hierro o dióxido de titanio, que presentan propiedades bactericidas (Carrillo y González 2009; Cicek y Nadaroglu 2015; H. Pérez et al. 2024; S. Sánchez et al. 2024; Albores et al. 2024).

Los sensores nanotecnológicos son dispositivos a escala nanométrica diseñados para detectar y monitorear condiciones específicas en los cultivos, como niveles de nutrientes, humedad, pH y presencia de patógenos, permitiendo un control preciso y en tiempo real de las condiciones del campo, facilitando la agricultura de precisión y una respuesta rápida a las necesidades del cultivo, optimizando la aplicación y uso de insumos, contribuyendo a reducir el impacto ambiental de la agricultura intensiva, minimizando el desperdicio de recursos como el agua y los nutrientes (Carrillo y González 2009; Cicek y Nadaroglu 2015; Panpatte y Jhala 2019; P. Zhang et al. 2021; Albores et al. 2024).

Pese a la pretendida ventaja que promociona la industria del uso de la nanotecnología en la agricultura, existe gran preocupación por los procesos toxicogénicos que se pueden generar por su aplicación, debido a que las nano partículas presentan gran capacidad de acumularse en el suelo y en organismos vivos, afectando procesos clave como la descomposición de materia orgánica y el ciclo de nutriente, también existe la probabilidad de incorporarse a la cadena alimentaria generando impactos sobre la salud humana. Investigaciones han demostrado que las nanopartículas pueden atravesar

barreras biológicas y llegar a sistemas internos incrementado la probabilidad de generación de procesos toxicogénicos en diferentes niveles de organización biológica (Nel et al. 2006; Noormans 2010; Cicek y Nadaroglu 2015; P. Zhang et al. 2021; H. Pérez et al. 2024). Las nanopartículas, como las de dióxido de titanio, óxido de zinc y plata, son altamente reactivas y pueden generar especies reactivas de oxígeno (ROS), que dañan células vegetales y animales, afectando la biodiversidad del suelo y otros organismos no objetivo (Foladori y Invernizzi 2008; Cicek y Nadaroglu 2015; Panpatte y Jhala 2019; S. Sánchez et al. 2024).

La liberación de nanopartículas en el medio ambiente también plantea desafíos para los recursos hídricos, ya que su movilidad y persistencia pueden causar contaminación en cuerpos de agua y afectar especies acuáticas. Aunque la nanotecnología ofrece múltiples beneficios, los riesgos toxicogénicos asociados requieren una regulación exhaustiva y estudios a largo plazo que evalúen sus impactos sobre la salud y la sustentabilidad de los ecosistemas. En Europa y otros países se han propuesto regulaciones que buscan controlar los efectos a largo plazo y establecer límites en su uso (Raghav y Rathore 2014; Castro 2017; Thangadurai, Sangeetha, y Prasad 2020; H. Pérez et al. 2024; Albores et al. 2024). En el aspecto socioeconómico la aplicación de esta tecnología es demasiado limitada, debido a los altos costos y la centralización de patentes es inalcanzable para los pequeños agricultores y peor aún en los países en desarrollo incrementándose la brecha tecnológica y profundizando las inequidades (Khot et al. 2012; Panpatte y Jhala 2019; Neme et al. 2021; H. Pérez et al. 2024).

Las transnacionales que desarrollan estas tecnologías defienden que la nanotecnología presenta mejoras significativas para la sustentabilidad de la agricultura mejorando la eficiencia y disminuyendo los impactos sobre la salud humana y los ecosistemas, un discurso ya escuchado desde hace muchos años con referencia a los agrotóxicos y luego con los OGM. Pero las altas probabilidades de generar procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas, determinan que es crucial avanzar en la investigación de sus impactos a largo plazo y establecer la prohibición de su aplicación hasta que se pueda garantizar su aplicación segura y responsable que beneficie a todos los sectores agrícolas, disminuyendo los impactos socioeconómicos sobre la población más vulnerable y las brechas tecnológicas.

Posteriormente se desarrolla el modelo de la Agricultura 4.0 cuyas contradicciones frente a la salud ya las hemos explicado. Surge cuando la telemática y el manejo de datos fueron combinados con el concepto de agricultura de precisión (AP), y

lo que surgió fue un paso más en la integración de tecnologías geoespaciales, informática y digitalización de procesos agrícolas, donde se incorporaron sensores, telefonía móvil, computación en la nube, Internet de las cosas y *big data* a bordo de maquinaria autónoma, donde la conectividad, automatización y análisis de datos juegan un rol crucial en la búsqueda de prácticas agrícolas óptimas y eficientes a través de la toma de decisiones basada en datos, con la promesa de aumentar la productividad, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, mediante la toma de decisiones en tiempo real (Trendov 2019; Klerkx, Jakku, y Labarthe 2019; Santos y Kienzle 2021; Bert 2021; Choudhury et al. 2021; Silveira y Amaral 2022; Valenzuela, de la Peña, y Gaytán 2022; Tovar 2023; S. Gupta et al. 2024; Abdel, Hawash, y Abdel 2024). Sus aplicaciones reales a gran escala se producen a partir del 2020. El avance de la digitalización en la agricultura ha sido impulsado por la necesidad de enfrentar desafíos globales como el cambio climático, la escasez de recursos y la demanda creciente de alimentos (Rose et al. 2021; Bert 2021; Loukos y Arathoon 2021; Popkova y Sergi 2023), los desarrolladores consideran que su implementación implica la reducción de gastos operativos, mano de obra y generación de desperdicios, así como el monitoreo remoto de plagas y riego, mediante la utilización de máquinas automatizadas y drones (Trendov 2019; Santos y Kienzle 2021; Bert 2021; Silveira y Amaral 2022), lo que también significa disminución de fuentes de empleo y contaminación con sustancias desconocidas.

También se menciona que esta tecnología puede ayudar a mejorar la resiliencia ante el cambio climático, promoviendo prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles (Bert 2021; Valenzuela, de la Peña, y Gaytán 2022). Pero, su implementación amenaza con aumentar las desigualdades entre grandes y pequeños productores (Wolfert_1 et al. 2017; Loukos y Arathoon 2021; Abdel, Hawash, y Abdel 2024), debido a las brechas tecnológicas, falta de infraestructura y capacitación de los campesinos en las áreas rurales (Valenzuela, de la Peña, y Gaytán 2022; Mateo 2023), con costos elevados de maquinaria, software y capacitación, que limitan la implementación masiva (Trendov 2019; Chavas y Nauges 2020; Santos y Kienzle 2021; Abdel, Hawash, y Abdel 2024). Finalmente, una vez adquirida la tecnología, se genera una alta dependencia lo que representa vulnerabilidad ante fallos o ataques cibernéticos (Rajak et al. 2023; Abdel, Hawash, y Abdel 2024), esto impide que muchos agricultores rurales adopten esta tecnología innovadora, incrementando las brechas ya existentes entre grandes y pequeños productores, favoreciendo la concentración de tierras y recursos (Loukos y Arathoon 2021; Tovar 2023; Mateo 2023; Abdel, Hawash, y Abdel 2024).

En el ámbito ambiental la implementación de la Agricultura 4.0 promete una reducción de los impactos al minimizar el uso de recursos y optimizar el manejo de insumos. Sin embargo, también se generan procesos destructivos como la generación de residuos electrónicos por el uso de sensores y maquinaria automatizada, un alto consumo de energía para el funcionamiento de la tecnología (Wandel Marroquín 2021; Santos y Kienzle 2021; Rose et al. 2021; Abdel, Hawash, y Abdel 2024).

A nivel social, la brecha digital entre grandes y pequeños productores puede exacerbar las desigualdades, desplazando a pequeños agricultores y comunidades rurales (Popkova y Sergi 2023). Económicamente, la Agricultura 4.0 puede aumentar la rentabilidad para aquellos que logran implementar las tecnologías, pero deja a otros en desventaja, incluido la disminución de los ingresos de la agricultura familiar y campesina por la falta de fuentes de trabajo debido a la disminución del empleo de mano de obra no calificada (Rose et al. 2021; Popkova y Sergi 2023; Mateo 2023), el modelo exige la inversión en mano de obra calificada y especializada.

En el ámbito de la salud se espera que el uso de tecnologías de precisión y la automatización en la Agricultura 4.0 reduzca la exposición de los trabajadores a agrotóxicos, insumos y otras tecnologías disminuyendo la probabilidad de incidentes y accidentes laborales disminuyendo los procesos toxicogénicos sobre la salud. Sin embargo, también puede aumentar el estrés asociado con la adaptación a nuevas tecnologías (Rajak et al. 2023; Abdel, Hawash, y Abdel 2024).

Grandes empresas tecnológicas y startups de agritech están desarrollando las herramientas clave para la Agricultura 4.0 entre estas tenemos: John Deere, Bayer, AcquahMeyer, Poladrone, AUS-Aarav Unmanned Systems, Tulaa, IzyShop, Koltiva, Famunera, Hello Tractor y Twiga Foods, Frubana, Mucho, Accesso and Smattcom entre muchas otras alrededor del mundo, cada una con sus especialidades proporcionan maquinaria automatizada, plataformas de IoT y soluciones basadas en IA. Entre las tecnologías más relevantes están los drones para el monitoreo de cultivos, sensores IoT para la recolección de datos, y plataformas de análisis basadas en inteligencia artificial (Castrignano et al. 2020; Phatty 2020; Loukos y Arathoon 2021; Rajak et al. 2023; S. Gupta et al. 2024; Abdel, Hawash, y Abdel 2024).

La visión actual y futura de los avances de la ciencia y la tecnología conducen a una nueva etapa que algunos denominan Agricultura 5.0 y otros la trabajan como segundo estadio de la revolución 4.0. Un enfoque que ha implicado una siguiente revolución tecnológica que, en se denomina favorable, pero que ha traído resultados devastadores en

amplias zonas. Combina, como ya lo hemos dicho, tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT), la robótica, big data, y la automatización para transformar la producción agrícola. A diferencia de la Agricultura 4.0, que se centraba en la automatización y el uso intensivo de tecnología, la Agricultura 5.0 pone énfasis en la colaboración entre humanos y máquinas, la “optimización” de los recursos, pero mucho más dependiente de lo que atenta la sustentabilidad de las prácticas agrícolas (Martos et al. 2021; Rajak et al. 2023; Polymeni et al. 2023; Holzinger et al. 2024; Mishra et al. 2024; Abdul et al. 2024; Fountas et al. 2024). El concepto de Agricultura 5.0 surge y comienza a aplicarse en la década de 2020, como una evolución de la Industria 5.0 y en respuesta a los desafíos actuales, como el cambio climático y la creciente demanda de alimentos (Naikwade et al. 2021; Martos et al. 2021; Bissadu, Sonko, y Hossain 2024; Abdul et al. 2024; Haloui et al. 2024).

El modelo intensifica la aplicación de técnicas y tecnologías de avanzada: IA y machine learning, IoT, Robótica, Big data, Drones y automatización que prometen mejorar la producción agrícola a futuro (Naikwade et al. 2021; Ahamed 2024; Mishra et al. 2024; Holzinger et al. 2024; Bissadu, Sonko, y Hossain 2024). Entre las empresas involucradas en la investigación y el desarrollo de este modelo podemos mencionar a John Deere (maquinaria agrícola avanzada y robótica), IBM Watson (desarrollo de IA aplicada a la agricultura), Bayer Crop Science (biotecnología y agricultura de precisión) entre muchas otras (Mishra et al. 2024; Holzinger et al. 2024; Ahamed 2024). De acuerdo a sus proponentes y defensores la agricultura 5.0 ofrece beneficios para la producción agrícola mediante el aumento de la productividad con reducción de tiempo y costos operativos, el uso eficiente de agua, fertilizantes y pesticidas, junto con la agricultura de precisión, reduciendo el impacto ambiental, adaptándose mejor a los cambios climáticos y extremos meteorológicos, apoyando a la soberanía alimentaria mediante el aumento en la eficiencia de la producción agrícola de manera sostenible, asegurando la estabilidad del suministro de alimentos (Naikwade et al. 2021; Ahamed 2024; Holzinger et al. 2024; Bissadu, Sonko, y Hossain 2024).

En este modelo también se reconocen dificultades, problemas y desafíos: Los altos costos de la implementación de tecnologías avanzadas, lo que limita su acceso a pequeños agricultores quedando rezagados incrementándose las brechas socioeconómicas, existe una alta probabilidad de violación de la privacidad y seguridad de datos (Naikwade et al. 2021; Bissadu, Sonko, y Hossain 2024; Holzinger et al. 2024; Mishra et al. 2024). Los impactos sociales, económicos y ambientales del modelo se refieren a la reducción de la

demanda de mano de obra en el campo, afectando negativamente a las comunidades rurales que dependen del trabajo agrícola, incrementando las brechas entre grandes y pequeños productores, favoreciendo a quienes tienen más recursos y el incremento del consumo de energía para el funcionamiento del sistema integral (REDTECLA 2020; Naikwade et al. 2021; Bissadu, Sonko, y Hossain 2024; Holzinger et al. 2024; Ahamed 2024).

A través de la historia la agricultura ha experimentado cambios importantes tanto en su práctica, el uso de herramientas y maquinarias que se han desarrollado conforme los avances técnicos y tecnológicos, que han apuntalado los cambios en los modos de producción que han desplazado la agricultura de subsistencia y compartir para fomentar la agroindustria mediante los monocultivos altamente tecnificados. También se han utilizado sustancias químicas para el “combate” contra las plagas mediante el desarrollo y uso de agrotóxicos sintéticos con la llegada de la “revolución verde” y el avance de la ciencia y la tecnología, en el ámbito técnico aplicado se presentan avances gigantescos que van desde actividades manuales, arado, rotación de cultivos, pasando al uso de sistemas mecánicos básicos, posteriormente tecnificados, automatizados, digitalizados y actualmente con la aplicación de tecnologías de precisión mediante el uso de sensores y el análisis de datos combinados con la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT), la robótica, *big data*, y la automatización centrada en la colaboración entre humanos y máquinas.

Como se puede observar los modelos desarrollados favorecen a la industria, reemplazando mano de obra por tecnología, reduciendo gastos y responsabilidades de las empresas, incrementando los procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas, y fracturando el tejido social de los trabajadores y comunidades relacionadas, incumpliendo los principios de sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad para una vida sana en el planeta, en beneficio del comercio de alimentos, atentando la agricultura tradicional y amenazando la soberanía alimentaria, promoviendo el abandono del campo y la migración a la ciudad, para adquirir tierras a bajos precios y ampliar sus actividades.

Cada modelo desarrollado presenta sus ventajas y desventajas, los impactos sobre la salud y el ambiente al igual que las políticas implementadas, en busca de garantizar la producción agrícola, el abastecimiento alimentos y disminuir el hambre en el mundo. En la tabla 3, se presenta un resumen de la evolución de la agricultura y sus principales indicadores. Mientras estos avances se producen de forma acelerada en los países “desarrollados” en los países “en desarrollo” o marginales los pequeños agricultores

tienen escaso acceso a la mecanización, por lo que aparecen propuestas desde la FAO, como la de implementar en los países marginales el acceso a estos equipos y maquinarias mediante servicios de alquiler de maquinaria de tamaño pequeño a mediano, impulsando la creación de empresas que cubran esta demanda (Santos y Kienzle 2021).

Tabla 3
Resumen de la evolución de la agricultura y sus principales indicadores

Agricultura	Generalidades	Características	Políticas	Ventajas y desventajas	Procesos Toxicogénicos
Agricultura Tradicional	Prehistoria hasta la Revolución Industrial. Uso de arado, rotación de cultivos y barbecho.	Prácticas locales de bajo impacto, centradas en la subsistencia y el uso de herramientas simples. Uso limitado de pesticidas o fertilizantes.	Normas comunitarias y manejo tradicional.	Ventaja. Conservación de saberes locales, baja dependencia de insumos externos. Desventaja. Limitada capacidad de producción, altamente dependiente de condiciones climáticas.	Salud. Mínimo impacto sobre la salud humana. Ambiente. Baja afectación a los ecosistemas, mínima erosión y pérdida de biodiversidad.
Agricultura Industrial	Revolución Industrial hasta el siglo XX. Uso de maquinaria pesada, fertilizantes químicos, pesticidas, monocultivos.	Producción a gran escala con mecanización y monocultivos. Uso extensivo de fertilizantes y pesticidas sintéticos.	Políticas de incentivos a la producción masiva y comercio internacional.	Ventaja. Aumento significativo de la productividad agrícola. Desventaja. Dependencia de recursos fósiles, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad.	Salud. Exposición a productos químicos tóxicos, como organofosforados y organoclorados. Ambiente. Contaminación del suelo y el agua, pérdida de biodiversidad, eutrofización.
Revolución Verde	Mitad del siglo XX. Variedades de alto rendimiento, irrigación, agroquímicos.	Revolución Verde: uso de variedades mejoradas y tecnologías de riego. Aumento significativo del uso de pesticidas y herbicidas.	Promoción de políticas para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural.	Ventaja. Aumento del rendimiento agrícola y reducción de hambrunas. Desventaja. Impacto ambiental severo, sobreexplotación de recursos hídricos, desigualdad social.	Salud. Mayor incidencia de enfermedades crónicas relacionadas con la exposición a químicos. Ambiente. Contaminación de suelos, acuíferos y pérdida de especies nativas.
Agricultura de Precisión	Finales del siglo XX hasta la actualidad. Uso de GPS, sensores de campo, análisis de datos, y maquinaria automatizada.	Aplicación específica de insumos basada en datos para optimizar los recursos. Uso controlado y dirigido de agroquímicos basado en datos precisos.	Políticas de digitalización en el sector agrícola y uso eficiente de recursos naturales.	Ventaja. Reducción del uso de agua, fertilizantes y pesticidas, optimización de rendimientos. Desventaja. Requiere alta inversión tecnológica, exclusión de pequeños agricultores y dependencia tecnológica.	Salud. Disminución de la exposición a químicos debido a la reducción en su uso. Ambiente. Minimiza la contaminación ambiental y mejora la gestión de recursos naturales. Incremento de residuos tecnológicos y consumo de energía.
Agricultura 4.0	Siglo XXI. Agricultura de precisión, uso de drones, sensores, Big Data, inteligencia artificial.	Uso de tecnología avanzada para la optimización de procesos agrícolas. Uso controlado de agroquímicos,	Incentivos para la digitalización y la innovación tecnológica en el campo.	Ventaja. Optimización de recursos, aumento de la eficiencia y reducción de desperdicios. Desventaja. Alta inversión inicial, brecha tecnológica entre países	Salud. Alta probabilidad de exposición a nuevos contaminantes tecnológicos. Ambiente. Dependencia de energías fósiles y generación de

		basado en datos de precisión.		desarrollados y en desarrollo.	desechos tecnológicos en el ambiente.
Agricultura 5.0	Futuro cercano (2020 en adelante). Automatización completa, robótica, biotecnología, edición genética (CRISPR), biofertilizantes.	Fusión de tecnologías avanzadas con enfoque en sostenibilidad y reducción de impactos ambientales. Uso limitado de productos químicos convencionales, incremento de productos de la biotecnología.	Políticas de promoción de la innovación sostenible y control estricto de residuos agrícolas.	Ventaja. Agricultura más sostenible, menor uso de recursos, mejora de la resiliencia climática. Desventaja. Riesgos éticos y ambientales en la edición genética, exclusión de pequeños productores.	Salud. Procesos destructivos relacionados con la biotecnología y la exposición a nuevos bioinsumos. Ambiente. Alta probabilidad de pérdida de biodiversidad genética y desbalance en ecosistemas.

Fuente y elaboración propias con base en este estudio.

Es fundamental reconocer que el problema del hambre en el mundo no es solo cuestión de avances técnicos y tecnológicos en la producción agrícola, este ligado a otros procesos de no menor peso en el desarrollo de la vida que se interrelacionan con la profunda inequidad que existe en la distribución de la tierra, del agua, del crédito, del acceso a los usos saludables de la tecnología y, en general de los recursos agrícolas. Las otras fases del sistema alimentario como la distribución y el acceso al consumo de alimentos, la ausencia de una renta básica para los productores, los conflictos sociales y políticas enfocadas en la acumulación de capital. A pesar del aumento en la producción, el hambre persiste debido a desigualdades en la distribución, cambio climático, especulación en los mercados alimentarios y uso de tierras para biocombustibles en lugar de cultivos alimentarios. Adicionalmente se debe señalar que los países están condicionados por las exigencias de organismos internacionales como el FMI, el Banco Mundial, y la CAF, que también promueven la globalización del mercado en beneficio de grandes corporaciones y la agroindustria. Es decir si continuamos con esta estrategia de aumentar la productividad, sin intervenir en los problemas sociales, económicos y ambientales, sin solucionar las desigualdades estructurales que perpetúan la inseguridad alimentaria, como la brecha entre grandes productores y agricultores locales, emitiendo regulaciones ambientales y de control de sustancias tóxicas a nivel global y nacional que favorecen al agroextractivismo generando procesos destructivos en las poblaciones y comunidades, la pobreza y el hambre se incrementaran de una forma muy significativa.

Para reducir el hambre en el mundo, una estrategia efectiva debe abordar no solo el aumento en la producción de alimentos, sino también promover cambios estructurales

y sociales: implementación de infraestructura adecuada y políticas que garanticen que los alimentos lleguen a las personas que los necesitan, especialmente en zonas rurales y comunidades vulnerables; cambio hacia un modelo de producción que mantenga la salud del suelo y la biodiversidad, reducir la dependencia de monocultivos y agrotóxicos, implementar una producción alimentaria resiliente frente al cambio climático (Godfray et al. 2010; Shiva 2016b); El apoyo a pequeños agricultores y comunidades locales con acceso a financiamiento y tecnologías apropiadas (Zamosc 1986); Implementar políticas que limiten la especulación y controlen los precios de alimentos básicos (Mitchell 2008); orientar la producción hacia cultivos para consumo humano en lugar de biocombustibles (Meybeck et al. 2011); implementar técnicas agrícolas resilientes y la innovación en sistemas de producción permitirá enfrentar mejor los impactos del clima, especialmente en regiones vulnerables (FAO 2017b). Es decir promover un enfoque basado en la 4S de la vida de Jaime Breilh, Sustentable, Soberano, Solidario y que aborda tanto la producción como el acceso, y se orientan hacia la equidad y la seguridad alimentaria a nivel global (Flores 2020; Breilh 2010a; FIOCRUZ 2015; Breilh 2023a)

1.5. Procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas del extractivismo agrícola

A través de la evolución de la agricultura. Desde la Revolución Industrial hasta la Agricultura 4.0 las actividades del extractivismo agrícola han generado sustancias tóxicas y residuos que desencadenan procesos destructivos significativos sobre la salud humana y los ecosistemas. En los inicios la carga contaminante de sustancias químicas naturales era muy baja y los impactos sobre la salud eran casi inexistentes, luego con la llegada de la Revolución Industrial se introduce la maquinaria pesada y métodos de producción intensiva, aumentando la productividad, pero también la contaminación del suelo y el agua debido al uso de fertilizantes y pesticidas. Estos productos químicos se acumulan en el ambiente, afectando la fauna, flora, y salud humana. En esta fase, surgieron problemas como la bioacumulación y el riesgo de intoxicación humana (Hester y Harrison 1996; Arturo Pérez y Landeros 2009). Posteriormente con la llegada de la “Revolución Verde” se desarrollan los agrotóxicos sintéticos y los OGM con su potencial destructor de la vida, incrementándose la degradación ambiental y los impactos sobre la salud humana (Ongley 1997a; Hermosín 2011). Como respuesta a estos problemas surgieron regulaciones y prácticas agrícolas más sostenibles, se promueven técnicas como el manejo integrado de plagas y el control de la lixiviación de nitratos, aunque los efectos persistieron. Este

periodo marcó el inicio de una mayor conciencia sobre la necesidad de regular el uso de agrotóxicos y otras técnicas para reducir su impacto ambiental (Copeland_0 2008; March 2014; D'Onofrio 2014).

Actualmente con la práctica de técnicas y tecnologías de avanzada como la robótica, la nanotecnología y la inteligencia artificial en la agricultura de precisión se propone optimizar el uso de recursos, minimizando así el impacto ambiental, pero el uso intensivo de agrotóxicos y sus impactos en ecosistemas acuáticos y en la salud humana continua, especialmente por la contaminación residual en suelos y agua (Tarkowski 2007; Ruschmann 2009). También se debe considerar que la tecnología es dependiente de energías fósiles con su potencial de contaminación, y genera gran cantidad de desechos tecnológicos que son dispuesto en el ambiente con ningún o poco tratamiento, sumado a la alta probabilidad de exposición a nuevos contaminantes tecnológicos y productos de la biotecnología (Sharma et al. 2019; Pathak_0 et al. 2022). Cada fase de evolución en la agricultura presenta sus beneficios especialmente en la productividad, pero también ha generado procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas que hacen necesario una transición hacia prácticas más sustentables y respetuosas de la vida, protegiendo la salud humana y los ecosistemas como la agricultura orgánica, la agroecología, la permacultura entre otras.

Con la llegada de la Revolución Industrial en el siglo XIX, cambiaron las formas agrícolas de producción. La industrialización trajo consigo la introducción de maquinaria y el uso de sustancias químicas para mejorar la producción agrícola. Entre los principales insecticidas utilizados estaban compuestos como el piretro, la rotenona, la nicotina, los arsenicales inorgánicos, los boratos y los fluoruros. Otros productos, como la estricnina y el fluoracetato de sodio, se empleaban como rodenticidas, aunque su eficacia era limitada. También se usaban sales de cobre, cadmio y manganeso como fungicidas, mientras que, a inicios del siglo XX, fumigantes como el dióxido de azufre y el ácido cianhídrico comenzaron a aplicarse en los cultivos. La exposición prolongada a estos químicos en áreas de uso intensivo afectó tanto la salud de los trabajadores como la calidad del suelo y del agua, debido a su impacto en microorganismos beneficiosos del suelo. El contacto sostenido con estos compuestos tóxicos provocó problemas de salud, incluyendo intoxicaciones agudas y crónicas en los trabajadores agrícolas, además de afectar negativamente a la biodiversidad, dañando tanto a especies objetivo como no objetivo. La contaminación del suelo y de las fuentes de agua también generó riesgos para la salud humana. La falta de conocimiento sobre los efectos nocivos de estos productos y

la ausencia de regulaciones adecuadas permitieron una exposición continua y sin protección adecuada (de Fernícola 1985; Hester y Harrison 1996; Breilh 2005; Pimentel et al. 1992; Bassil et al. 2007; D'Onofrio 2014; Mazoyer y Roudart 2006).

A partir de 1940 se da inicio la llamada “Revolución Verde” hasta 1970, caracterizada por la implementación de monocultivos de alto rendimiento basado en el uso intensivo de agrotóxicos (pesticidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos) como el DDT entre otros, con el objetivo de incrementar la productividad de los cultivos. Si bien se lograron importantes incrementos en la producción de alimentos, estos beneficios vinieron acompañados de procesos toxicogénicos sobre la salud de los trabajadores y los ecosistemas debido al uso excesivo de agrotóxicos incrementándose la contaminación de las fuentes de agua y el suelo, así como la aparición de plagas resistentes y los impactos sobre especies no objetivo, incluidos flora y fauna benéfica, debido a la alta persistencia de estas sustancias en el ambiente que favorecen incluso la bioacumulación en la cadena alimenticia (Pimentel et al. 1992; Ongley 1997b; Copeland_0 2008; Ortega_2 2009; Hermosín 2011; Deblonde, Cossu, y Harteman 2011; Köhler y Triebkorn 2013; Davis 2014; Breilh 2017a; Matthews 2018; M. Ramírez 2018; Losch_0 et al. 2022).

En varios países donde se desarrolló la agricultura extractivista bajo el concepto de la Revolución Verde la exposición a agrotóxicos (organoclorados, organofosforados por ejemplo el DDT) ocasionaron procesos de intoxicación aguda, abortos espontáneos y disfunción inmunológica, así como, varios problemas crónicos especialmente enfermedades respiratorias, problemas reproductivos, efectos neurotóxicos, diferentes tipos de cáncer en agricultores y poblaciones rurales expuestas en zonas agrícolas. Estos problemas son más evidentes en países con regulaciones sobre la seguridad y el uso de agrotóxicos son deficientes o inexistentes especialmente en países en desarrollo (Bag 2000; Montserrat García 2006; Breilh 2007; Damalas y Eleftherohorinos 2011; Savci 2012; Avila y Difilippo 2014; P. Guzmán et al. 2016; Varona_2 y Idrovo 2016; Saborío, Mora, y Durán 2019; Castanheira et al. 2022; Freitas, Bonfatti, y Vasconcellos 2022; Breilh 2023a; F. Ahmad et al. 2024)

En la década de 1980 y hasta 1990, se produce una intensificación de la agricultura de tipo industrial, basada en la expansión de los monocultivos y el uso intensivo de agrotóxicos, generando plagas cada vez más resistentes, lo que implica la producción y aplicación de productos cada vez más tóxicos conduciendo a una “hoguera toxica” cíclica que disparó las tasas de intoxicación y la dependencia de nuevas sustancias químicas tóxicas. Esta práctica afectó especialmente a países en desarrollo, donde las condiciones

de seguridad eran limitadas. La aplicación de estos nuevos agrotóxicos y en concentraciones más altas incrementa los impactos en especies no objetivo, disminuyendo la biodiversidad y alterando el equilibrio ecológico, degradando la fertilidad del suelo y la calidad de los ecosistemas, también contaminó cuerpos de agua, afectando a la fauna acuática y terrestre. Esto comprometió aún más la salud de los ecosistemas y la sustentabilidad agrícola. La intensificación del uso de agrotóxicos aumentó la exposición y la generación de procesos toxicogénicos sobre la salud de los trabajadores y comunidades cercanas, intensificando los problemas de salud tanto agudos como crónicos (Tilman et al. 2002; London et al. 2002; McCauley et al. 2006; Semmartín 2011; Breilh 2011b; March 2014; Augusto 2012; Davis 2014; P. Guzmán et al. 2016; Breilh 2017a; Matthews 2018; Universidade Estadual de Goiás 2019; Breilh 2019a, 2023a; F. Ahmad et al. 2024).

Adicionalmente, desde la década de 1990 los OGM han sido implementados en la agricultura con objetivos de eficiencia y reducción de costos. Las primeras modificaciones ofrecieron mejorar la tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos, permitiendo reducir el uso de agrotóxicos y facilitando el control de plagas, pero en la realidad se incrementó de forma notable el uso de agrotóxicos. Además, esta tecnología introdujo nuevos problemas de toxicidad en los ecosistemas, acumulando toxinas en el suelo y afectando organismos no objetivo, como insectos benéficos y microorganismos esenciales para el equilibrio de nutrientes. También se presentan preocupaciones por la introducción de nuevos genes en los alimentos que podrían generar nuevas proteínas que actúen como alérgenos o toxinas. Por lo general no todos los cultivos transgénicos pasan por evaluaciones rigurosas de seguridad antes de ser comercializados, dejando la incertidumbre de los impactos a la salud como el desarrollo de alergias o sensibilidad a estos nuevos compuestos y la generación de procesos destructivos de los ecosistemas. Algunos estudios han sugerido que ciertos productos modificados, como el maíz Bt, podrían estar relacionados con reacciones alérgicas, pero estos hallazgos aún son debatidos en la comunidad científica. Se considera que los impactos más importantes sobre la salud y los ecosistemas se derivan del incremento en la aplicación de herbicidas asociados a los OGM, como el glifosato, 2-4D entre otros, generando especies resistentes y la pérdida de la biodiversidad en áreas de monocultivo intensivo, específicamente con la eliminación de especies controladoras no objetivo y el incremento de la dependencia de semillas patentadas (Halford 2003; Liang y Skinner 2004; Magnusson 2004; Altieri y

Nicholls 2005; Dana et al. 2008; Tsatsakis et al. 2017; Leguizamon et al. 2018; Kuiken y Kuzma 2021; Breilh 2023a).

Los avances de la tecnología buscan la optimización del uso de recursos y reducir los desperdicios especialmente de agrotóxicos, desarrollándose tecnologías avanzadas como sensores remotos, sistemas de riego inteligente, nanotecnología e inteligencia artificial para optimizar el uso de recursos y mejorar la productividad agrícola en lo denominada agricultura 4.0 (Albores et al. 2024; Bomgiovanni y Lowenberg 2004). Sin embargo, los procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas continuaron incrementándose conforme la escala de producción se incrementa. Si bien la aplicación de agrotóxicos es tecnificada los trabajadores agrícolas continúan expuestos a estas sustancias lo que genera problemas de salud, especialmente enfermedades respiratorias y neurológicas ya que los productos aplicados son más tóxicos que los anteriores y de mayor persistencia en el ambiente, esto implica la importancia y necesidad de continuar investigando los procesos destructivos a largo plazo de las tecnologías avanzadas, como la nanotecnología y la inteligencia artificial, para asegurar que sus beneficios no se vean superados por la ocurrencia de procesos toxicogénicos para la salud humana y la estabilidad de los ecosistemas (Albores et al. 2024; Bomgiovanni y Lowenberg 2004; P. Zhang et al. 2021).

Ambientalmente, se habla de una liberación controlada de sustancias tóxicas incrementando la eficiencia de su uso y la reducción de la contaminación ambiental, pero la aplicación de nanomateriales (NMs) en la agricultura plantea preocupaciones sobre su impacto en la salud humana y el medio ambiente, debido a la acumulación de residuos en el suelo y en los cultivos, lo cual genera procesos toxicogénicos sobre las comunidades microbianas y los ciclos de nutrientes a largo plazo (Zhang et al. 2021). La aplicación de estas tecnologías y los monocultivos intensifica la degradación del suelo y la pérdida de microbiota, mientras que la contaminación del aire por gases emitidos durante el uso de fertilizantes continúa afectando la salud y el entorno, estas actividades son demandantes de energía principalmente de combustibles fósiles y se generan nuevos contaminantes que deben ser tratados y dispuestos adecuadamente para evitar sus impactos en los ecosistemas y las comunidades cercanas.

Agricultura 5.0 representa la próxima fase en la evolución de la agricultura, donde se integran tecnologías avanzadas de la industria 4.0 y 5.0, como inteligencia artificial (IA), Internet de las Cosas (IoT), robótica y computación en la nube para transformar los sistemas de producción agrícola. A diferencia de la agricultura tradicional o de

Agricultura 4.0, esta nueva etapa busca optimizar el uso de recursos y mejorar la sostenibilidad, enfocándose en la eficiencia, la seguridad alimentaria y la reducción del impacto ambiental (Vanghele et al. 2020; L. Ahmad y Nabi 2021; Fountas et al. 2024). Los aspectos principales de la Agricultura 5.0 incluyen: utilizar algoritmos de IA y análisis de grandes volúmenes de datos para prever patrones de cultivo, optimizar el rendimiento y reducir el desperdicio de recursos, lo cual permite una toma de decisiones más precisa y autónoma (Shrawankar, Malik, y Arora 2022; Holzinger et al. 2024; Abdul et al. 2024); La incorporación de sensores y drones para monitorear en tiempo real variables del campo como la humedad, temperatura y estado de los cultivos, promoviendo la precisión y control en el uso de insumos (Martos et al. 2021; Naikwade et al. 2021; Mesías-Ruiz et al. 2023; Bissadu, Sonko, y Hossain 2024); automatización y robótica aplicada en todas las etapas de la agricultura, desde la siembra hasta la cosecha, pero priorizando la interacción entre humanos y tecnología, respetando el conocimiento y experiencia humanos. Esta aproximación permite una mejor adaptabilidad y flexibilidad ante condiciones imprevistas a diferencia de la agricultura 4.0 netamente automatizada (Saiz y Rovira 2020; Mishra et al. 2024; Holzinger et al. 2024); Las comunicaciones de alta velocidad, la nube y el procesamiento en el borde permiten el almacenamiento y procesamiento de datos agrícolas en tiempo real, facilitando el acceso remoto a información crítica para la toma de decisiones (Shrawankar, Malik, y Arora 2022; Polymeni et al. 2023); La Agricultura 5.0 se propone responder a la necesidad de producir alimentos suficientes de manera sostenible, promoviendo prácticas agrícolas que reducen el impacto ambiental y mejoran la seguridad alimentaria (Martos et al. 2021; Baryshnikova et al. 2022); Promoción de prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de energías renovables y la reducción de insumos químicos, para minimizar el impacto ambiental y aumentar la resiliencia ante el cambio climático (Rakholia_1 et al. 2024).

La Agricultura 5.0 se plantea como una nueva opción de mejorar la agricultura y la producción de alimentos y la reducción significativa del impacto ambiental, el uso de nuevas tecnologías requiere una vigilancia constante para evitar la introducción de nuevos contaminantes y asegurar que los métodos sean seguros para la salud de los trabajadores, comunidades y los ecosistemas.

La evolución de la agricultura ha impulsado avances en la producción de alimentos, pero el uso intensivo de agroquímicos en cultivos, tanto convencionales como transgénicos, genera efectos tóxicos que afectan a los trabajadores agrícolas y a las poblaciones cercanas, provocando enfermedades crónicas como cáncer, problemas

respiratorios, desequilibrios hormonales y trastornos inmunológicos, entre otros. Las características de estos productos, como su bioacumulación y lenta degradación, facilitan su ingreso a la cadena alimentaria, lo que expone a los consumidores a procesos tóxicos a largo plazo. Además, contaminan el suelo, el agua y el aire, lo que lleva a la pérdida de biodiversidad y a la degradación de los ecosistemas, eliminando insectos beneficiosos, plantas silvestres y otras especies no objetivo, alterando el equilibrio natural y promoviendo la aparición de plagas y especies resistentes, lo que incrementa el uso de agrotóxicos cada vez más potentes y en mayor concentración. El desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías para la agricultura 4.0 y 5.0 también generan incertidumbre respecto a los residuos tecnológicos y sus efectos negativos sobre la salud, especialmente en el ámbito psicosocial, debido a la monotonía y el estrés que caracterizan estos trabajos.

En la tabla 4, se resumen los procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas del extractivismo agrícola en las diferentes etapas de su evolución.

Tabla 4
Procesos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas del extractivismo agrícola

Etapa de evolución	Procesos toxicogénicos	Impactos en la salud humana	Impactos en los ecosistemas
Revolución Industrial (siglo XIX)	Introducción de maquinaria y uso de pesticidas inorgánicos (sulfato de cobre, arsénico). Fumigantes como dióxido de azufre y ácido cianhídrico.	Problemas respiratorios, intoxicaciones agudas y crónicas.	Contaminación de suelo y agua; impacto negativo en microorganismos beneficiosos; pérdida de biodiversidad
Revolución Verde (1940-1970)	Uso intensivo de pesticidas y fertilizantes sintéticos (ej. DDT). Monocultivos de alto rendimiento que aumentan la demanda de químicos.	Aumento en enfermedades crónicas (cáncer, problemas respiratorios, hormonales, inmunológicos) y casos de intoxicación aguda en comunidades agrícolas.	Degradación del suelo, contaminación de agua, pérdida de especies benéficas y aparición de plagas resistentes debido a la bioacumulación de químicos
Agricultura Industrial (1980-1990)	Intensificación de monocultivos y empleo de agrotóxicos cada vez más potentes para combatir plagas resistentes.	Incremento en las tasas de intoxicación, problemas crónicos en trabajadores (respiratorios, neurológicos) y afectaciones en comunidades rurales.	Degradación de la fertilidad del suelo, disminución de biodiversidad, contaminación de cuerpos de agua y desequilibrio ecológico

OGM y Agricultura 4.0 (1990-2020)	Uso de cultivos transgénicos (OGM) que incrementan la tolerancia a herbicidas; mayor aplicación de herbicidas asociados (ej. glifosato). Tecnologías de precisión en el uso de insumos.	Riesgos de alergias, enfermedades crónicas y exposición a herbicidas persistentes. Los trabajadores continúan expuestos a químicos residuales en el ambiente.	Alteración de microorganismos del suelo, eliminación de especies no objetivo, contaminación de agua y suelo; pérdida de biodiversidad en monocultivos
Agricultura 5.0 (presente y futuro)	Integración de IA, biotecnología y biopesticidas. Uso de nanotecnología y sensores para minimizar los insumos químicos. Sin embargo, se generan nuevos residuos tecnológicos y posibles contaminantes.	Potencial reducción en la exposición a químicos, aunque persisten riesgos por residuos tecnológicos. Necesidad de vigilancia en efectos a largo plazo.	Mejor uso de insumos, pero persisten los riesgos de exposición a contaminantes tecnológicos y efectos desconocidos de nanomateriales en suelo y cultivos

Fuente y elaboración propias con base en este estudio.

El recorrido por la evolución de la agricultura evidencia que esta ha estado orientada, en gran medida, a beneficiar a las grandes corporaciones productoras de agrotóxicos, semillas, maquinaria agrícola y comercializadoras. Este proceso ha desplazado de sus territorios a campesinos, agricultores y comunidades vinculadas al campo, generando impactos destructivos sobre la salud y los ecosistemas. Así, la agricultura ha sido transformada en agroindustria, un modelo caracterizado por múltiples procesos dañinos: la mecanización con tractores ha deteriorado la calidad de los suelos y ha incrementado la contaminación atmosférica mediante la emisión de gases de efecto invernadero; la aplicación masiva de agrotóxicos ha sustituido las labores manuales de protección y cuidado de las plantas, desplazando también los saberes populares transmitidos intergeneracionalmente, al tiempo que afecta gravemente la salud de los trabajadores rurales y contamina suelos y aguas. Este modelo impone, además, una dependencia tecnológica y comercial de productos provenientes de países industrializados y controlados por corporaciones transnacionales.

La incorporación de inteligencia artificial y otras tecnologías avanzadas supone costos elevados de implementación y mantenimiento, los cuales deben asumirse de forma continua debido a la alta sensibilidad de estos sistemas ante condiciones climáticas adversas. A ello se suman los requerimientos de capacitación técnica, aunque sea básica, para su manejo. Estos gastos representan una carga económica que muchas veces no

puede ser cubierta con los ingresos generados por la producción agrícola, especialmente en contextos rurales empobrecidos.

A lo largo de la historia, estos procesos han provocado el desplazamiento masivo de poblaciones humanas y animales, socavando la vida en la ruralidad y despojando al campo de sus verdaderos protagonistas. Esta expulsión ha empujado a comunidades enteras hacia las grandes ciudades, donde muchas veces engrosan los cinturones de pobreza y mendicidad. Este abandono del campo ha facilitado el acaparamiento de tierras por parte de grandes industrias, mediante el despojo o la compra a precios irrisorios. Por otro lado, la agroindustria ha demostrado ser incapaz de garantizar la alimentación de la población mundial, pues millones de personas continúan padeciendo hambre. Lejos de representar una verdadera evolución, este modelo ha contribuido al empobrecimiento de los países menos industrializados y ha perpetuado la precariedad de quienes realmente alimentan al mundo con productos sanos: las y los agricultores que, además, cuidan y protegen los recursos naturales.

En sus orígenes, muchas formas de agricultura desarrolladas por pueblos originarios estuvieron basadas en relaciones recíprocas con la naturaleza, conocimientos colectivos y sistemas de manejo territorial diversos, que promovían una alimentación integral y el equilibrio entre salud y ecosistema. Estos sistemas no estaban regidos por lógicas mercantiles, sino por principios de sustento, espiritualidad, biodiversidad y comunidad (Altieri y Toledo 2011). Con la expansión de los imperios y el colonialismo, la tierra fue privatizada y expropiada a comunidades indígenas y campesinas. La imposición de monocultivos, la esclavitud y los sistemas de hacienda consolidaron una estructura agroalimentaria desigual, subordinando los territorios al interés de las ciudades. Esta violencia estructural afectó la salud colectiva al imponer condiciones de trabajo forzoso, desequilibrios nutricionales, y degradación ecológica (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales 2004).

A pesar de esta historia de despojo y dominación, los pueblos campesinos, indígenas, afrodescendientes y movimientos sociales han resistido y generado propuestas que desafían el orden dominante y se inscriben en una salud colectiva emancipadora, basada en la autodeterminación, el cuidado de la vida y la justicia ambiental.

Por lo tanto, es indispensable un cambio hacia un modelo de agricultura sustentable, soberano, solidario y seguro que elimine por completo las exposiciones y los impactos sobre la salud y los ecosistemas con la participación de las comunidades, academia y gobiernos mediante la generación de políticas públicas que favorezcan el

nuevo modelo (FIOCRUZ 2015; Breilh 2010b, 2017a, 2023a). Jaime Breilh recalca que estos avances son parte de un modelo productivo capitalista y extractivista, en el cual las grandes empresas priorizan el lucro a costa de la salud de las personas y la sustentabilidad del ambiente. Este sistema aumenta la desigualdad, afecta la soberanía de los agricultores y genera efectos tóxicos a mediano y largo plazo, lo que refleja un desequilibrio estructural en la producción agrícola (Breilh 2023a). Pero estos procesos destructivos no solo inciden sobre la salud humana y de los ecosistemas, también forman parte de un sistema de producción agrícola global basado en la explotación y extracción intensiva. Este modelo está ligado a las lógicas del capitalismo neoliberal, donde las prioridades de acumulación de capital y control tecnológico superan las necesidades de la salud pública y la sustentabilidad ambiental (Breilh 2023a). La transición hacia modelos agroecológicos y sustentables busca mitigar estos impactos, pero el legado de décadas de contaminación química sigue presente en muchos sistemas agrícolas.

1.6. Las 4S de la vida y agricultura

Las “4S de la vida” son principios clave para una transición hacia un modelo agrícola y de desarrollo más justo, equitativo y sostenible, que buscan guiar prácticas y políticas que promuevan la vida y el bienestar tanto humano como ecológico. Jaime Breilh (2023a) describe estos principios de la siguiente manera:

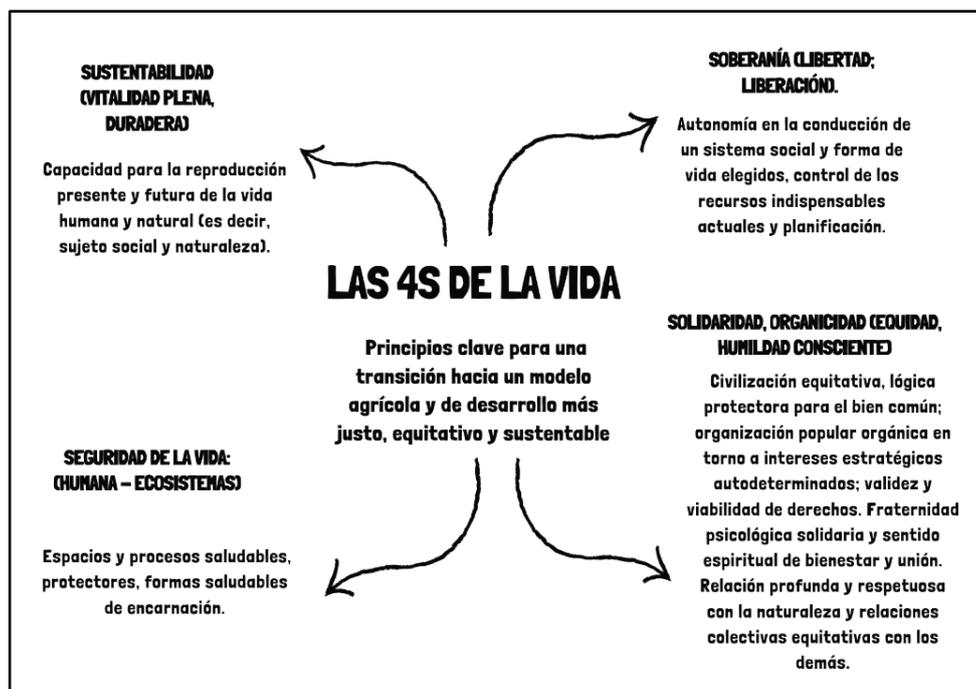


Figura 2. Las “4S de la vida”
Fuente: Adaptado de (Breilh 2023a)

Como se ha descrito anteriormente la expansión de la agroindustria en Ecuador ha generado impactos negativos muy significativos en estos 4 principios: Sustentabilidad, Soberanía, Solidaridad y Seguridad de las comunidades campesinas, debilitándolos en múltiples dimensiones. El uso de sustancias cada vez más tóxicas, maquinarias y nuevas tecnologías que conforme se han ido desarrollando e implementado incrementan los procesos toxicogénicos sobre la salud humana y de los ecosistemas deteriorando la vida en el planeta. Ante esta realidad se hace imprescindible plantear alternativas para lograr una agricultura que provea de suficiente alimentación y cuide la vida en el planeta, este modo de producción aplica las 4S de la vida que constituyen un marco ético y práctico que puede transformar la agricultura hacia un modelo más justo, resiliente y saludable para las personas y la naturaleza como lo plantea, como la agroecología, la agricultura orgánica, la permacultura que se aplican en distintas zonas del país (Breilh 2007, 2010a, 2011b, 2011a, 2013a, 2015, 2017a, 2023a; Villacís 2023).

Sustentabilidad en la agricultura. Implica prácticas que preserven la fertilidad del suelo, protejan el agua y mantengan la biodiversidad. La sustentabilidad requiere de sistemas que no degraden los ecosistemas y que apoyen la regeneración de los recursos naturales. La transición hacia una agricultura sustentable considera los impactos negativos del modelo agroindustrial que ha consolidado un sistema económico que concentra recursos en pocas manos y genera inequidad, perjudicando la soberanía alimentaria y la sustentabilidad ambiental (Breilh 2010b; Brassel, Breilh, y Zapatta 2011). Los avances de la agroindustria han causado desplazamiento de comunidades campesinas, multiplicando el uso de agrotóxicos, generando pérdida de la biodiversidad agrícola, atentando la salud de los trabajadores agrícolas, las comunidades y el equilibrio ecológico (Breilh 2007; Breilh et al. 2010). En el caso del Ecuador, la expansión de cultivos industriales como el banano y la floricultura han generado graves impactos ecológicos y epidemiológicos en zonas rurales (Breilh 2010a). Este modelo capitalista expande monocultivos que desplazan la agricultura local, deteriora la salud de las comunidades y degrada los suelos y el agua con agrotóxicos. Además, desplaza a los pequeños productores y amenaza la seguridad alimentaria al depender de cultivos orientados a la exportación generalmente como materia prima, en lugar de alimentos para el consumo local (Breilh 2011b; Guilcamaigua 2022).

Para fomentar una agricultura sustentable que promueva la vida, es esencial fortalecer prácticas que permitan la preservación de los recursos naturales y la promoción de un modelo de producción de alimentos que respete la biodiversidad y los equilibrios

ecológicos. Una alternativa necesaria es la agricultura familiar campesina con orientación agroecológica, la cual es menos intensiva en recursos, más compatible con la conservación de la biodiversidad y mantiene vigente las prácticas agrícolas ancestrales. Este modelo ayuda a democratizar el acceso a la tierra y a los recursos naturales, además de promover la seguridad alimentaria y la soberanía de las comunidades. En contraste con el monocultivo, el uso de agrotóxicos y tecnologías avanzadas, la agricultura agroecológica garantiza suelos fértiles, ambiente saludable y empleos sustentables (Breilh 2010a; Brassel, Breilh, y Zapatta 2011; Breilh 2013a, 2015, 2017a).

En la construcción de un sistema agrícola sustentable se deben aplicar políticas que protejan la agricultura familiar y campesina, el control permanente del uso de agrotóxicos y sus impactos sobre la salud y los ecosistemas, la promoción de mercados locales donde se encuentran consumidores con productores en un proceso justo de comercio y la implementación de modelos de producción que respeten los límites ecológicos. Es decir, un modelo de producción que no solo mitigue los impactos negativos de la agroindustria, sino que también fortalezca la resiliencia de las comunidades rurales frente a las crisis ambientales y económicas actuales.

La soberanía en la agricultura. Es un enfoque que prioriza el control de las comunidades sobre sus recursos naturales, como la tierra, el agua y las semillas, y su derecho a definir sus políticas agrícolas y alimentarias. Esta soberanía rechaza la dependencia de las cadenas globales de producción y consumo dominadas por grandes corporaciones y busca empoderar a los pequeños agricultores y campesinos, promoviendo sistemas locales y autosuficientes de producción de alimentos que beneficien a las comunidades y respeten el entorno natural (Breilh 2013a, 2017a). En este contexto, la soberanía implica la defensa de la agricultura familiar y campesina, ya que estas prácticas mantienen la diversidad cultural y biológica y fortalecen la seguridad alimentaria de las comunidades al reducir la dependencia de insumos externos y semillas patentadas (Breilh 2013a, 2017a; Guilcamaigua 2022).

La expansión del extractivismo agrícola ha debilitado la soberanía agraria de los campesinos, haciéndolos dependientes de insumos externos como semillas patentadas y agrotóxicos producidos por grandes corporaciones con base en países desarrollados, limitando el control de los campesinos sobre sus propias prácticas agrícolas con el incremento de monocultivos para la exportación facilitado por políticas neoliberales y escaso control, se ha generado degradación de suelos, contaminación de cuerpos de agua y pérdida de biodiversidad. Además, este modelo desplaza a los pequeños agricultores,

ya que la agricultura familiar no puede competir con la producción a gran escala de la agroindustria, lo cual amenaza la seguridad alimentaria local y pone en riesgo los modos de vida tradicionales (Breilh 2007, 2017a). La expansión de cultivos industriales para exportación, como la soya y la palma, conduce a la deforestación y la pérdida de tierras agrícolas locales, comprometiendo la seguridad y soberanía alimentaria de las comunidades rurales (Breilh 2011b, 2007).

La recuperación de la soberanía en la agricultura implica empoderar a los agricultores y a las comunidades para que recuperen sus saberes ancestrales, semillas nativas y métodos de cultivo que respeten sus territorios y tradiciones, promoviendo la autonomía y la resiliencia de las comunidades rurales frente a las fluctuaciones del mercado y los intereses corporativos. La soberanía alimentaria desafía los modelos de producción agrícola industrial y de monocultivo, apoyando sistemas agrícolas autosuficientes que protegen la diversidad genética y la resiliencia de los ecosistemas locales, defendiendo el derecho de los pueblos a definir sus propios sistemas de producción y consumo de alimentos, adaptándolos a las necesidades locales, culturales y ecológicas (Breilh 2013a; Guilcamaigua 2022; Piracón y Coelho 2022; Armas et al. 2023; Breilh 2023a).

Una agricultura soberana que promueva la vida en el planeta se basa en fortalecer los derechos de las comunidades rurales a gestionar sus recursos de forma autónoma, protegida de la lógica extractiva de la agroindustria. Es decir, la aplicación de un modelo que permita una relación más armónica con la naturaleza y la creación de sistemas resilientes y autosuficientes que garanticen la vida en el planeta.

La Solidaridad en la agricultura. Es un enfoque que promueve la cooperación y el apoyo mutuo entre agricultores, comunidades y naciones para garantizar el bienestar colectivo, el acceso equitativo a los recursos y la preservación de los sistemas agrícolas tradicionales y sostenibles. Fomentando redes de colaboración y respeto por los saberes ancestrales y la cultura campesina, buscando alternativas al modelo competitivo de la agroindustria y defendiendo un sistema de producción que priorice el bien común sobre las ganancias individuales y de las grandes transnacionales (Breilh 2017a; Guilcamaigua 2022). El extractivismo agroindustrial afecta negativamente la agricultura familiar y campesina. Este modelo basado en el monocultivo y en la producción a gran escala orientada a la exportación introduce una lógica extractiva que prioriza la maximización de beneficios, sacrificando la salud de los ecosistemas y desplazando a las pequeñas comunidades rurales. Además, la concentración de tierras y el uso intensivo de

agrotóxicos en estos sistemas afectan el suelo, el agua y la biodiversidad, incrementando la inequidad en el acceso a recursos, marginando a los pequeños productores y reduciendo la cohesión social en las comunidades rurales y dejando a las comunidades campesinas vulnerables y sin apoyo. Al romper las redes de solidaridad y cooperación, la agroindustria desestabiliza los sistemas alimentarios locales y erosiona las estructuras sociales y ambientales que sostienen la vida en las zonas rurales y el abastecimiento de productos sanos a la población (Breilh 2011b, 2015).

Para construir una agricultura solidaria que promueva la vida en el planeta, es fundamental adoptar principios de apoyo mutuo y justicia social en la producción de alimentos. Esto implica el fomento de prácticas agroecológicas y la creación de redes de comercio justo que permitan a los pequeños agricultores acceder a los mercados en condiciones equitativas, también reconocer y proteger los derechos laborales de los trabajadores agrícolas, promoviendo condiciones de trabajo dignas y equitativas. Además, se requiere implementar políticas públicas que protejan y fortalezcan a las comunidades campesinas, incentivando modelos de producción colaborativos que respeten los derechos humanos y la biodiversidad. El impulso de una gestión comunitaria de los recursos naturales, basada en la participación de todos los implicados y el respeto por la naturaleza, garantiza que los beneficios de la agricultura se distribuyan de manera equitativa y que las comunidades trabajen juntas en la búsqueda de objetivos comunes (Breilh 2013a; Guilcamaigua 2022; Piracón y Coelho 2022; Breilh 2023a).

Por tanto, promover una agricultura solidaria implica la creación de sistemas de producción alimentaria que fortalezcan las relaciones comunitarias, protejan la diversidad biológica y respeten los conocimientos locales que han pasado de generación en generación. El modelo de producción agroecológico ofrece una alternativa completa y equitativa frente a los efectos divisivos de la agroindustria, promoviendo un modelo de sociedad en el que la agricultura se orienta hacia el bienestar común, la restauración de los ecosistemas y el cuidado de la salud en las comunidades más vulnerables.

La Seguridad en la agricultura. Es fundamental para proteger la salud de los agricultores, los ecosistemas y los consumidores. Este enfoque implica prácticas y políticas que eviten la exposición a sustancias tóxicas, como agrotóxicos y otros insumos químicos, y que promuevan modelos sustentables y seguros, que minimicen o eliminen la generación de procesos destructivos sobre los ecosistemas y la salud humana, incluyendo la contaminación del agua, del suelo y la aparición de enfermedades derivadas

del uso de productos químicos en la agroindustria (Breilh 2015; Guilcamaigua 2022; Friedrich et al. 2022; Breilh 2023a).

La agroindustria ha tenido graves impactos en la seguridad de los ecosistemas y en la salud de los agricultores y las comunidades cercanas, la exposición continua a productos tóxicos está relacionada con enfermedades respiratorias, problemas de la piel, alteraciones hormonales y riesgos de cáncer. En países como Brasil, que lidera el consumo de agrotóxicos, se han documentado miles de casos de intoxicaciones y enfermedades crónicas derivadas del uso de estos productos químicos en la agricultura (Breilh 2011b).

Para lograr una agricultura segura y saludable que proteja la vida en el planeta, es esencial adoptar enfoques agroecológicos que limiten o eliminen el uso de agrotóxicos y favorezcan prácticas regenerativas. Las acciones necesarias incluyen la implementación de regulaciones estrictas sobre el uso de pesticidas y otras sustancias tóxicas, el fomento de la biodiversidad en los sistemas agrícolas, y el apoyo a la transición hacia modelos de cultivo orgánico y agroecológico que respeten la salud del suelo, el agua y el aire. Además, se recomienda la capacitación de los agricultores en prácticas seguras y la creación de políticas públicas que respalden modelos de producción sin el uso de productos químicos, promoviendo la bioseguridad y la salud colectiva así como el acceso a alimentos nutritivos y adecuados culturalmente, generando resiliencia frente a cambios climáticos y otras crisis ambientales (Breilh 2013a, 2017a).

1.6.1. La agroecología y otros modos de producción como alternativa a una agricultura tóxica, aplicación de las 4S de la vida

Como se ha mencionado anteriormente una de las alternativas viables al modelo extractivista agrícola es la agroecología, modelo que se sustenta en la aplicación de las “4s de la vida” representa una agricultura y un sistema alimentario que promuevan la vida, la justicia y la recuperación de los ecosistemas deteriorados por el modelo extractivista mediante la armonización de la producción agrícola con el cuidado del medio ambiente y la salud de las comunidades y los consumidores. La agroecología, como alternativa al modelo agroindustrial, es una práctica transformadora que prioriza la sustentabilidad, la justicia social y el respeto por la biodiversidad. Este enfoque busca enfrentar los impactos negativos de la agroindustria, como la degradación ambiental, la inequidad social y la dependencia de insumos externos (L. Pérez y Izurieta 2023).

La agroecología es un enfoque biocéntrico que busca restablecer el equilibrio entre sociedad y naturaleza, este modelo se articula en torno a las 4 “S” de la vida: Sustentabilidad, Soberanía, Solidaridad y Seguridad (Breilh 2023a). A diferencia del agronegocio, que prioriza la maximización de ganancias a través de monocultivos, uso intensivo de agroquímicos y explotación de recursos. Resalta la importancia de mantener sistemas agrícolas diversos, esenciales para la resiliencia ecológica y la seguridad alimentaria; Promueve la autonomía de las comunidades locales en la producción y consumo de alimentos, evitando la dependencia de mercados globales y corporativos; Fortalece los mercados campesinos y evita los impactos negativos de la globalización agroindustrial. La agroecología presenta beneficios: Ambientales, reduciendo la contaminación con agrotóxicos, cuidando la calidad del agua y los suelos, y mitigando los efectos del cambio climático; Sociales, fortalece a las comunidades campesinas, preserva conocimientos ancestrales, y promueve una equidad en el acceso a recursos como tierra y agua; Económicos, favorece economías solidarias y sustentables que priorizan la vida sobre el capital; Salud pública, evita la exposición a sustancias tóxicas y asegura una alimentación más saludable para las comunidades (Breilh 2017a, 2023a).

La agroecología estudia el funcionamiento de los agroecosistemas, integrando aspectos ecológicos, sociales, económicos y culturales. Se fundamenta en principios ecológicos que buscan optimizar las interacciones entre los diferentes componentes del sistema agrícola, como el suelo, las plantas, los animales y las personas. Considera la diversificación de cultivos como clave para aumentar la estabilidad y sostenibilidad de los agroecosistemas. Busca minimizar la degradación del suelo, el agua y otros recursos naturales. Aborda las relaciones ecológicas dentro de los campos agrícolas para garantizar la autorregulación de los sistemas. Se enfoca en el diseño y manejo de sistemas agrícolas diversificados y sostenibles, inspirados en los conocimientos ancestrales y adaptados a las condiciones locales. Estas prácticas incluyen policultivos, agroforestería y sistemas integrados que regeneran recursos naturales y aumentan la resiliencia climática (Altieri 1999; Rosset y Altieri 2018).

Estos beneficios se extienden a las comunidades agrícolas, la agroecología representa una herramienta de resistencia frente al despojo de tierras y recursos, permitiéndoles desarrollar una economía autosuficiente y equitativa. Para los consumidores, garantiza alimentos libres de agrotóxicos, contribuyendo a una dieta más saludable y a la reducción de enfermedades relacionadas con la exposición a agrotóxicos (Breilh 2017a). La agroecología basada en las 4S de la vida enfatiza el uso de prácticas

regenerativas y locales como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la gestión de plagas de manera natural, lo que reduce la necesidad de insumos externos y minimiza el impacto ambiental. Este enfoque también valora los conocimientos tradicionales y el papel de las comunidades campesinas en la gestión sostenible de los recursos naturales (Breilh 2011b, 2013a). La agroecología promueve la soberanía alimentaria al fortalecer la autonomía de los pequeños productores y reducir la dependencia de las corporaciones agrícolas y los mercados globales. Esto permite a las comunidades locales controlar sus sistemas alimentarios y acceder a alimentos frescos y saludables, contribuyendo a mejorar la salud pública y la resiliencia de los sistemas alimentarios frente a crisis ambientales y económicas (Breilh 2015, 2019a; Guilcamaigua 2022). La transición hacia un modelo agroecológico basado en las 4S de la vida no solo es necesaria para mitigar los impactos del modelo agroindustrial, sino que también es clave para construir un mundo más equitativo y sostenible. Este enfoque integra la protección de la naturaleza, el respeto por los derechos humanos y la soberanía alimentaria (Breilh 2017a, 2017b, 2019a; Guilcamaigua 2022).

La agroecología es una herramienta para desafiar el sistema agroindustrial dominante y promover la soberanía alimentaria, la justicia social y la equidad en el acceso a los recursos naturales. Es una respuesta a las desigualdades estructurales del sistema alimentario global y una forma de resistencia a los efectos del neoliberalismo en el campo. Busca el rediseño de los sistemas agrícolas mediante la integración de principios ecológicos y sociales. Este modelo promueve prácticas como la diversificación de cultivos, el reciclaje de nutrientes y el manejo integrado de plagas, lo que garantiza una producción más sostenible y resiliente. Por otro lado, fomenta la soberanía alimentaria reduciendo la dependencia de insumos externos y priorizar la producción local. El no uso de sustancias tóxicas y otros insumos disminuye en gran medida la generación de los procesos toxicogénicos del extractivismo agrícola, favoreciendo las condiciones sociales, económicas y políticas de las comunidades basadas en los principios de las 4S de la vida.

Otra alternativa al agroextractivismo es la producción orgánica basada en el conocimiento ancestral y las prácticas milenarias de los campesinos que han pasado de generación en generación con el objetivo de una transformación radical de los sistemas agroalimentarios hacia esquemas más sustentables, justos y saludables. La propuesta se basa en principios ecológicos, éticos y sociales que buscan reducir la dependencia de insumos externos y restaurar los ciclos naturales, promoviendo sistemas agrícolas resilientes y saludables para las personas y el planeta.

La agricultura orgánica protege la salud de los ecosistemas, los suelos, los animales y las personas, trabaja con sistemas y ciclos ecológicos vivos, busca relaciones justas y respetuosas en toda la cadena agroalimentaria y evita prácticas con efectos negativos inciertos o desconocidos, fundamentados en el principio de prevención. Pese a los beneficios que representa este sistema y su potencial transformador, su implementación ha presentado varios desafíos como: Acceso limitado a mercados diferenciados, escasa inversión pública en investigación y extensión, políticas agrícolas que favorecen al modelo agroindustrial y el señalamiento que la agricultura orgánica no es rentable, pero presenta indicadores clave de sostenibilidad: productividad, impacto ambiental, viabilidad económica y bienestar social (F. Torres y Trápaga 1997).

Pese a que los sistemas de agricultura orgánica producen rendimientos menores en comparación con la agricultura convencional. Sin embargo, son más rentables y respetuosos con el medio ambiente, y ofrecen alimentos más nutritivos y no contienen residuos de pesticidas, en comparación con la agricultura convencional. Además, la evidencia inicial indica que los sistemas de agricultura orgánica brindan mayores servicios ecosistémicos y beneficios sociales (Reganold y Wachter 2016).

El tema más controversial es la intervención de las grandes transnacionales que a nombre de esta producción han desarrollado muchos insumos que se los denomina orgánicos para que se apliquen a gran escala transformando este sistema en agroindustrial, incluso existen “certificaciones” orgánicas que los permiten.

Otro modelo alternativo es la permacultura, un modelo de diseño agrícola, ecológico y social basada en la imitación de patrones de la naturaleza. A diferencia de la agricultura convencional, busca crear sistemas permanentes y autosuficientes integrando suelo, agua, plantas, animales y comunidades humanas en armonía. Sus tres principios éticos fundamentales son: cuidado de la tierra, cuidado de las personas y reparto justo de los recursos. En la práctica, estos principios se traducen en diseñar granjas y asentamientos que regeneren el medio ambiente, satisfagan necesidades humanas y compartan los excedentes de forma equitativa (Holmgren 2011; Growing To Give 2025).

En el contexto ecuatoriano, la permacultura adquiere relevancia por la enorme diversidad ecológica del país (Costa, Sierra y Amazonía) y la rica tradición agrícola ancestral. Un diseño permacultural se adapta a cada ecosistema o biorregión local sin impactar negativamente la flora y fauna, optimizando recursos según el clima y geografía (YAKUNINA 2025). Esto implica, por ejemplo, aprovechar las lluvias andinas con terrazas y acequias, conservar la cobertura vegetal en la Amazonía para proteger el suelo, o usar cercas vivas y policultivos en la Costa. La permacultura promueve múltiples funciones por elemento (un árbol brinda frutos, sombra, forraje, madera) y enfatiza las interconexiones: todos los componentes (cultivos, animales, personas) se apoyan mutuamente en un ciclo sostenible. Gracias a esto, los sistemas permaculturales tienden a ser

resilientes, biodiversos y productivos, capaces de regenerar la fertilidad del suelo y manejar plagas de forma natural (Growing To Give 2025).

Ecuador cuenta con diversas iniciativas de permacultura en sus tres regiones geográficas, donde comunidades, organizaciones y familias implementan proyectos productivos sostenibles. En la región andina, varias fincas y redes comunitarias han adoptado la permacultura para restaurar suelos degradados y fomentar la soberanía alimentaria. Un caso notable es la Reserva Mashpi Shungo en el Chocó Andino (noroccidente de Pichincha). La Red de Guardianes de Semillas capacita comunidades en permacultura y agroecología, y proyectos como Yakunina (finca permacultural en Mashpi – Pacto, Pichincha) ofrecen cursos de diseño permacultural adaptados a las condiciones locales (Á. Sanchez 2024). En Parque Bambú (Imbabura), una familia ha practicado permacultura desde 1995, reforestando laderas antes áridas y recuperando suelos con compost y cultivos de cobertura, como resultado, donde antes había colinas peladas ahora hay un bosque exuberante lleno de vida, demostrando el poder de la permacultura para restaurar paisajes degradados en los Andes (Parque Bambú 2025).

En la zona costera, la permacultura ha echado raíces en fincas ecológicas que sirven de modelos de agricultura sostenible. Un ejemplo emblemático es la Finca Orgánica Río Muchacho en la provincia de Manabí, cerca de Canoa. Hace 30 años, este lugar era prácticamente un desierto debido a la deforestación y la mala gestión del suelo. Sus fundadores, Darío Proaño (ecuatoriano) y Nicola Mears (neozelandesa), emprendieron un enorme esfuerzo de regeneración: reforestaron 9 hectáreas, introdujeron prácticas orgánicas y crearon un bosque comestible donde conviven cultivos, animales y vida silvestre, la finca es miembro de la Asociación de Agricultores Orgánicos del Ecuador (PROBIO) y centro de semillas de la Red de Guardianes de Semillas (Telégrafo 2018). Otras iniciativas costeras incluyen la Granja Integral Pambiliño (Santo Domingo) y fincas permaculturales en Esmeraldas y Santa Elena, donde se combinan producción orgánica, reforestación y ecoturismo comunitario. Estas experiencias en la Costa demuestran que la permacultura puede revertir la deforestación y la pérdida de suelos que históricamente han afectado a los bosques tropicales bajos, al tiempo que generan nuevas oportunidades de educación, turismo rural y sustento local.

En la región amazónica, la permacultura se entrelaza con prácticas ancestrales indígenas, especialmente el sistema de chakra amazónica de los pueblos kichwa. La chakra es un policultivo tradicional donde las familias siembran una mezcla de árboles frutales (como cacao, chonta), tubérculos (yuca, camote), granos, plantas medicinales y de uso diario dentro del bosque. Este modelo milenario ha sido reconocido por su sostenibilidad: la FAO declaró a la chakra amazónica de Napo como un Sitio de Patrimonio Agrícola Mundial Importante, dada su alta biodiversidad y contribución a medios de vida locales (FAO 2024b). En la provincia de Napo, organizaciones como la Corporación Chakrapamba o la asociación Tsatsayaku reúnen a más de 2.400 familias, mayoritariamente lideradas por mujeres, dedicadas a conservar y manejar chakras para

producción de cacao orgánico y otros productos selváticos. Estudios recientes destacan que el Grupo Chakra en Archidona (Napo) ha logrado mejores ingresos para las familias de forma limpia y responsable con el ambiente, aprovechando la sabiduría del pueblo kichwa amazónico en el manejo de sistemas agroforestales (Echezuría 2023). Además de las chakras tradicionales, en la Amazonía han surgido centros demostrativos de permacultura impulsados por mestizos y comunidades. Una iniciativa notable es la Ruta Amazónica de la Esperanza, apoyada por la ONG Clínica Ambiental, que impulsa la recuperación de suelos degradados con prácticas de permacultura en comunidades afectadas por la actividad petrolera y minera. Estas acciones en la Amazonía son un claro ejemplo de cómo la permacultura y el conocimiento ancestral se complementan para ofrecer un modelo alternativo al extractivismo, manteniendo la selva en pie y mejorando la calidad de vida local.

Capítulo segundo

Análisis crítico de la evaluación de impacto ambiental a escala global y nacional

No es suficiente entender cómo las sustancias químicas empleadas en la industria provocan daños en la salud humana y los ecosistemas, ni la relevancia de las interacciones entre la sociedad y la naturaleza. Es esencial también analizar cómo se han evaluado y regulado estos procesos, y examinar los resultados alcanzados a partir de la implementación de dichas regulaciones. La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento de gestión que pretende que las políticas ambientales se cumplan y controlen, evaluando las actividades productivas con potencial de contaminación, para identificar los posibles impactos con la finalidad de corregir y evitar los procesos destructivos sobre la salud humana y los ecosistemas que se generaran. Su aplicación no ha solucionado los problemas ambientales a nivel mundial, regional, nacional y local, pese a que desde los años 70 se han aplicado normativas relacionadas a la EIA en la mayoría de los países en el mundo con diferentes visiones políticas, económicas y sociales.

Pero la aplicación de este modelo por más de 50 años no ha logrado impedir el deterioro del ambiente y la generación de procesos toxicogenicos sobre la salud que ha llegado a niveles preocupantes amenazando incluso la vida en el planeta. Desde la Epidemiología Crítica y el Movimiento Latinoamericano de Salud Colectiva se han realizado propuestas alternativas a este modelo, una de estas son las 4S de la vida, que propone una forma diferente de realizar las actividades humanas fomentando la sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad para los trabajadores y todos los involucrados en las actividades productivas, en el capítulo 3 se presenta una propuesta de modelo basado en estos principios.

En este capítulo se realiza un recorrido histórico por la legislación ambiental y la Evaluación de Impacto Ambiental a nivel global, revisando las diferentes corrientes políticas que han incidido en su promulgación y aplicación de esta normativa, desde la visión del formalismo clásico y los aportes del Movimiento Latinoamericano de Salud Colectiva en defensa de la vida alineados con la teoría social crítica en oposición al sistema dominante de acumulación capitalista, señalado como depredador y destructor de

la vida. Además, se analiza la incidencia de estas políticas en la promulgación de la normativa ecuatoriana.

Asimismo, se busca comprender los procesos que, a pesar de los 54 años de vigencia de las normativas relacionadas con la evaluación de los impactos ambientales, han permitido que el deterioro ambiental y los impactos en la salud humana continúen incrementándose de manera alarmante en todos los ámbitos a nivel global, poniendo en riesgo la vida en el planeta tal como la conocemos.

Finalmente, se realiza una revisión de los principales modelos de evaluación de impactos aplicados en la EIA, sus aportes y limitaciones, para cerrar con el tema de los referentes toxicológicos adoptados por la legislación ambiental, centrado en los límites máximos permitidos (LMP) y los límites máximos residuales (LMR).

1. Recorrido histórico crítico de las políticas y bases éticas de la regulación ambiental a escala global y su incidencia a escala nacional

La humanidad enfrenta una profunda crisis ambiental debido a actividades productivas y económicas orientadas al consumo y la acumulación de capital, lo que ha generado una ruptura en la relación sociedad-naturaleza. Las catástrofes ambientales han evidenciado la necesidad de acuerdos globales para implementar medidas de control, mitigación y restauración frente a actividades extractivas que subordinan la naturaleza al capital. Desde la década de 1970, surgieron normativas ambientales destinadas a proteger a las comunidades y el ambiente de impactos contaminantes.

Se realiza una revisión histórica y crítica de la evolución de políticas ambientales, cumbres y tratados, destacando su relación con las dinámicas de poder entre países desarrollados y en desarrollo, así como con intereses económicos y políticos globales. Se enfatiza la urgencia de un cambio hacia modelos sociales, económicos y políticos que prioricen el cuidado integral de la vida y promuevan una relación armónica entre la sociedad y la naturaleza, superando las prácticas depredadoras del sistema dominante que afectan ecosistemas y la salud humana (R. Guzmán 2013).

1.1. La política ambiental en la historia

La política ambiental comienza a ganar protagonismo en la década de 1960 como respuesta a las crecientes denuncias sobre los problemas ambientales que empezaban a manifestarse con mayor claridad a nivel global. La legislación ambiental es uno de los pilares de la política ambiental y se erige como un esfuerzo regulatorio muy importante

para adecuar las conductas de los agentes económicos a los objetivos sociales de calidad ambiental. Este periodo marcó un punto de inflexión en la percepción de la relación entre la actividad humana, especialmente las prácticas productivas, y el medio ambiente, impulsando la necesidad de establecer normativas y medidas para proteger los ecosistemas y la salud humana.

Uno de los hitos fundamentales en esta etapa fue la publicación del libro “Silent Spring” (Primavera Silenciosa) de Rachel Carson en 1962. Esta obra pionera denunció el impacto devastador de los agrotóxicos, como el DDT, utilizados de manera indiscriminada en la agricultura. Carson (1962) presentó pruebas científicas de cómo estas sustancias no solo contaminaban el suelo y los cuerpos de agua, sino que también se acumulaban en la cadena alimenticia, afectando a la fauna, la flora y, en última instancia, a la salud humana. Su enfoque combinaba un rigor científico con un lenguaje accesible y conmovedor, lo que permitió que su mensaje alcanzara tanto a la comunidad científica como al público en general.

Durante las décadas de 1970 y 1980, varios desastres ambientales de gran magnitud acentuaron la crisis ambiental global y destacaron la urgente necesidad de adoptar medidas para proteger el medio ambiente. Entre los más significativos se encuentran el derrame petrolero del Amoco Cádiz en las costas de Gran Bretaña en 1978, que liberó más de 200,000 toneladas de crudo al mar, afectando severamente la biodiversidad marina y las comunidades costeras. Poco después, en 1979, el desastre del pozo petrolero Ixtoc I en el Golfo de México derramó más de tres millones de barriles de petróleo en las aguas, convirtiéndose en uno de los peores desastres petroleros de la historia. Estos eventos, junto con el desastre nuclear de Chernóbil en 1986, en Ucrania, marcaron un antes y un después en la percepción global de las consecuencias de las actividades humanas descontroladas. La explosión del reactor nuclear en Chernóbil liberó una cantidad masiva de radiación, afectando a millones de personas y causando daños ecológicos que aún perduran (Abdul-Sattar 2007).

Estos eventos ponen de manifiesto los riesgos y procesos destructivos asociados al empleo de las “tecnologías modernas” algunas de ellas peligrosas sin las medidas de seguridad adecuadas, así como la magnitud de los impactos que puede ocasionar accidentes de este tipo. Incidentes como los mencionados impulsan una mayor conciencia global sobre la importancia de la protección ambiental y la necesidad de preservar la vida en el planeta. En respuesta a esta problemática, se impulsaron importantes esfuerzos

regulatorios dirigidos a alinear las acciones de los agentes económicos con los objetivos sociales de calidad ambiental.

Durante la década de 1970, se llevaron a cabo las primeras reuniones, conferencias y encuentros centrados en el medio ambiente, reconociendo la necesidad urgente de incorporar el cuidado del entorno como un elemento fundamental para garantizar un desarrollo sostenible. En este contexto, las políticas ambientales comenzaron a proponer la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como una herramienta clave para proteger el medio ambiente y fortalecer la toma de decisiones relacionadas con políticas, planes, programas y proyectos de inversión que pudieran tener impactos significativos en la salud humana y en los ecosistemas. En 1972, como parte de este movimiento, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) convocó en Estocolmo la primera Conferencia sobre el Medio Humano, que marcó un hito en la agenda ambiental internacional. En esta cumbre, se adoptaron principios orientados a la mejora y conservación del entorno humano y se estableció un plan de acción con recomendaciones concretas para abordar los problemas medioambientales. Este evento consolidó la importancia de integrar la dimensión ambiental en los procesos de desarrollo, sentando las bases para la creación de políticas más integrales y de instrumentos como la EIA para garantizar un enfoque más sustentable (Maza 2007).

En 1980, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Unión Europea (UE) comenzaron a tomar un rol activo en la gestión ambiental. Sin embargo, fue en la década de 1990 cuando la ONU dio un impulso significativo al tema mediante el “Principio 17 de la Declaración de Río”, el cual establecía que cada país debía incorporar en su normativa la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), bajo la supervisión de una autoridad nacional competente. Posteriormente, organismos internacionales de crédito, como la Corporación Andina de Fomento (CAF), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM), se sumaron a la promoción de la EIA, contribuyendo a su difusión y adopción a nivel global (Glasson 1998). Un paso interesante pero aun circunscrito al ámbito de la evaluación desde los organismos de la estructura de poder.

Estos acontecimientos históricos han sido fundamentales para impulsar el desarrollo de las políticas ambientales, marcando hitos que han contribuido a la consolidación de herramientas como la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). A medida que las problemáticas ambientales se hicieron más evidentes y las respuestas regulatorias se intensificaron, los conceptos y definiciones de la EIA también

evolucionaron, enriquecidos por las experiencias acumuladas y las perspectivas académicas y técnicas de distintos autores y organizaciones (Aldana 2012)

Entre los aportes más destacados, la International Association for Impact Assessment (IAIA), en 1999, estableció una definición amplia y estructurada de la EIA, destacando su papel como un proceso sistemático que evalúa las consecuencias ambientales de proyectos, planes y políticas antes de su implementación. Este enfoque puso énfasis en la previsión y en la toma de decisiones informadas, orientadas a la sostenibilidad (IAIA 2024). Domingo Gómez-Orea aportó una visión integral de la EIA, que no solo se basa en identificar y prevenir impactos negativos, sino también promover alternativas que optimicen los beneficios ambientales y sociales. Su enfoque subrayó la importancia de una participación efectiva de las comunidades y la integración de la EIA en todas las fases del proyecto (Gomez 1999).

Más adelante, J. Glasson, R. Therivel y A. Chadwick hicieron contribuciones significativas al destacar la necesidad de aplicar enfoques multidisciplinarios y metodologías rigurosas en la evaluación. Resaltaron que la EIA no debe limitarse a un análisis técnico, sino que debe considerar factores sociales, económicos y culturales en un marco holístico (Glasson, Therivel, y Chadwick 2005). Posteriormente, Vicente Conesa Fernández-Vítora amplió el horizonte de la EIA al proponer un modelo práctico y operativo para su implementación. Su enfoque enfatizó la necesidad de mejorar la eficacia del proceso mediante herramientas claras y metodologías aplicables, fomentando una mayor interacción entre los distintos actores involucrados (Conesa 2010). También desde la Epidemiología crítica y la Salud Colectiva se han realizado propuestas para mejorar la eficacia de las EIA, basadas en las 4S de la vida (Breilh 2023a).

La evolución de la EIA, guiada por estas contribuciones y otras, ha permitido que la herramienta se adapte a los desafíos contemporáneos, fortaleciendo su capacidad para abordar los impactos de actividades humanas en un mundo cada vez más interconectado. Estas perspectivas han sido esenciales para consolidar la EIA como un instrumento clave en la protección ambiental y en la búsqueda de un desarrollo sostenible (Aldana 2012).

Para la International Institute for Sustainable Development, la EIA se describe como “una evaluación del impacto de las actividades planificadas en el medio ambiente, incluyendo los impactos en la biodiversidad, vegetación y ecología, agua y aire. Se puede considerar a una EIA como un proceso de identificación, predicción y evaluación de los posibles impactos ambientales, socioeconómicos, culturales y de otra índole de un proyecto o desarrollo propuesto para definir acciones de mitigación, no solo para reducir

los impactos negativos, sino también aportar contribuciones positivas al medio ambiente natural y bienestar” (IISD 2022, 1).

Siguiendo este contexto, los países desarrollados fueron pioneros en la implementación de las prácticas de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), motivados por la necesidad de gestionar los impactos negativos de sus actividades económicas intensivas y su industrialización acelerada. En estas naciones, la EIA surgió como una respuesta a la creciente presión social y a las demandas de ciudadanos preocupados por el deterioro ambiental, lo que llevó a la creación de marcos regulatorios más estrictos y herramientas de evaluación robustas. La adopción inicial de la EIA en países desarrollados permitió acumular experiencia y conocimiento técnico, que se convirtió en un referente para el resto del mundo. Estas prácticas se vieron reforzadas por el avance de la ciencia y la tecnología, que ofrecieron nuevas metodologías para la identificación, prevención y mitigación de impactos ambientales (Abdul-Sattar 2007).

Con el tiempo, y gracias a la participación activa de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Corporación Andina de Fomento (CAF), las prácticas de EIA comenzaron a expandirse hacia los países en desarrollo. Estas organizaciones no solo promovieron la incorporación de la EIA como requisito en proyectos financiados por ellas, sino que también proporcionaron recursos técnicos, financieros y educativos para que los países en desarrollo pudieran implementar estas evaluaciones (Abdul-Sattar 2007). Por ejemplo, Estados Unidos incluyó en su legislación la obligatoriedad de realizar la EIA, mediante la Ley de Política Ambiental Nacional de 1969 (The National Environmental Policy Act, NEPA), sección 101 y 102, aprobada el 31 de diciembre de 1969 y puesta en vigencia el 01 de enero de 1970 que se aplica a programas federales importantes y actividades que potencialmente afecten la calidad del medio ambiente humano y de los ecosistemas. Adicionalmente, los organismos internacionales CAF, BID y BM, la incluyen en sus programas de cooperación económica, favoreciendo la divulgación de la EIA a nivel mundial (Oliveira 2013).

De manera simultánea, en 1970 se estableció el Council on Environmental Quality (CEQ), un organismo adscrito a la presidencia de los Estados Unidos con un papel central en la supervisión e implementación de la National Environmental Policy Act (NEPA). Su objetivo principal era garantizar que las políticas ambientales nacionales se aplicaran de manera efectiva. Entre sus funciones destacaban asesorar al presidente en materia de política ambiental, supervisar la implementación de regulaciones relacionadas con la

política oceánica federal, promover la sostenibilidad en las operaciones gubernamentales, garantizar revisiones ambientales oportunas, y aprobar permisos para proyectos de infraestructura, entre otros. El CEQ se convirtió en una institución clave para integrar la sostenibilidad ambiental en el proceso de toma de decisiones a nivel federal, estableciendo un marco de gobernanza que buscaba armonizar el desarrollo con la protección del entorno (Zavala 2012).

No obstante, este enfoque sufrió un importante retroceso durante la administración del presidente Ronald Reagan (1981-1988), quien implementó una política de “dejar hacer”, basada en principios neoliberales que priorizaban la desregulación y la minimización del papel del gobierno en la supervisión económica y ambiental. Esta filosofía permitió a las empresas del sector energético y otros sectores estratégicos una mayor autonomía para operar, bajo el supuesto de que el libre mercado se autorregularía de manera efectiva. Durante este período, se redujo significativamente el financiamiento y la autoridad de instituciones como el CEQ, debilitando su capacidad para ejercer un control riguroso sobre las actividades con impactos ambientales significativos. Esta política, que buscaba fomentar el crecimiento económico a través de la liberalización del mercado, resultó en una relajación de las normas ambientales y un mayor control del sector energético por parte de las corporaciones privadas. Aunque esta estrategia fue defendida como un incentivo para la innovación y la inversión, también generó críticas debido a su impacto negativo en la protección ambiental, al priorizar los intereses corporativos sobre el bienestar ambiental y social (Zavala 2012).

El enfoque de desregulación iniciado por Reagan tuvo continuidad en la administración de Bill Clinton (1993-2001), aunque con matices. Si bien se promovieron algunas políticas ambientales más progresistas, la influencia del mercado y de las grandes corporaciones siguió siendo predominante, limitando las posibilidades de avanzar hacia un marco de sostenibilidad más integral. En este contexto, el CEQ continuó operando, pero con capacidades limitadas, enfrentándose al desafío de equilibrar las demandas económicas y la necesidad de proteger el medio ambiente en un entorno político y económico dominado por la lógica del mercado (Zavala 2012).

También en 1970, se fundó la Environmental Protection Agency (EPA), marcando un momento clave en la historia de la política ambiental en Estados Unidos. La EPA fue concebida como una agencia regulatoria independiente con la misión de proteger la salud humana y el medio ambiente mediante la promulgación y aplicación de normativas basadas en principios científicos. Su creación respondió a la creciente preocupación

pública por la contaminación y la degradación ambiental, intensificada por desastres ecológicos y por el impacto del libro *Silent Spring* de Rachel Carson, que destacó los peligros del uso indiscriminado de pesticidas (De la Maza 2007). Desde su creación, la EPA ha jugado un papel central en la mejora de la calidad ambiental en los Estados Unidos. Bajo su supervisión, se han implementado políticas y normativas que han llevado a mejoras significativas, como la reducción de los niveles de contaminación del aire, la limpieza de sitios contaminados y el establecimiento de estándares estrictos para la calidad del agua potable. La agencia también ha liderado investigaciones innovadoras sobre cambio climático, biodiversidad y toxicología ambiental. También tiene como función el establecer los límites máximos permisibles (LMP) de contaminantes en diferentes matrices para los EE. UU. mismas que son adaptados generalmente en la legislación de otros países a nivel global y de la región (US EPA 2024). A pesar de sus logros, la EPA ha enfrentado críticas y desafíos a lo largo de su historia. Los cambios en las administraciones federales han influido en su financiamiento y en el alcance de sus competencias. Además, ha enfrentado presiones de grupos industriales y conflictos legales relacionados con la implementación de regulaciones más estrictas. Sin embargo, la EPA sigue siendo una institución clave para garantizar la protección ambiental, sirviendo como un modelo para la creación de agencias similares en otros países (Schaefer 2019).

Durante este periodo, el reconocimiento de la creciente problemática ambiental impulsó a las organizaciones internacionales a organizar reuniones y cumbres destinadas a abordar el tema. Uno de los hitos más destacados fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (CNUMAH), realizada en Estocolmo en 1972, la primera de su tipo a nivel global. Esta conferencia marcó el inicio de un movimiento internacional hacia la inclusión de consideraciones ambientales en las políticas públicas, adoptando principios fundamentales para la mejora y conservación del medio ambiente (United Nations 1973). Como resultado directo de la CNUMAH, al año siguiente, en 1973, se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con la misión de coordinar los esfuerzos internacionales en materia de protección ambiental, promover la sostenibilidad y facilitar el desarrollo de políticas y estrategias ambientales globales (UNEP 2024).

En 1974, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) introdujo el principio de “Quien contamina paga”, estableciendo la idea de que los responsables de la contaminación deben asumir los costos de las medidas necesarias

para prevenir, controlar y mitigar los daños ambientales. Este principio se convirtió en una referencia clave para el diseño de políticas ambientales en todo el mundo (OECD 2008). Todos estos eventos promueven en el avance de la EIA a nivel mundial, introduciendo la dimensión ambiental en sus políticas públicas en lugares donde se carecía de control medioambiental.

Estados Unidos (1970) fue el primer país en establecer la obligatoriedad de la EIA con la promulgación de la National Environmental Policy Act (NEPA), que sentó las bases para evaluar y mitigar los impactos de proyectos con potencial contaminante (OP US EPA 2013). Canadá (1973) adoptó un enfoque similar al estadounidense, desarrollando un marco regulatorio que integraba la EIA como herramienta esencial para prevenir impactos ambientales significativos, especialmente en proyectos extractivos y de infraestructura (IAAC 2020). Colombia y Australia (1974), en Colombia, la EIA comenzó a integrarse en las políticas ambientales emergentes para abordar problemas relacionados con la deforestación y la contaminación hídrica. En Australia, el enfoque se centró en la protección de ecosistemas únicos, como la Gran Barrera de Coral (Paliament of Australia 2015; Osorio 2017). Alemania y Tailandia (1975): Alemania incorporó la EIA en su sistema legal como parte de su compromiso con la protección ambiental, mientras que Tailandia priorizó su aplicación en proyectos que afectaban zonas agrícolas y recursos hídricos clave (Michaelis 1992).

Francia y Venezuela (1976): Francia incluyó la EIA en sus procesos de planificación urbana e industrial, alineándose con los principios de desarrollo sostenible en Europa. Venezuela, por su parte, la implementó como una respuesta a los crecientes problemas ambientales relacionados con la actividad petrolera. Brasil, Gabón, Tailandia y Corea del Sur (1977): Brasil adoptó la EIA como parte de su estrategia para frenar la deforestación en la Amazonía y regular las actividades mineras. Gabón y Tailandia lo hicieron para enfrentar desafíos relacionados con la explotación de recursos naturales, y Corea del Sur para gestionar los impactos de su rápida industrialización. Filipinas y Papua Nueva Guinea (1978): Ambos países reconocieron la importancia de la EIA para proteger sus ecosistemas marinos y terrestres, destacando el papel de esta herramienta en la conservación de la biodiversidad (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022, 1; Palacios 2024).

Hasta 1979, como resultado de las crecientes actividades orientadas a la protección del medio ambiente, 14 países ya habían incorporado la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en sus marcos legislativos, reflejando un compromiso global con la

gestión ambiental. Estos países, pioneros en la implementación de este instrumento, desarrollaron normas, leyes, reglamentos e instituciones destinadas a promover el control de la contaminación ambiental y a garantizar la sostenibilidad de los proyectos de desarrollo.

En la década de 1980, la protección ambiental cobró un impulso significativo gracias a diversos eventos e iniciativas que promovieron la adopción y consolidación de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como una herramienta clave para la gestión ambiental. Estos esfuerzos reflejaron un creciente consenso global sobre la necesidad de integrar consideraciones ambientales en la planificación y ejecución de proyectos de desarrollo. Entre los principales eventos tenemos: Carta Mundial de la Naturaleza (1982): la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó este documento, que sentó principios fundamentales para la conservación de la naturaleza y la utilización sostenible de los recursos naturales. La Carta subrayó la necesidad de evitar daños irreparables al medio ambiente y promover prácticas responsables, reforzando la relevancia de instrumentos como la EIA para garantizar estos objetivos (United Nations 1982).

La incorporación de la EIA en las políticas del Banco Mundial (1984): el Banco Mundial reconoció la importancia de la EIA como un requisito para la aprobación de proyectos de desarrollo financiados por la institución. Este enfoque buscaba garantizar que las inversiones internacionales fueran sostenibles y no generaran impactos ambientales negativos irreversibles, marcando un precedente para otras entidades financieras multilaterales (Castaneda 1992). Directiva 337/85/CEE de la Comunidad Europea (1985): Esta directiva estableció un marco legal obligatorio para la realización de evaluaciones de impacto ambiental en proyectos de desarrollo dentro de los países miembros de la Comunidad Europea. La normativa fijó estándares y procedimientos claros, consolidando la EIA como un componente esencial de la planificación y la política ambiental europea (European Union 1985).

En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) formalizó el concepto de desarrollo sostenible en el emblemático informe *Nuestro Futuro Común* (también conocido como Informe Brundtland). Este documento destacó la importancia de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras, lo que fortaleció el papel de la EIA en la promoción de proyectos que equilibraran el desarrollo económico con la protección ambiental (WECD 1987). Acta Única Europea y el principio “Quien contamina paga” (1987): este documento integró el principio “Quien contamina paga” como un pilar fundamental de las políticas

ambientales europeas. Este principio estableció que los responsables de los daños ambientales debían asumir los costos de su prevención y reparación, incentivando prácticas empresariales más sostenibles y aumentando la relevancia de la EIA como un instrumento de control y mitigación de impactos (OECD 2008; European Union 2024).

En el mismo año, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) adoptó un conjunto de Objetivos y Principios para la Evaluación del Impacto Ambiental, proporcionando una guía internacional para su aplicación. Este documento buscó armonizar las prácticas de evaluación ambiental en diferentes países, facilitando su adopción en contextos diversos (UNEP 1987). Directiva EIA Operacional del Banco Mundial (1989): el Banco Mundial formalizó su compromiso con la sostenibilidad mediante la adopción de la Directiva EIA Operacional (OD), que estableció procedimientos específicos para la integración de la EIA en todos los proyectos financiados por la institución. Esta directiva consolidó la EIA como un requisito central para las actividades de desarrollo apoyadas por el Banco (Haeuber 1992).

Estos eventos e iniciativas sentaron las bases para una mayor adopción de la EIA a nivel mundial, destacando su importancia en la promoción de un desarrollo sostenible. Durante esta década, la EIA evolucionó desde ser una práctica técnica hacia convertirse en un instrumento político y estratégico, integrándose en los marcos regulatorios y operativos de gobiernos, organismos internacionales y entidades financieras. Además, la formalización de conceptos clave como el desarrollo sostenible y el principio “Quien contamina paga” fortaleció la necesidad de que los proyectos de desarrollo fueran evaluados no solo por sus beneficios económicos, sino también por su capacidad para respetar los límites ambientales y promover la equidad intergeneracional.

Para 1989, el número de países que habían incorporado la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en su legislación aumentó significativamente, alcanzando un total de 46 naciones, entre las cuales se incluyeron: Croacia, México y Polonia (1980); Cuba, Fiji y Grecia (1981); Costa Rica, Israel y Omán (1982); Argelia, Pakistan y Turquía (1983); Belgica, Malsia, Reino Unido (Gran Bretaña), Irlanda del Norte, Suecia y Suiza (1985); Congo, España, Guatemala, India e Indonesia (1986); Guinea y Países Bajos (1987); Italia, Sri Lanka y Togo (1988); Australia, China, Dinamarca y Groenlandia (1989) (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022; IISD 2022).

Este incremento refleja un avance notable en el reconocimiento global de la EIA como una herramienta esencial para prevenir y mitigar los impactos negativos de los proyectos de desarrollo sobre el medio ambiente y la salud humana. Durante esta década,

el fortalecimiento de las políticas ambientales a nivel global estuvo influenciado por la creciente preocupación internacional frente a problemas como la contaminación, la pérdida de biodiversidad y los efectos de desastres ambientales de gran magnitud, como el accidente nuclear de Chernóbil (1986). Estos acontecimientos motivaron a más países a adoptar la EIA como un mecanismo para garantizar una gestión ambiental más responsable y sostenible (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022; IISD 2022; Palacios 2024).

Para 1999 más de noventa países incluyen en su normativa ambiental la EIA: Zambia, Kuwait, Madagascar, Noruega, Perú y Portugal (1990); Armenia, Bulgaria, Chipre, Federación de Rusia, Kirguistán, Letonia, Malí, Nueva Zelandia, Panamá, República Democrática Popular Lao, Serbia, Turkmenistán, Túnez y Ucrania (1991); Azerbaiyán, Belarús, Belice, Bolivia, Eslovaquia, Estonia, Lituania, Nigeria, República Checa, Swazilandia, Uzbekistán (1992); Albania, Bhután, Bosnia y Herzegovina, Gabón, Emiratos Árabes Unidos, Eslovenia, Honduras, República de Moldova y Tayikistán (1993); Austria, Chile, Egipto, Finlandia, Ghana, Irán, Islandia, Luxemburgo, Marruecos, Namibia, Nicaragua, Paraguay, Taiwan, Viet Nam y Uruguay (1984); Hungría, Jordania, Rumania, Tailandia, Uganda y Yemen (1985); Argentina, Camboya, Camerún, Costa de Marfil, Eritrea, Georgia, Guyana, Malawi, Montenegro y Nepal (1996); Bangladesh, Burkina Faso, Iraq, Jamaica, Kazajistán, Mongolia, Mozambique, Níger, República de Corea y Sudáfrica (1997); Angola, Chad y El Salvador (1998); Ecuador, Irlanda, Japón, Kenya y Territorios Palestinos (1999), en este periodo 7 países sudamericanos se adhieren a la aplicación de la EIA incluido Ecuador, alcanzando 137 naciones (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022; IISD 2022).

Durante el período de 1990 a 1999, se llevaron a cabo varios eventos internacionales que fortalecieron los marcos normativos y conceptuales de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), consolidándola como una herramienta clave para la gestión ambiental y el desarrollo sostenible. Estos acontecimientos también subrayaron la creciente interdependencia entre las naciones en la lucha contra problemas ambientales globales como la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la contaminación transfronteriza, destacándose: Convenio sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo, Finlandia (1991), Este convenio, también conocido como el Convenio de Espoo, fue uno de los primeros acuerdos internacionales en establecer un marco legal para la evaluación ambiental transfronteriza. Firmado bajo los auspicios de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), el convenio obliga

a los Estados firmantes a notificar y consultar a otros países cuando un proyecto pueda tener impactos ambientales significativos más allá de sus fronteras. Este instrumento marcó un precedente para abordar problemas ambientales desde una perspectiva regional e internacional, fomentando la cooperación y la transparencia entre países (United Nations 2024a).

Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, Río de Janeiro (1992): La Conferencia de Río, conocida también como la Cumbre de la Tierra, representó un punto de inflexión en la agenda ambiental global. Su declaración reafirmó los principios del desarrollo sostenible y la necesidad de integrar la EIA en la planificación de políticas, programas y proyectos de desarrollo (United Nations 1992). Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB): Adoptado durante esta conferencia, este convenio destacó la importancia de proteger la biodiversidad y los recursos genéticos, subrayando que las actividades humanas deben evaluarse cuidadosamente para minimizar su impacto en los ecosistemas. La EIA fue reconocida como una herramienta esencial para cumplir con estos objetivos (United Nations 2024). Agenda 21: Este plan de acción global, también adoptado en Río, incluyó directrices específicas sobre el uso de la EIA para promover un desarrollo sostenible en sectores clave como la agricultura, la industria y la infraestructura (United Nations 1992).

Período Extraordinario de Sesiones de la Asamblea General sobre el Medio Ambiente (1997). Conocida como Río+5, esta sesión especial de la Asamblea General de la ONU tuvo como objetivo evaluar los avances logrados desde la Cumbre de la Tierra de 1992. Durante el evento, se destacó la necesidad de fortalecer los mecanismos de implementación de la EIA, particularmente en los países en desarrollo, donde las capacidades institucionales y técnicas seguían siendo limitadas. También se hizo un llamado para mejorar la participación de las comunidades locales en los procesos de evaluación y planificación ambiental (United Nations 1997). El Protocolo de Kioto fue un acuerdo histórico en la lucha contra el cambio climático, adoptado en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Este protocolo estableció compromisos vinculantes para los países desarrollados de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, reconociendo el impacto significativo de estas en el calentamiento global. Aunque el protocolo no abordó directamente la EIA, su implementación reforzó la importancia de utilizarla como herramienta para evaluar y mitigar los impactos climáticos de proyectos e industrias específicas. Kioto también

incentivó el desarrollo de tecnologías limpias y prácticas sostenibles que requerían evaluaciones ambientales más rigurosas (United Nations 1998). Durante esta década, los acuerdos y eventos mencionados consolidaron la EIA como una práctica indispensable para abordar los desafíos ambientales desde una perspectiva global y local.

Este avance fue impulsado por la integración de la EIA en acuerdos internacionales, así como por el apoyo técnico y financiero de organizaciones multilaterales como el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que promovieron su implementación en países en desarrollo como parte de sus requisitos para el financiamiento de proyectos (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022; IISD 2022; Palacios 2024).

Durante el periodo de 2000 a 2009, la protección ambiental y la gestión sostenible adquirieron mayor relevancia a nivel global, marcados por eventos clave que fortalecieron los marcos regulatorios y destacaron la importancia de integrar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) con objetivos sociales, económicos y climáticos. Este periodo fue testigo de avances significativos en el reconocimiento de la EIA como un instrumento esencial para alcanzar el desarrollo sostenible y abordar problemas globales como el cambio climático, la pobreza y la degradación ambiental.

Entre los diferentes eventos se puede destacar el “Primer Foro Global Ministerial de Medio Ambiente” de Malmo, la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas que plantea los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000); Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible; y la entrada en vigor del Protocolo de KIOTO (2005).

Primer Foro Global Ministerial de Medio Ambiente, Malmö, Suecia (2000). Este foro, organizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), reunió a ministros de medio ambiente de más de 100 países para abordar los desafíos ambientales del nuevo milenio. Destacándose la necesidad de reforzar los marcos de cooperación internacional y promover la integración de la EIA en políticas públicas para garantizar la sostenibilidad de proyectos a gran escala. También se subrayó la importancia de adoptar estrategias multisectoriales para enfrentar problemas como la contaminación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (UNEP 2000).

Declaración del Milenio de las Naciones Unidas y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000). La Declaración del Milenio, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, estableció una serie de objetivos globales conocidos como los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Entre ellos, se incluyeron metas

relacionadas con la sostenibilidad ambiental, como la reducción de la pérdida de biodiversidad y el acceso al agua potable y saneamiento. Estos objetivos destacaron la importancia de la EIA como una herramienta para evaluar y mitigar los impactos ambientales en proyectos destinados a alcanzar las metas del milenio, especialmente en países en desarrollo (United Nations 2000).

Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, Sudáfrica (2002). También conocida como Río+10, esta cumbre fue un seguimiento de la Conferencia de Río de 1992. En Johannesburgo, los líderes mundiales renovaron su compromiso con el desarrollo sostenible y abordaron los desafíos relacionados con la implementación de la Agenda 21. El PNUMA jugó un papel destacado al enfatizar la necesidad de integrar los impactos sociales en la EIA, argumentando que los análisis ambientales debían considerar también las dimensiones socioeconómicas, como los efectos en las comunidades locales, los derechos humanos y la equidad. Este enfoque ampliado posicionó a la EIA no solo como una herramienta técnica, sino también como un mecanismo para fomentar la justicia social y ambiental (Hens y Nath 2003).

También el Protocolo de Kioto, adoptado en 1997, entró en vigor en 2005, marcando un hito en la lucha contra el cambio climático. Este acuerdo internacional comprometió a los países desarrollados a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, y destacó la importancia de integrar la EIA en proyectos relacionados con energía, transporte y desarrollo industrial. La EIA se convirtió en un componente clave para evaluar el impacto climático de proyectos de infraestructura y políticas energéticas, asegurando que estos cumplieran con los objetivos establecidos en el protocolo. Además, fomentó la adopción de tecnologías limpias y prácticas sostenibles, fortaleciendo su papel como herramienta para la mitigación del cambio climático (UNFCCC 2005).

Para el año 2009, 25 países más incluyen en sus legislación la EIA: Djibouti, Haití, Liberia, Mauritania, Qatar, República Dominicana, Sierra Leona y Trinidad y Tabago (2000); Benin, Senegal y Sudán (2001); Etiopía, Líbano, República Árabe Siria, Zimbabwe (2002); Arabia Saudita, Guinea Ecuatorial y Libia (2003); Lesotho y República Unida de Tanzania (2004); Botswana y Rwanda (2005); Afganistán y República Centroafricana (2007) y Kosovo (2009), llegando a 162 los países que incluyen la EIA en su normatividad (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022; IISD 2022).

En esta década la EIA evolucionó para abordar impactos ambientales, sociales, económicos y climáticos, promoviendo evaluaciones más holísticas y sostenibles,

vinculando los ODM y el Protocolo de Kioto para reforzar la EIA como herramienta clave en proyectos de desarrollo sostenible, protección ambiental y mitigación climática. Se destaca la importancia de evaluar los efectos sobre comunidades locales, fomentando la participación pública y la equidad social, consolidándose como el instrumento esencial para garantizar que los proyectos cumplieran con compromisos internacionales como el Protocolo de Kioto.

A partir del año 2010, la protección ambiental y el desarrollo sostenible continuaron ocupando un lugar destacado en la agenda internacional, impulsados por la necesidad de enfrentar desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la desigualdad social. En este contexto, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se consolidó aún más como una herramienta clave para garantizar que los proyectos de desarrollo se llevaran a cabo de manera sostenible y responsable. En este período tres países más se adhieren a la implementación de la EIA: Guinea-Bissau (2010); República Democrática del Congo (2014) y Myanmar (2016) (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022; IISD 2022).

En el 2012 se desarrolla la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Cumbre de Río + 20), como un seguimiento a la histórica Cumbre de la Tierra de 1992 y se centró en renovar el compromiso global con el desarrollo sostenible. Los líderes mundiales abordaron tres áreas principales: la economía verde como un camino hacia el desarrollo sostenible, el fortalecimiento del marco institucional para el desarrollo sostenible y la necesidad de incorporar nuevas tecnologías y prácticas sostenibles. En relación con la EIA, se enfatizó la importancia de este instrumento para evaluar los impactos ambientales, económicos y sociales de las políticas y proyectos. La cumbre también impulsó la necesidad de mejorar la implementación de la EIA en países en desarrollo, fortaleciendo las capacidades institucionales y promoviendo la participación ciudadana (United Nations 2012).

En 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, que incluyó los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como un marco global para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos. La EIA se destacó como una herramienta fundamental para cumplir con varios ODS, particularmente: ODS 6 (Agua limpia y saneamiento): Evaluando los impactos de proyectos en la calidad y disponibilidad del agua; ODS 13 (Acción por el clima): Garantizando que las iniciativas cumplan con objetivos de mitigación y adaptación climática; ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres): Protegiendo

la biodiversidad y asegurando que los proyectos no contribuyan a la degradación de los ecosistemas. Los ODS también incentivaron a los países a adoptar o fortalecer sus marcos de EIA como parte de su compromiso con la sostenibilidad global (United Nations 2015).

Como se ha mencionado a lo largo de este tiempo hasta el 2016, son 165 países que cuentan con EIA, si consideramos los 195 países que pertenecen a la ONU, aproximadamente el 85% cuentan una Legislación Ambiental, las cuales incluyen la Evaluación de Impacto Ambiental como herramienta de gestión para la protección de la salud humana y de los ecosistemas y la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible (Netherlands Commission for Environmental Assessment 2022; IISD 2022). En el anexo 1, se presentan un listado de países y sus normativas relacionadas a la EIA y la entidad encargada de su aplicación y control.

Aunque el propósito de las EIA es minimizar los impactos ambientales generadas por las actividades humana, su implementación ha sido insuficiente para frenar la degradación ambiental global. Debido a que las EIA no cuestionan los modelos de producción y consumo que perpetúan el extractivismo y la contaminación, se enfocan en la viabilidad técnica de proyectos específicos, en lugar de considerar las interconexiones entre ecosistemas y la salud humana. La aprobación de proyectos bajo marcos de EIA ha contribuido a la degradación de ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, exacerbando problemas globales como el cambio climático, que a su vez profundiza las desigualdades en salud.

Este enfoque fragmentado omite las condiciones estructurales que influyen en la salud, tales como las contradicciones sociales y económicas, la falta de acceso a recursos naturales de calidad y las desigualdades de poder en las decisiones ambientales. Además, no considera de manera integral los impactos en la salud colectiva, centrándose únicamente en aspectos locales y sectoriales del medio ambiente sin analizar su conexión con la salud humana. La carencia de un enfoque sistémico permitió que proyectos, especialmente en sectores extractivos e industriales, generaran procesos tóxicos que deterioraron tanto los ecosistemas como la salud de las personas, evidenciándose en la contaminación de fuentes de agua, aire y suelos, y en el incremento de enfermedades como el cáncer, afecciones respiratorias y problemas neurológicos en las comunidades afectadas.

Por más de 50 años de aplicación de la EIA por todo el mundo, en lugar de disminuir los impactos en salud y ambiente de comunidades relacionadas con actividades productivas específicamente extractivas, estas se han visto deterioradas, de forma global,

acrecentándose cada día el calentamiento global, efecto invernadero, cambio climático, la polución, la generación de desechos sólidos peligrosos y otros fenómenos que amenazan la vida en el planeta, es decir la aplicación de la EIA no ha servido para fomentar modos de vida saludables, sostener la vida, plena, digna, feliz y saludable para esta y las generaciones futuras, permitir a los pueblos tomar sus propias decisiones sobre el destino de su territorio, el bien común y la seguridad de la población en búsqueda de “el buen vivir” (Breilh 2010b, 2010c, 2013b, 2023a). En la tabla 5 se presenta un breve resumen de la evolución de la EIA.

Tabla 5
Evolución de la EIA 1970 - 2024

Década	Países	Reuniones destacadas	Impacto Ambiental
1970-1979	14	1972: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo).	Degradación del medio ambiente debido a la industrialización y el crecimiento urbano y uso de sustancias tóxicas. Aumento de la contaminación del aire, agua y suelos.
1980-1989	46	1982: Conferencia sobre el Derecho al Desarrollo (Nairobi).	Expansión de la contaminación del aire y el agua, en especial por productos químicos tóxicos y emisiones industriales. Aumento de la conciencia ambiental en países en desarrollo.
1990-1999	137	1992: Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (Cumbre de Río).	Creciente impacto del cambio climático, deforestación masiva y pérdida de biodiversidad. Contaminación del aire y agua debido al aumento de actividades industriales y urbanas.
2000-2009	162	2002: Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo.	Aumento de la contaminación por plásticos, metales pesados, agrotóxicos y desechos industriales. Impactos visibles en ecosistemas marinos y terrestres.
2010-2019	165	2012: Conferencia de la ONU sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20).	Impacto creciente del cambio climático con fenómenos extremos como sequías, huracanes y olas de calor. Crecimiento de la contaminación plástica y tecnológica en los océanos y tierras.
2020-2024	165	2020: Cumbre de la ONU sobre el Cambio Climático (COP25 y COP26).	Intensificación del impacto ambiental debido al cambio climático: incendios forestales, inundaciones, sequías y deshielo de los glaciares. Aumento de la contaminación por residuos plásticos, tecnológicos y gases de efecto invernadero.

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

1.2. Las ideologías políticas y el pensamiento ambiental relacionadas con la regulación ambiental

Las ideologías políticas son marcos conceptuales y sistemas de valores que proporcionan una visión interpretativa sobre la realidad social, económica y política de

una comunidad o nación. Estas ideologías permiten comprender y explicar las estructuras de poder, las dinámicas sociales y las relaciones entre el individuo, el Estado y la sociedad en su conjunto. A través de una ideología, se delinean objetivos, aspiraciones y soluciones ante los problemas y desafíos que enfrenta una sociedad. Las ideologías políticas juegan un papel crucial en la organización de movimientos sociales, grupos de interés y partidos políticos, ya que brindan una base teórica para la acción y la movilización. Estas ideologías no solo son formas de interpretar el mundo, sino que también actúan como herramientas para transformar las condiciones sociales y políticas que los movimientos identifican como injustas o inadecuadas. Las ideologías también inciden en la creación y modificación de la normativa vigente. Los valores y principios que subyacen a una ideología determinan qué leyes se consideran necesarias, justas o urgentes. De este modo, las ideologías orientan la toma de decisiones políticas, jurídicas y legislativas, dando forma a las instituciones y estructuras que rigen la convivencia social. Esto se traduce en una intervención directa sobre el tipo de educación, salud, trabajo, economía, medio ambiente, y otros ámbitos que son clave en la organización de la sociedad (Rosas et al. 2016).

La Segunda Guerra Mundial dejó un impacto devastador en el orden mundial, pero también creó la oportunidad para repensar las relaciones internacionales y la estructura política, económica y social global. En ese contexto, la reconstrucción del mundo postbélico estuvo basada en un nuevo enfoque que buscaba garantizar la paz, la estabilidad y el bienestar a nivel internacional. El camino por seguir se centró en la creación y consolidación de un sistema internacional basado en la cooperación entre las naciones, con énfasis en instituciones estatales, democráticas y de mercado. Este nuevo orden mundial fue, en gran parte, resultado de los acuerdos alcanzados en Bretton Woods en 1944, los cuales establecieron las bases para un sistema económico internacional que promovería la inclusión, el bienestar y la estabilidad global, en este sentido organismos como las Naciones Unidas, el Banco Mundial, el FMI y el Banco Internacional de Pagos en Basilea fueron instituidos para “ayudar a estabilizar relaciones internacionales” (Harvey 2005).

La creación de las Naciones Unidas (ONU) en 1945, también a raíz de la Segunda Guerra Mundial, desempeñó un papel crucial en el establecimiento del nuevo orden mundial. A diferencia de la fallida Sociedad de Naciones, la ONU fue concebida para promover la paz, la seguridad y la cooperación internacional a través de mecanismos diplomáticos y la resolución pacífica de conflictos. La organización también promovió

principios de derechos humanos, justicia social y desarrollo económico, fomentando la estabilidad internacional mediante el respeto mutuo entre las naciones. En este sentido, la ONU buscaba crear un entorno de inclusión global que pudiera prevenir futuras guerras y garantizar la cooperación internacional en temas de vital importancia para la humanidad, como la salud, la educación y el medio ambiente (United Nations 2024b).

El Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial, creados en el sistema de Bretton Woods, para garantizar la estabilidad internacional tras la Segunda Guerra Mundial: el FMI se enfocó en garantizar la estabilidad financiera global mediante asistencia técnica y préstamos a países en crisis, participando en la gestión de crisis como la asiática de 1997 y la financiera de 2008 (Stiglitz 2003), mientras que el Banco Mundial centró su acción en el desarrollo económico de los países de bajos ingresos, financiando proyectos de infraestructura, salud, educación y desarrollo social para reducir desigualdades y promover bienestar y paz mundial (Sachs 2005). Pero estos apoyos y financiamientos estaban condicionadas a las políticas expresada en las Cartas de Intención del FMI y en la Estrategia de Asistencia País (CAS) del Banco Mundial, documentos que fijaban las políticas económicas y sectoriales que los países debían adoptar, incidiendo directamente en el campo legal e institucional de las naciones (L. Robles 2009).

De acuerdo con la formalidad del conocimiento (positivismo) se destacan tres ideologías políticas que inciden en el avance de la legislación ambiental local e internacional: neoconservadurismo, neoliberalismo, y socialismo. Por otro lado, en los años 70s en América Latina se origina el Movimiento Latinoamericano de Salud Colectiva (MLSC) un proceso histórico, político y académico como respuesta crítica a los enfoques tradicionales de la salud pública y la medicina social, determinada por una ciencia crítica que se va construyendo continuamente, que plantea una mirada compleja e integral: los daños ambientales no son “accidentes aislados”, sino expresiones de un modelo de desarrollo extractivista, desigual y dependiente.

La primera ideología política referente a la regulación ambiental es el *Neoconservadurismo*. ‘Neocon’ surge en la década de 1960 en Estados Unidos para luego ser exportada a otros países. Esta ideología promociona el individualismo, el libre mercado y la defensa de la democracia capitalista con la participación de la institución eclesiástica y sus propuestas religiosas, enganchado a los valores metafísicos, ‘intrínsecos’ o ‘transcendentes’ del hombre, dejando de lado los acuerdos políticos y sociales colectivos (Uriarte 2019). El conservadurismo, como su propia palabra lo dice,

tiende a conservar para preservar, desconfía de la aplicación de un plan para la sociedad, al igual que de otras ideologías (Castello 2016). Los conservadores confían en transformar la sociedad con un orden fundamentado, facilitando fines deseables, asumen que la naturaleza humana es altamente maleable y que la historia puede moldearse de acuerdo a los ideales que sean requeridos (O’Sullivan 2013).

El conservadurismo, en términos ambientales y sociales, se presenta como un enfoque que prioriza el mantenimiento de la ecología social, un concepto que subraya la importancia de equilibrar las interacciones humanas con los ecosistemas y los recursos naturales. Este enfoque no solo busca asegurar la conservación de los entornos naturales, sino también garantizar que los sistemas sociales, económicos y ecológicos puedan mantenerse en equilibrio a largo plazo. Al mismo tiempo, el conservadurismo defiende la libertad individual, lo que implica permitir que las personas adapten sus comportamientos a las circunstancias cambiantes sin comprometer el bienestar colectivo. Sin embargo, el conservadurismo, en su interpretación ecológica, está condicionado por una serie de contradicciones y tensiones, especialmente en lo que respecta a la interacción entre el capital y los recursos naturales, lo que genera debates sobre su viabilidad en un mundo globalizado y en constante cambio (Scruton y Scruton 2012).

El conservadurismo de la misma forma que los gobiernos democráticos, favorecen el crecimiento económico, sin considerar los impactos ambientales y sus consecuencias, con una ligera tendencia a considerar que existen “límites para el crecimiento”, pero sin adherirse a tratados internacionales que favorecen la protección del ambiente (2012). Al favorecer la economía mundial basada en el mercado, contrario a una economía regulada impulsada por el neoliberalismo, sirve como una forma de resistencia a la globalización con el surgimiento de movimientos de extrema derecha, antiinmigración y antimulticulturalismo. Se fundamentan en una “identidad nacional pura”, que avanzan en escenarios de miedo, inseguridad y separación social, representando la unidad y la seguridad, manteniendo la tradición y valores establecidos, como el individualismo, el libre mercado y la defensa militar de la democracia capitalista (Heywood 2017).

El conservadurismo, en su forma política y económica, a menudo se ha asociado con la explotación de los recursos naturales y con una colaboración estrecha con el poder político para asegurar los intereses de las élites económicas y empresariales. Este fenómeno se produce dentro de un marco donde las instituciones políticas y económicas se alinean para fomentar un modelo extractivo que beneficia principalmente a las grandes corporaciones y sectores dominantes, mientras marginaliza a las comunidades locales y a

los grupos más vulnerables. En este contexto, el conservadurismo tiende a instrumentalizar los marcos jurídicos y las políticas públicas para legitimar y facilitar la explotación de los recursos naturales, sin tener en cuenta los impactos negativos en el ambiente ni en las condiciones de vida de las poblaciones afectadas (Castro H. 2013).

A partir de la década de 1970, el capitalismo global comenzó a adoptar un enfoque renovado y más agresivo conocido como neoliberalismo. Este cambio de rumbo, que se consolidó en varias regiones del mundo durante los años ochenta, implicó la resurgencia de ideas del liberalismo clásico, adaptadas a las nuevas realidades económicas, políticas y sociales. En lugar de promover la intervención del Estado en la economía, el neoliberalismo abogó por un mercado libre sin regulaciones que pudieran interferir en su funcionamiento, con la idea de que la competencia y la eficiencia del mercado serían las fuerzas que impulsarían el crecimiento económico y la prosperidad para todos. Sin embargo, la implementación de estas políticas tuvo efectos profundos y a menudo destructivos, especialmente en los países subdesarrollados, donde la desregulación y la privatización exacerbaban las desigualdades económicas y sociales (Uriarte 2020).

El neoliberalismo, como ideología económica y política, ha tenido una trascendencia significativa a nivel global, particularmente a partir de las décadas de 1980 y 1990. Durante estos años, su influencia se consolidó como una corriente dominante en las políticas económicas internacionales, promovida principalmente por gobiernos conservadores, pero también adoptada en parte por gobiernos socialdemócratas y hasta socialistas, que comenzaron a integrar sus principios dentro de sus políticas económicas. Este fenómeno no solo transformó la manera en que los países gestionaban sus economías, sino que también modificó profundamente las dinámicas internacionales, con la colaboración y promoción activa de instituciones financieras globales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (FMI) (Vincent 2010; Corbella 2013).

El neoliberalismo, como ideología económica y política dominante en las últimas décadas, ha estado profundamente vinculado con una expansión desmedida de los mercados, la maximización de la acumulación de capital y la reducción de las funciones del Estado. Este enfoque ha favorecido la concentración de riqueza y poder en manos de una élite capitalista global, mientras ha dejado de lado las promesas de mejorar la calidad de vida, proteger los ecosistemas y frenar la pérdida de biodiversidad, temas que han sido frecuentemente utilizados como justificaciones para la implementación de políticas neoliberales. Sin embargo, en la práctica, estas promesas han quedado en gran parte

incumplidas, y los resultados de la expansión neoliberal han tenido efectos devastadores para el medio ambiente y las comunidades (Heynen 2007).

La visión ambiental del neoliberalismo, lejos de ser una propuesta genuina para la sustentabilidad, se caracteriza por su enfoque normativo y, en muchos casos, superficial. Mientras que el neoliberalismo ha promovido un discurso de “desarrollo sostenible”, la realidad es que su implementación está lejos de haber logrado avances significativos en la protección ambiental. Su capacidad para influir en organismos internacionales, como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM), le ha permitido moldear la forma en que se perciben y gestionan los problemas ambientales a nivel global. A través de una serie de políticas económicas y financieras, el neoliberalismo ha buscado integrar la protección del medio ambiente en su estructura de mercado sin cuestionar su propia lógica de crecimiento ilimitado, lo que, en última instancia, ha hecho que sus promesas ambientales queden muy por debajo de las expectativas (Heynen 2007).

La relación entre el neoliberalismo y el medio ambiente se basa principalmente en un enfoque normativo que busca integrar la protección ambiental dentro de un sistema económico que prioriza los intereses del mercado. En lugar de cuestionar las lógicas destructivas del capitalismo, el neoliberalismo propone una “gestión ambiental” que no altera las estructuras fundamentales del sistema económico. En este sentido, las políticas ambientales neoliberales no buscan una transformación radical en las prácticas de producción y consumo, sino más bien tratar de encuadrar los problemas ambientales dentro de un modelo que persigue la eficiencia de los mercados y la maximización de beneficios (Harvey 2005).

La neoliberalización del medio ambiente se materializa mediante la privatización de la naturaleza (agua, suelo, flora, fauna, minerales, entre otros); incidiendo en el metabolismo sociedad-naturaleza; la regulación o desregulación de la gestión ambiental (eliminando o creando normativa y leyes), facilitando la expansión desenfadada del capital; la comercialización de la naturaleza y corporatización de la gestión pública, con la introducción de principios productivistas (eficiencia, métodos y objetivos comerciales) y la ampliación de la mercantilización de la naturaleza con la circulación de nuevas mercancías para llegar a todos los rincones de la vida moderna (Corbella 2013).

El neoliberalismo encontró la forma de ahorrar los costos de reproducción de la naturaleza. No ha invertido en investigar técnicas que protejan la naturaleza, ya que ha descuidado ríos, bosques, fuentes de agua dulce y mares, asegurando ganancias extraordinarias a los socios y amigos, favoreciendo la acumulación de capital a costa de

la destrucción del ambiente y la salud de la población (cáncer, malformaciones, insuficiencias, problemas al sistema inmunológico, nervioso, etc.). Además, ha generado la exposición a sustancias altamente tóxicas a través la alimentación, llena los océanos con plásticos, satura químicamente el planeta vertiendo en el ambiente enormes cantidades de sustancias tóxicas sin control, provocando la escasez del agua e incidiendo al cambio climático, todo esto en complicidad y desentendimiento de los Estados (Ackerman 2021).

Aunque el neoliberalismo ha intentado presentarse como una solución moderna y pragmática para los problemas ambientales, la realidad es que las acciones emprendidas bajo este enfoque han quedado muy por debajo de las promesas que se hicieron en sus inicios. El discurso neoliberal ha sido principalmente orientado hacia la “gestión” de los problemas ambientales a través de mecanismos de mercado, como los sistemas de comercio de emisiones o las inversiones en tecnologías limpias. Sin embargo, estas medidas no han logrado reducir significativamente la huella ecológica global ni frenar la destrucción de los ecosistemas. Uno de los principales problemas del ecologismo neoliberal es su incapacidad para abordar las causas estructurales de la crisis ambiental. La lógica del mercado sigue siendo la misma: maximizar las ganancias, aumentar la producción y el consumo, y fomentar la competitividad, lo que está en constante tensión con los límites del planeta. La expansión de la economía global y la desregulación ambiental han acelerado los procesos de agotamiento de recursos naturales, cambio climático y pérdida de biodiversidad (Stiglitz 2003).

Además, el neoliberalismo ha reducido el papel del Estado en la regulación ambiental, permitiendo que las grandes corporaciones y las multinacionales tomen decisiones sobre el medio ambiente sin un control adecuado. Esto ha llevado a que las políticas ambientales sean insuficientes o ineficaces, ya que las grandes empresas a menudo eluden las regulaciones o simplemente compensan los impactos negativos con iniciativas de responsabilidad social corporativa que no abordan el problema en su raíz (Sachs 2005).

La tercera ideología potencialmente activa en la época de 1970 es el socialismo, definido como oposición al capitalismo. Su propuesta central es la creación de un sistema económico y social que priorice las relaciones humanas y la pertenencia colectiva sobre las dinámicas de competencia propias del capitalismo. En este marco, el socialismo aboga por una transformación profunda de las estructuras sociales, económicas y políticas, con el fin de garantizar la igualdad social, la justicia económica y la cooperación en lugar de

la competencia. Esto busca satisfacer las necesidades materiales de todos los individuos, al mismo tiempo que fomenta el desarrollo personal y colectivo, permitiendo a las personas alcanzar su potencial pleno en una sociedad más equitativa y solidaria. Entre las tendencias se menciona el comunismo o marxismo que apoya la revolución y por otro lado, los socialdemócratas que proponen la “humanización” del capitalismo reduciendo las desigualdades materiales y aboliendo la pobreza (Mellón 2002; Vincent 2010; Heywood 2017).

En América Latina, a partir de la década de 1960, la ideología socialista, especialmente en sus variantes más radicales como el comunismo y el marxismo, ganó una presencia significativa y fue promovida por una generación de revolucionarios que buscaban transformar las estructuras políticas y sociales de la región. Este periodo estuvo marcado por un creciente descontento con las injusticias sociales, la concentración de poder en manos de élites económicas y políticas, y la persistente dependencia de los países latinoamericanos de potencias extranjeras, particularmente de Estados Unidos. Frente a esta situación, muchos movimientos de izquierda adoptaron el marxismo-leninismo y se alinearon con la ideología comunista, tomando como modelo las revoluciones exitosas en países como la Unión Soviética y Cuba (Heywood 2017).

A partir de la década de 1970, el socialismo experimentó una profunda transformación con el surgimiento del “marxismo analítico”. Este movimiento surge como respuesta a las críticas al marxismo tradicional, que se percibía como un sistema rígido e inflexible que no lograba adaptarse adecuadamente a los cambios en la realidad política, económica y social de la época. El marxismo analítico representó un esfuerzo por reformular y actualizar las tesis fundamentales del marxismo, manteniendo su enfoque crítico sobre el capitalismo y las estructuras de poder, pero con un énfasis renovado en las metodologías científicas, la objetividad y la validez empírica. Esta corriente se desarrolló en un contexto global de transformaciones políticas y de creciente cuestionamiento a los paradigmas dogmáticos, particularmente a medida que el bloque soviético comenzaba a enfrentar desafíos internos, como la Perestroika y la Glasnost en la Unión Soviética (L. González 1996).

Para el socialismo, el medio ambiente forma parte de un todo inseparable entre gente, sociedad y economía. La degradación ambiental producto de las acciones humanas es la amenaza más grave para la seguridad de la vida en el planeta, ocasiona el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono y la sobreexplotación. Sin embargo, tras la caída del Muro de Berlín en 1990 y el colapso de los regímenes socialistas en Europa del

Este, se evidenció que los países que se autodenominaban socialistas no estaban exentos de problemas ambientales graves, y de hecho, algunos de estos problemas fueron incluso más severos que los de muchos países capitalistas. La razón de esta contradicción radica en que, en muchos casos, la prioridad del sistema socialista fue el crecimiento económico y la producción en masa, a fin de garantizar el empleo y la estabilidad social. El modelo de producción centralizada que caracterizaba a los países socialistas de la posguerra estaba basado en la industrialización rápida y la expansión de la producción agrícola, lo que resultó en una explotación intensiva de los recursos naturales y en un deterioro ambiental sin precedentes (Herschel y Forsyth 2001).

América Latina, y especialmente la región suramericana, vivió un proceso de profunda transformación política y económica en las décadas de 1960 y 1970, caracterizado por un proceso de militarización, donde los golpes de Estado y los regímenes militares ocuparon un lugar central en la configuración de la política y la economía. Este periodo fue marcado por un alejamiento de las estructuras democráticas y el debilitamiento del poder del Estado, que perdió autonomía para tomar decisiones políticas y económicas, pasando a estar subordinado a las exigencias del capitalismo global, especialmente el neoliberalismo promovido por actores internacionales como Estados Unidos y organismos financieros globales (Serrano 2010).

Las dictaduras militares existentes en Paraguay desde 1954 y Brasil desde 1964, influyen en el inicio de los “Estados militares” en Bolivia (1971), Ecuador (1972), Chile y Uruguay (1973), Perú (1975), Argentina (1976) (Serrano 2010). Las dictaduras impusieron el modelo de sociedad neoliberal en toda la región, incidiendo en dimensiones económicas, sociales, legales, culturales, etc. Por ejemplo, en el ámbito legal fue la emisión de normativas que permitieron la apropiación de los recursos sin costo alguno, incluso con facilidades de crédito, acciones que provocaron impactos ambientales trascendentales que hasta hoy no se han logrado cuantificar.

Contrario al entorno funcionalista a partir de los años setenta surge el Movimiento Latino Americano de Salud Colectiva, propone tres categorías centrales: determinación social de la salud; reproducción social y metabolismo sociedad-naturaleza, que permite cuestionar la esencia mal sana del sistema capitalista y proponer la ruptura del paradigma dominante que favorece la acumulación de capital, el desplazamiento, la exclusión, las inequidades, la pobreza, la muerte y el deterioro del ambiente, con la participación de todos los integrantes de la sociedad, favoreciendo la organización social, el conocimiento ancestral, la interdisciplinariedad, aplicando procesos socio naturales a nivel general,

particular y singular, incluyendo clases sociales, identificando procesos protectores y destructores de la vida, transformado los procesos causa efecto, por los procesos dinámicos (movimiento dialectico) de relaciones de reproducción social, los modos de vida, estilos de vida, formas de enfermar y morir , es decir el movimiento se enfoca en desarrollar nuevas perspectivas contrahegemónicas en la investigación, sin descuidar historicidad crítica, la deconstrucción y la construcción de la realidad (Breilh, 2003, 288-292; Breilh, 2010, 87; Breilh, 2013, 43).

Desde el punto de vista del MLSC la Evaluación Ambiental no se limita a medir contaminantes y relacionarlos con los límites máximos permitidos establecidos, se debe interpretar la degradación ambiental como producto de relaciones de poder, modelos de desarrollo y desigualdades estructurales. Esta corriente plantea que defender el ambiente es defender la salud colectiva y la vida misma.

Las ideologías y acontecimientos mencionadas anteriormente han incidido en el pensamiento ambiental y la legislación de protección asociada, específicamente desde la promulgación de la NEPA en 1969 hasta la actualidad, definiendo tanto sus alcances como sus limitaciones. Mostrando claramente que la normativa de evaluación refleja una disputa importante entre visiones gerenciales del ambientalismo, funcionales al extractivismo, y perspectivas transformadoras, que buscan que la evaluación incorpore justicia ambiental, determinación social de la salud y defensa de los territorios.

1.3. Líneas de pensamiento vinculadas con la evaluación de impacto ambiental

Una de las líneas relacionadas con la EIA es el conservacionismo que de acuerdo con la formalidad reconocen dos corrientes de pensamiento vinculadas: el ecocentrismo (o biocentrismo), que sostiene que existe un orden natural donde todos los elementos están sujetos a leyes naturales en equilibrio perfecto, a menos que intervenga la acción humana; y el tecnocentrismo, que promueve la aplicación de técnicas científicas y de gestión por parte de élites profesionales, quienes creen que la humanidad puede utilizar la naturaleza a su conveniencia. Estas corrientes tienen su expresión en el *ecologismo puro, las tecnologías blandas, los adaptacionistas y los tecnócratas*. Al estar relacionadas con el capitalismo, han tenido una influencia significativa en la creación de políticas ambientales, el establecimiento de organismos de control y otras iniciativas vinculadas a la protección del medio ambiente (Miro y Tulla 1989; Foladori 2000; Foladori y Pierri 2005).

Desde la perspectiva del **ecologismo puro**, la naturaleza tiene un valor intrínseco que debe ser preservado por sus cualidades propias, sin que su cuidado dependa de los intereses humanos. Este enfoque sostiene que la tecnología moderna es poco confiable, que el materialismo es erróneo y que el desarrollo económico ignora las necesidades de las clases sociales más desfavorecidas. Según esta visión, las leyes ecológicas y naturales deben guiar la moralidad humana, respetando los derechos biológicos de las especies. Promueve la creación de comunidades autosuficientes que mantengan una relación armoniosa con la naturaleza, con el objetivo de defender y preservar la naturaleza “virgen” (Miro y Tulla 1989; Foladori 2000; Foladori y Pierri 2005).

El enfoque de las **tecnologías blandas** se caracteriza por un cuestionamiento profundo al materialismo y a la dependencia de la tecnología a gran escala, hasta el punto de no confiar en estas como soluciones efectivas para los problemas ambientales. Este enfoque argumenta que las tecnologías y las grandes instituciones gubernamentales no son la respuesta adecuada, ya que no están en sintonía con las realidades de las comunidades locales y los territorios que están siendo afectados. Según esta perspectiva, los expertos y las políticas institucionales a menudo carecen del conocimiento práctico y contextual necesario para abordar las problemáticas ambientales de manera efectiva, ya que no comprenden las necesidades y particularidades de las poblaciones que viven en esos territorios (Miro y Tulla 1989).

Los **adaptacionistas** son una corriente que busca encontrar soluciones prácticas y flexibles a los problemas ambientales a través de ajustes graduales y adaptativos, en lugar de transformaciones radicales o absolutistas. Este enfoque sostiene que la mejora de los derechos legales y la calidad ambiental debe basarse en ajustes económicos y normativos que permitan una adaptación más eficiente y equilibrada a las realidades locales y a los cambios que afectan al medio ambiente. En lugar de proponer soluciones impositivas o centralizadas, el adaptacionismo aboga por cambios que se acomoden progresivamente a las condiciones cambiantes, mediante mecanismos como ajustes fiscales (impuestos, cuotas, gravámenes) y otras políticas económicas que favorezcan la sostenibilidad y la equidad social (1989).

Por otro lado, los **tecnócratas**, en contraposición a otros enfoques, defienden firmemente la economía de libre mercado como el mecanismo más eficiente para resolver los problemas económicos, incluyendo los ambientales. A pesar de reconocer la existencia de problemas derivados del desarrollo capitalista y su impacto en el medio ambiente, los tecnócratas sostienen que estas dificultades pueden ser abordadas y

solucionadas a través de políticas ambientales implementadas por el gobierno y mediante soluciones técnicas proporcionadas por científicos y expertos. Este enfoque se basa en la creencia de que la combinación de políticas gubernamentales adecuadas y el conocimiento técnico puede mitigar los efectos negativos del capitalismo sobre la naturaleza, sin necesidad de cuestionar los principios fundamentales del sistema económico capitalista (Miro y Tulla 1989; Foladori 2000; Foladori y Pierri 2005).

Desde la perspectiva decolonial y comunitaria la economía política emancipadora, la sociología crítica, la epidemiología y ecología críticas se propone una visión integral de la relación sociedad-naturaleza, no solo como un entorno o contenedor pasivo, sino como un componente inseparable de la totalidad de lo real. En esta concepción, la naturaleza no es algo separado de las actividades humanas, sino un campo en el que todas las interacciones sociales, políticas, económicas y culturales tienen lugar y se desarrollan en sus múltiples dimensiones. Las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza, están profundamente entrelazadas con las estructuras sociales y económicas que organizan la sociedad, y son determinantes para entender tanto la dinámica de los procesos históricos como las interacciones cotidianas (Foladori 2000; Foladori y Pierri 2005).

Para las y los pensadores críticos, los problemas ambientales se deben al crecimiento ilimitado exclusivo del capitalismo, donde la única manera de superarlo es por medio de su eliminación, dirigiéndose a un sistema poscapitalista socialista, en el que se eliminen los pilares del capitalismo (explotación capitalista, productivismo, mercado y acumulación de capital), conduciendo a la humanidad a un sistema de socialismo real a través de una economía ecológicamente sustentable (Macor 2016). Para Jaime Breilh (1991), la economía política y el pensamiento histórico emancipador, sea, por ejemplo, desde la vertiente del materialismo histórico (Marx 2009) o desde la ecología crítica (O'Connor 1998) o desde la ecología socialista (Foster 2000) o sea desde la ecología política latinoamericana (Toledo 2013) posibilitan una transformación emancipadora, plantea argumentos científicos importantes en defensa de la vida y su transformación, abriendo expectativas para la humanidad de construir una sociedad solidaria, soberana, sustentable y segura, en todos los espacios.

Son contribuciones fundamentales que ha construido una tradición científica potente de una ciencia integral sobre el metabolismo sociedad naturaleza. En ese marco en América Latina la epidemiología crítica ha construido un puente conceptual y ha forjado una metodología que incorpora esa vida dialéctica de la relación entre la

naturaleza y la sociedad para articularla como una dimensión fundamental de la determinación social de la salud (Breilh 1979, 2003, 2023a).

Las corrientes de pensamiento mencionadas influyen directamente en la implementación de los mecanismos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) a nivel internacional y, por ende, en Ecuador. Sin embargo, su contribución al cuidado de la salud humana y de los ecosistemas es limitada, ya que tienden a reproducir sociedades que ponen en riesgo la vida y el medio ambiente. Esto se debe a que los mecanismos aplicados en cada país deben alinearse con las directrices de organismos internacionales de control o de entidades crediticias, que requieren la presentación de la EIA para otorgar préstamos o aprobar la comercialización de productos en sus respectivos países.

Frente a esta realidad, como lo venimos sosteniendo la Determinación Social de la Salud propone un modelo alternativo que considera las causas que contribuyen a la ineficacia de la EIA, basado en las cuatro “S” de la vida: Sustentabilidad, que asegura la reproducción de la vida presente y futura a través de un modelo de producción respetuoso con el medio ambiente; Soberanía, que otorga la capacidad de decidir sobre las actividades presentes y futuras; Solidaridad, que promueve una estructura económica productiva centrada en el cuidado de la vida y la búsqueda del bienestar; y Seguridad (bioseguridad integral), que busca una calidad de vida fisiológica y psicológica, permitiendo enfrentar los procesos destructivos y fortalecer aquellos que protegen la vida (Breilh 2010a, 2010b, 2010c, 2013b, 2017a, 2019a).

2. Recorrido histórico por las políticas públicas sobre la evaluación de impacto ambiental en Ecuador

La Constitución Política de la República del Ecuador de 1998 reconoce el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación, que garantice el desarrollo sustentable y la preservación del entorno natural. En este marco, se promulgó la Ley de Gestión Ambiental, Ley n.º 37, publicada en el Registro Oficial 245 el 30 de julio de 1999. En la codificación de esta ley en 2004, se define la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como un procedimiento administrativo de carácter técnico, obligatorio y previo, cuyo objetivo es determinar la viabilidad ambiental de proyectos, obras o actividades públicas o privadas. Asimismo, el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) se presenta como un análisis técnico que facilita la identificación y predicción de los impactos ambientales, además de proponer medidas para prevenir, controlar, mitigar y compensar las alteraciones ambientales significativas (Universidad de Guayaquil 2022).

Antes de describir la evolución de la EIA en Ecuador es necesario realizar el recorrido histórico de legislación relacionada con el ambiente y su protección en Ecuador.

2.1. Legislación ambiental en Ecuador

La normativa ambiental en Ecuador, en sus inicios, fue caracterizada por una serie de deficiencias, producto principalmente de la adaptación o la copia de marcos regulatorios provenientes de países más desarrollados, sin una adecuada contextualización para las realidades del país. Esto se debió en parte a la falta de una visión clara y unificada sobre la protección del medio ambiente, lo que llevó a que las leyes y regulaciones ambientales no siempre respondieran de manera efectiva a los desafíos ecológicos, sociales y económicos que enfrentaba Ecuador. En el desarrollo de la normativa relacionada con la protección del ambiente se pueden identificar tres visiones claramente definidas, sanitarista de 1930 a 1970, preservacionista y conservacionista entre 1970 y 1990 y ambientalista a partir de 1992 (Narváez 2004; UNEP y FLACSO 2008).

2.1.1. Periodo sanitarista

A partir de 1930, Ecuador comienza a crear instituciones con el objetivo de abordar los problemas relacionados con la falta de servicios básicos, como el agua potable, el alcantarillado y la higiene, lo cual fue impulsado por una visión sanitarista. Estas instituciones buscaban coordinar con los municipios para la construcción de obras que mejoraran las condiciones de salud pública, principalmente en áreas urbanas. La idea central era prevenir enfermedades relacionadas con la falta de acceso a servicios básicos, como el cólera, la malaria y otras enfermedades transmitidas por el agua, que afectaban especialmente a las poblaciones más vulnerables (UNEP y FLACSO 2008).

La legislación ambiental promulgada en Ecuador, especialmente en las primeras décadas del siglo XX, tuvo un enfoque estrictamente regulatorio, centrado más en la gestión y el control de la contaminación y la higiene que en una protección integral de la salud de las poblaciones y la conservación del medio ambiente. Este marco normativo no abordaba adecuadamente los impactos a largo plazo de las actividades productivas, ni las relaciones complejas entre la actividad empresarial, la sociedad y la naturaleza. De acuerdo con la Determinación Social de la Salud (DSS), estas normas no consideraban cómo las condiciones socioeconómicas y las estructuras de poder determinan la salud de

las poblaciones, ni cómo las nuevas formas de producción generadas por el sistema económico emergente impactan a las comunidades (Breilh 2010c, 2013b; Eslava Castañeda 2017).

2.1.2. Periodo preservacionista y conservacionista

A partir de la promulgación de la NEPA (1969-1970), y de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano, realizada en Estocolmo en 1972, en Ecuador se inicia un proceso de institucionalización de la Gestión Ambiental, cuyas características son: preservacionista, conservacionista y ambientalista, modificando el sistema jurídico, creando la administración pública y promulgando políticas públicas ambientales: emitiéndose normas fragmentadas y dispersas, plasmadas en distintos textos legales de aplicación a temas concretos relacionados con actividades específicas y el ambiente por ejemplo: Ley de Aguas (1972), enfocada en el uso y control estatal del recurso hídrico (Narváez 2004; UNEP y FLACSO 2008; Proaño 2012; Alaña, Capa, y Sotomayor 2017), en este período en Ecuador se adhiere o se suscribe a convenios internacionales de carácter conservacionista.

Durante los años ochenta, Ecuador experimentó un aumento significativo en la preocupación por los problemas ambientales, impulsado principalmente por el auge de la industria petrolera y los impactos ecológicos que comenzaban a hacerse evidentes. Este periodo estuvo marcado por un cambio en la percepción de la naturaleza, moviéndose de una visión sanitarista hacia una perspectiva más preservacionista y conservacionista, que buscaba proteger los recursos naturales y los ecosistemas ante las crecientes amenazas del desarrollo industrial y extractivo, también se suprime o norma la caza y la pesca, emitiéndose leyes específicas por ejemplo: en 1982 se promulga la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre de Ecuador, cuyas disposiciones claves fueron: Definición del patrimonio forestal del Estado y los bosques y vegetación protectores; Exigencia de la reforestación de tierras forestales de propiedad privada y proporciona asistencia técnica y créditos a propietarios privados para este fin; Promover la forestación y reforestación a través de planes nacionales y priorizar áreas como cuencas hidrográficas (ACNUR 1981; Narváez 2004; UNEP y FLACSO 2008).

A pesar de la promulgación de un marco legal que aboga por la protección ambiental en Ecuador, el sistema regulatorio ha continuado siendo deficiente en muchos aspectos, principalmente por la falta de políticas públicas claras y específicas. Un ejemplo claro de esta deficiencia es la Ley de Prevención y Control de la Contaminación

Ambiental, promulgada en 1999. Aunque esta ley representó un paso importante hacia la regulación de las actividades contaminantes en el país, no fue acompañada de una implementación adecuada. A pesar de su promulgación, tuvieron que pasar 15 años para que se emitieran los reglamentos correspondientes que hicieran operativa la ley, lo que demostró la desconexión entre la creación de normativas y la capacidad del Estado para llevarlas a cabo de manera efectiva (Proaño 2012).

El impacto de esta debilidad normativa no solo se ve reflejado en el deterioro ambiental, sino que también ha originado conflictos sociales y ambientales. Las comunidades que habitan en las zonas afectadas por la contaminación y la explotación de recursos naturales han tenido que enfrentarse a las consecuencias de un marco regulatorio que no prioriza adecuadamente su bienestar. Los daños a la salud, la pérdida de tierras cultivables y la destrucción de sus medios de vida han generado tensiones entre las comunidades y las empresas, así como entre los ciudadanos y el Estado. En muchos casos, las comunidades han organizado movilizaciones sociales y protestas para exigir una mayor protección de sus derechos, así como el cumplimiento de las leyes ambientales que en teoría deberían salvaguardar su bienestar (Proaño 2012; Aldana 2012)

En 1992 se promulga la Ley N° 8 - Crea el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN) con objetivos fundamentales de: Delimitar y administrar el área forestal y las áreas naturales y de vida silvestre pertenecientes al Estado; Velar por la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos forestales y naturales existentes; y, Promover y coordinar la investigación científica dentro del campo de su competencia (Congreso Nacional 1992) adscrito al Ministerio de Agricultura y Ganadería, en 1996 es fusionado al Ministerio del Ambiente. Posteriormente la tendencia preservacionista y conservacionista en la legislación ambiental ecuatoriana comenzó a disminuir su incidencia, aunque todavía se mantenía presente, especialmente en relación con la creación de áreas protegidas y la conservación de ecosistemas clave.

Sin embargo, durante este periodo, se empezó a reconocer la necesidad de un enfoque más integral y estructural para abordar la creciente crisis ambiental derivada de la expansión de la actividad industrial y la explotación intensiva de recursos naturales. En gran medida, las normativas creadas hasta entonces se centraron en regulares actividades industriales como la minería, la explotación petrolera y algunas formas de actividad agroindustrial, pero aún quedaban vacíos importantes en la regulación de sectores clave como la agricultura y la explotación de recursos naturales no renovables, que son

precisamente los sectores donde se originan los impactos ambientales más graves y, en muchos casos, irreversibles.

2.1.3. Periodo ambientalista

A partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, conocida también como la Cumbre de la Tierra, la corriente ambientalista adquirió un protagonismo creciente en la legislación ambiental de muchos países, incluido Ecuador. Este evento marcó un hito en la historia del derecho ambiental, impulsando la integración de conceptos clave como el desarrollo sostenible, el derecho a un medio ambiente saludable, y la necesidad de implementar regulaciones más estrictas y orientadas hacia la protección del entorno. La Declaración de Río, junto con la adopción de la Agenda 21, influyó profundamente en la legislación ecuatoriana, que comenzó a incorporar enfoques más amplios y preventivos en relación con la gestión ambiental (Narváez 2004; UNEP y FLACSO 2008).

A partir de la década de 1990 y especialmente hacia el período de la promulgación de la nueva Constitución de la República del Ecuador en 2008, la normativa ambiental del país adquirió características clave relacionadas con la prevención y el control de la contaminación ambiental, marcando un giro significativo hacia un enfoque más integral y preventivo. Este período se caracteriza por una mayor conciencia sobre los impactos ambientales de las actividades humanas y la necesidad de una regulación robusta para proteger el ambiente y los recursos naturales del país (UNEP y FLACSO 2008), es decir desde el estado se promulgaron leyes que protegen la naturaleza en tal virtud el 24 de septiembre de 1993 el presidente Sixto Duran Ballen crea la Comisión Asesora Ambiental(CAAM), dependiente de la Presidencia de la República. Posteriormente el presidente Abdalá Bucarán, el 4 de octubre de 1996 mediante Decreto Ejecutivo No. 195 publicado en el Suplemento- Registro Oficial No. 40 del 4 de octubre de 1996 crear el Ministerio del Ambiente sustituyendo la CAAM, centralizando las actividades del Instituto Ecuatoriano de Ecodesarrollo para la Región Amazónica (ECORAE), el Comité Interinstitucional para la Protección del Ambiente (CIPA) y el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN) dispersas hasta ese momento (Krainer et al. 2013).

Con el inicio de la explotación petrolera en la Amazonía en 1967 (Texaco-Gulf), comunidades indígenas —especialmente cofán, siona, secoya, kichwa y huaorani— empezaron a enfrentar contaminación de ríos, deforestación y desplazamientos forzados.

Los derrames de crudo y la quema de gas generaron procesos destructivos severos en la salud y los ecosistemas. Este período dio origen a la resistencia amazónica organizada, que culminó en la fundación de la CONFENIAE (1980) como una plataforma de defensa territorial junto a otras organizaciones sociales (CONFENIAE 2025; A. Rodríguez y Castro 2025).

Los movimientos sociales e indígenas impulsados por la filosofía andina: CONAIE, ECUARUNARI, CONFENIAE, junto con organizaciones como Acción Ecológica, Fundación Pachamama, Coordinadora Ecuatoriana de Organizaciones para la Defensa de la Naturaleza y el Ambiente (CEDENMA) entre otras, son fundamentales para la inclusión de los Derechos de la Naturaleza (Pachamama) (Arts. 71–74); consulta previa, libre e informada a pueblos y nacionalidades indígenas (Art. 57); el paradigma del Buen Vivir (Sumak Kawsay) como eje del desarrollo, en la Constitución de 2008, marcando un cambio histórico, donde la cosmovisión indígena (territorio como espacio de vida y no solo recurso) entró en el marco jurídico (Walsh 2009; Padilla et al. 2017; Equipo de Redacción Chakana News 2021). Esa misma fuerza social se expresa en mecanismos de poder popular como las consultas de 2023: la Corte Constitucional habilitó la consulta impulsada por Yasunidos y el Sí ganó para detener la explotación en el Bloque 43-ITT (Yasuní); en Quito, la consulta del Chocó Andino prohibió la minería metálica en esa reserva de biosfera. Aunque su implementación enfrenta resistencias, estos hitos muestran cómo la movilización social incide en el rumbo de la política ambiental y en los alcances de la EIA (Olmo 2024).

A lo largo de la historia de Ecuador, se han promulgado más de 80 leyes, reglamentos e instrumentos jurídico-administrativos relacionados con la protección del medio ambiente. Estas normativas han sido fundamentales para la evolución y el perfeccionamiento de la legislación ambiental en el país, aunque, lamentablemente, han sido emitidas de manera dispersa y centralizada, lo que ha generado ciertos vacíos en su implementación y una falta de coherencia entre las distintas leyes y políticas públicas. La creación de estos marcos regulatorios ha sido una respuesta a la creciente preocupación por los impactos de las actividades humanas sobre el ambiente, especialmente en áreas relacionadas con la explotación de recursos naturales, la contaminación y la conservación de la biodiversidad (Narváez 2004). Las leyes y normativas ambientales de Ecuador han enfrentado numerosos inconvenientes en su aplicabilidad y control. Estos problemas han surgido principalmente por la falta de recursos económicos y técnicos para implementar las regulaciones de manera efectiva, así como por la falta de claridad en su jurisdicción y

en las competencias de las instituciones encargadas de hacer cumplir estas leyes. La fragmentación del sistema normativo, junto con la dificultad para coordinar diversas leyes y reglamentos, también ha sido un obstáculo significativo (L. Martínez 2019).

2.1.4. La EIA en Ecuador

La legislación sobre Estudios de Impacto Ambiental (EIA) en Ecuador tiene sus raíces en las normativas internacionales que surgieron a fines de la década de 1960 y principios de los setenta, especialmente con la promulgación de la National Environmental Policy Act (NEPA) en los Estados Unidos en 1970 y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en 1972 en Estocolmo. Estos eventos fueron fundamentales para la adopción de principios que reconocen la importancia de los estudios de impacto ambiental como una herramienta clave para la planificación y gestión ambiental, orientados a la prevención de daños irreversibles al medio ambiente. En el contexto de Ecuador, estas influencias internacionales comenzaron a dar forma a las primeras normativas ambientales del país.

En 1976, Ecuador promulgó la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, que fue el primer marco normativo nacional relacionado con el cuidado y la preservación del ambiente. Esta ley fue un paso importante hacia el establecimiento de un sistema de gestión ambiental, aunque inicialmente no incluía la obligatoriedad de realizar Estudios de Impacto Ambiental, sino que se enfocaba más en la regulación de actividades contaminantes de manera general. Sin embargo, marcó el comienzo de la legislación ambiental más estructurada y la necesidad de mecanismos para controlar la contaminación proveniente de diversas actividades productivas, como la industria y la minería (Ecuador 1976).

En 1994, Ecuador dio un paso significativo en el desarrollo de su legislación ambiental al establecer en el punto 13 de las Políticas Básicas Ambientales la obligatoriedad de realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para todas las actividades que pudieran generar impactos negativos sobre el medio ambiente. Este fue uno de los primeros pasos hacia la creación de un marco normativo que asegurara que las actividades productivas, extractivas y de infraestructura pasaran por un proceso de evaluación ambiental antes de su ejecución. Las Políticas Básicas Ambientales de 1994 subrayaron la importancia de que las decisiones de desarrollo estuvieran informadas por una comprensión completa de sus impactos potenciales, con el objetivo de prevenir daños ambientales irreversibles y promover la sostenibilidad (Duran 1994).

El Código Orgánico del Ambiente (COA), aprobado en 2017, representó un esfuerzo por unificar y sistematizar la dispersa normativa ambiental ecuatoriana. Su promulgación se entendió como un paso hacia el cumplimiento de los mandatos constitucionales de 2008, que reconocen a la naturaleza como sujeto de derechos y consagran el principio precautorio, la reparación integral y la imprescriptibilidad de las acciones por daño ambiental (Constitución de la República del Ecuador, 2008, arts. 71–74, 395–397). Sin embargo, a pesar de sus virtudes formales, el COA presenta falencias y debilidades que limitan su eficacia jurídica y su capacidad de garantizar una protección efectiva de la naturaleza (Asamblea Nacional 2017; Asamblea Constituyente de Montecristi 2008).

Una primera falencia es la debilidad institucional para aplicar las disposiciones del COA. Aunque este cuerpo legal asigna competencias claras al Ministerio del Ambiente y Agua y a los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en la práctica estas instituciones carecen de recursos técnicos, financieros y humanos suficientes para ejercer control y seguimiento ambiental. Ello genera una brecha entre lo que la norma dispone y lo que efectivamente se implementa (Tepan y Molina 2024). Otra debilidad central radica en la aplicación limitada del principio precautorio. El COA reconoce formalmente este principio en coherencia con el artículo 73 de la Constitución. No obstante, su implementación se ha subordinado a intereses económicos, particularmente en sectores extractivos como la minería y los hidrocarburos, lo que revela que, pese a que el principio precautorio está normado, su fuerza depende más del control judicial que de la gestión administrativa (Solano y Marín 2024).

La participación ciudadana constituye otra debilidad del COA. A pesar de que se establecen mecanismos formales de consulta y veeduría, estos suelen ser poco vinculantes y se limitan a cumplir requisitos procedimentales. La Corte Constitucional, en la sentencia 51-23-IN/23 (2023), declaró la inconstitucionalidad por la forma del Decreto 754 que regulaba la consulta ambiental, al señalar que esta materia debía desarrollarse mediante ley orgánica y no por decreto ejecutivo (Corte Constitucional del Ecuador 2023). Esto evidenció la fragilidad de los mecanismos de participación previstos en el marco del COA y la necesidad de una regulación robusta que garantice la incidencia real de la ciudadanía.

Finalmente, se observa un vacío en la reparación integral del daño ambiental. Aunque el COA establece la obligación de restauración y la responsabilidad objetiva, en la práctica las medidas se reducen a compensaciones parciales, como reforestación o inversiones comunitarias, sin asegurar la recuperación efectiva de los ecosistemas. El

caso Chevron-Texaco constituye un ejemplo paradigmático de la incapacidad estatal para garantizar reparaciones plenas frente a daños ambientales de gran magnitud (Ribadeneira 2019).

Por lo tanto, pese a que el COA es un avance normativo relevante, adolece de debilidades estructurales que limitan su eficacia: falta de capacidad institucional, aplicación insuficiente del principio precautorio, participación ciudadana reducida y deficiencias en la reparación integral. Estas falencias muestran la distancia entre los mandatos de la Constitución de 2008 y la práctica de la gestión ambiental en Ecuador. Fortalecer el marco normativo y operativo, garantizando la primacía de los derechos de la naturaleza sobre los intereses extractivos, sigue siendo un desafío pendiente.

En el Capítulo IV del Código Orgánico del Ambiente (COA) se establece la obligatoriedad de los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) para proyectos, obras y actividades potencialmente contaminantes, señalando en su artículo 179 que estos deben realizarse de manera adecuada y fundamentada para evaluar, predecir e interpretar los riesgos e impactos tanto inmediatos como a largo plazo sobre ecosistemas y comunidades. El proceso debe ser exhaustivo y transparente, considerando impactos directos e indirectos, e incluir medidas de mitigación, restauración y compensación que garanticen la sostenibilidad ambiental. De esta forma, los EsIA constituyen un instrumento clave para asegurar que los proyectos sean gestionados bajo principios de precaución y sostenibilidad.

La tabla 6 resume la legislación nacional e internacional relacionada a la EIA en el Ecuador en cumplimiento de los acuerdos y tratados suscritos por el país.

Tabla 6
Principales leyes relacionadas con la EIA en Ecuador

Año	Normativa/Evento	Descripción
1972	Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano	Ecuador firma la Declaración, reconociendo la importancia del medio ambiente en las políticas públicas.
1976	Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	Primer marco normativo nacional relacionado con el cuidado y la preservación del ambiente.
1994	Políticas Básicas Ambientales	Se establece en el punto 13 de las Políticas Básicas Ambientales la obligatoriedad de realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para todas las actividades que pudieran generar impactos negativos sobre el medio ambiente.

2017	Código Orgánico del Ambiente	Uno de los aspectos más relevantes del COA es la regulación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el cual se establece como una obligación para todos los proyectos, obras y actividades con potencial de generar impactos negativos en el medio ambiente.
------	------------------------------	--

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

El propósito principal de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos con potencial de contaminación es reducir los efectos socioambientales generados por la actividad propuesta. Sin embargo, este objetivo no ha sido alcanzado, y la realidad evidencia la ineficacia de la normativa. Un ejemplo claro de ello es la industria extractiva petrolera en la Amazonía ecuatoriana desde 1964. En esta región, no solo no se ha logrado la protección del medio ambiente ni el desarrollo esperado, sino que, por el contrario, los impactos negativos han aumentado. Entre estos impactos se encuentran la pérdida de especies, la contaminación de fuentes de agua, suelo y aire, el desplazamiento de comunidades nativas, y el deterioro de la salud de las poblaciones locales, que incluyen casos de cáncer y otras enfermedades que no se reportaban antes de las actividades hidrocarburíferas en la zona. Todo esto ha estado acompañado de una falta de atención por parte del Estado.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA), al ser un proceso técnico de gestión, no refleja siempre la realidad del sector en el que se aplica. Esto se debe a diversos procesos y sus interacciones que lo determinan, como el incumplimiento de las normativas por parte de los promotores del proyecto, la falta de recursos técnicos y humanos, presupuestos limitados (debido a baja inversión), y la insuficiencia de control y seguimiento por parte de las autoridades. Esta deficiencia se debe a la falta de personal capacitado, recursos económicos limitados, pasividad, falta de compromiso, superposición de competencias y fallas técnicas. Como consecuencia, estos procesos resultan en la creación de espacios insostenibles, sin soberanía, falta de solidaridad, e inseguros para la vida en el planeta.

La falta de ética y responsabilidad ambiental y social de las empresas establecidas, en complicidad con la autoridad competente y los gobiernos a nivel general y local, así como deficiencias estructurales en la propia normativa, atentan la vida de las comunidades asentadas en los alrededores y su ambiente. La normativa aplicada no considera las determinaciones locales, ni el modelo de producción aplicado, ya que la actividad productiva es considerada como genérica y no con sus especificidades, Ante tal

escenario, se hace necesario una nueva visión de la EIA, que fomente la sustentabilidad, solidaridad, soberanía y la seguridad procurando un metabolismo respetuoso entre la sociedad y la naturaleza, promotor de la salud humana y protector de los ecosistemas, contrario al paradigma dominante de acumulación de capital y destructor de la vida.

Como se mencionó previamente, existen varios factores que contribuyen a la crisis ambiental actual en Ecuador, y muchos de estos tienen que ver con deficiencias en el sistema de gestión ambiental. Uno de los problemas clave radica en que el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), aunque es un procedimiento técnico, no refleja adecuadamente la realidad del sector donde se aplica. En muchos casos, la normativa no se adapta a las particularidades del modelo de producción de cada actividad, lo que lleva a una evaluación superficial y no representativa de los impactos que pueden generar ciertas prácticas productivas en el ambiente y las comunidades. Las empresas, especialmente aquellas en sectores extractivos como la minería, el extractivismo agrícola y la explotación petrolera, a menudo no siguen las normas establecidas o no las implementan correctamente, lo que permite que se lleven a cabo actividades tóxicas para el medio ambiente sin las debidas medidas de mitigación en complicidad con las autoridades.

La falta de recursos tanto técnicos como humanos provoca que las autoridades encargadas de la supervisión, como el Ministerio del Ambiente, enfrentan serias limitaciones en términos de personal capacitado, lo que afecta su capacidad para hacer cumplir la ley y realizar monitoreos efectivos. La escasez de recursos económicos también limita la capacidad de intervención de las instituciones responsables de la protección ambiental. Esta deficiencia en los recursos contribuye a la pasividad de las autoridades y a la falta de compromiso en la aplicación de las políticas ambientales. Adicionalmente, la superposición de competencias entre las diferentes entidades gubernamentales crea confusión y dificulta la gestión eficaz de los recursos y la toma de decisiones, lo que a su vez retrasa o impide la acción inmediata ante situaciones de impacto ambiental. Las deficiencias técnicas en la capacidad para realizar análisis rigurosos de impacto también juegan un papel importante en la falta de efectividad de las políticas ambientales.

En respuesta a las deficiencias presentadas, han emergido enfoques más integrales, como la *salud planetaria* que se refiere a la interdependencia entre la salud humana y el ambiente, influenciada por procesos biológicos, sistemas de salud, estilos de vida y condiciones ambientales. Este campo estudia las interacciones humanas en los sistemas naturales y sus impactos en la salud colectiva, buscando soluciones basadas en

evidencia para un mundo sostenible y equitativo. Conductas como el consumo de tabaco, alcohol, alimentación, sedentarismo y actividad física influyen tanto en la salud personal como en el medio ambiente. El crecimiento poblacional y el consumo excesivo contribuyen al agotamiento de recursos naturales y a la generación de desechos tóxicos, afectando la salud del planeta y la humana. Las decisiones sobre estilos de vida dependen no solo de factores biológicos o del entorno, sino también de elementos políticos, socioeconómicos, culturales, laborales, educativos y del acceso a sistemas de salud. La Atención Primaria juega un papel clave en la promoción de estilos de vida saludables, permitiendo a profesionales asesorar sobre la importancia de elecciones cotidianas para la salud individual y ambiental (Egea y del Campo 2023).

Y el *análisis multicriterio* que es una herramienta para resolver problemas complejos con múltiples alternativas y criterios, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales tanto cualitativos como cuantitativos. Su principal ventaja es facilitar la toma de decisiones al minimizar conflictos y ofrecer estructura, transparencia y rigor al proceso decisional. Este análisis presenta varias ventajas: Es abierto y explícito, permitiendo un mejor análisis de resultados, es fácilmente ajustable a objetivos y criterios según las necesidades, se puede, modificar los cálculos de acuerdo con los requerimientos del proyecto, permite la reducción de la subjetividad en los resultados. Pero también presenta sus desventajas: la falta una metodología específica para evaluar los impactos ambientales en proyectos específicos, ausencia de estandarización y la necesidad de analizar su aplicabilidad a gran escala para validar su idoneidad en estos proyectos (L. García 2004; Herbas y Linera 2023).

En Ecuador, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se considera uno de los instrumentos más relevantes de la política ambiental, establecido en la Constitución de 2008 y desarrollado en el Código Orgánico del Ambiente (Asamblea Nacional 2017). Su objetivo es prevenir, mitigar y reparar los daños derivados de actividades económicas, especialmente extractivas, que puedan afectar los ecosistemas y a las comunidades. No obstante, pese a la existencia de un marco normativo amplio, el funcionamiento de la EIA enfrenta serias limitaciones que comprometen su eficacia real como herramienta de protección ambiental.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) es la autoridad rectora del sistema de EIA, y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) tienen competencias complementarias en la gestión ambiental. Sin embargo, informes internacionales señalan que el Ecuador presenta un déficit de capacidades

técnicas y financieras para implementar procesos rigurosos de control y seguimiento (World Bank 2007). En la práctica, muchas autoridades carecen de personal especializado en toxicología, hidrocarburos o biodiversidad, lo que genera una brecha entre la normativa y la implementación. Esta debilidad favorece la captura institucional por intereses económicos, donde proyectos con alto riesgo ambiental logran obtener licencias sin que se evalúen de manera integral sus impactos acumulativos y de largo plazo.

Los EsIA son elaborados por consultoras ambientales privadas acreditadas en el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), cuya responsabilidad es presentar estudios técnicos objetivos. Sin embargo, el modelo presenta un problema estructural: las consultoras son contratadas y financiadas por las mismas empresas interesadas en ejecutar los proyectos. Este diseño genera conflictos de interés que ponen en entredicho la independencia técnica de los estudios. De esta forma muchas consultoras terminan operando como facilitadoras de licencias ambientales, reduciendo la EIA a un trámite formal antes que a un verdadero proceso precautorio. Esto explica por qué los EsIA suelen minimizar riesgos y proponer medidas de mitigación insuficientes, mientras los impactos reales en comunidades y ecosistemas se evidencian posteriormente (Ribadeneira 2019).

La descentralización de competencias ambientales a los GAD, planteada en la Constitución y recogida en el COA, buscaba acercar la gestión a los territorios y fortalecer la participación ciudadana. No obstante, en la práctica, la descentralización ha derivado en fragmentación institucional y en diferencias marcadas en la calidad del control ambiental según la capacidad técnica de cada gobierno local. La mayoría de los GAD no cuentan con laboratorios, especialistas ni recursos para auditar el cumplimiento de los planes de manejo ambiental, lo que genera un vacío en la fiscalización. Así, la descentralización se convierte en un proceso desigual que, lejos de garantizar mayor protección, produce asimetrías territoriales en la aplicación de la EIA y los consecuentes impactos ambientales.

Actualmente en Ecuador, el Código Orgánico del Ambiente establece la obligatoriedad de realizar Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) para proyectos agroindustriales por tratarse de una actividad con alta probabilidad de contaminación. Estos deben evaluar impactos directos e indirectos, así como definir medidas de mitigación, compensación y restauración. Entre los aspectos críticos que deben considerarse se incluyen: la contaminación del agua por agroquímicos y fertilizantes, la degradación del suelo por monocultivos extensivos, la pérdida de biodiversidad, y la exposición de trabajadores y comunidades a plaguicidas (Asamblea Nacional 2017).

La EIA en la agroindustria también presenta limitaciones estructurales. Generalmente, los estudios son elaborados por consultoras privadas contratadas por las propias empresas, lo que genera un conflicto de interés y sesgos en la identificación de impactos. El extractivismo agrícola constantemente expande los monocultivos como banano, palma africana o flores, utilizan altos niveles de agrotóxicos, técnicas, maquinarias y tecnologías que generan distintos procesos destructivos sobre la salud y los ecosistemas (F. Ahmad et al. 2024; Breilh 2010a). La implementación y control del cumplimiento de regulaciones, la capacitación y la educación adecuadas pueden ayudar a mitigar los impactos negativos del uso de agrotóxicos y promover prácticas agrícolas más seguras y sostenibles.

Uno de los casos evidentes es el incumplimiento de la normativa relacionada con el manejo y disposición de recipientes plásticos establecida en el Acuerdo Ministerial No. 021 Instructivo para la gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola del 2013 (MAE 2013), que obliga a realizar el triple lavado y la inutilización de los envases, además de su entrega en centros de acopio primario, pero la mayoría de agricultores desconocen la técnica del triple lavado o reutilizan envases para almacenar agua o alimentos, lo cual representa un grave riesgo sanitario (FAO/WHO 2008). Que en general no se cumple pese a las campañas realizadas por los organismos de control y aliados, pese a la obligatoriedad que tienen los importadores, fabricantes y distribuidores de implementar un Plan de Gestión Integral (PGI) y presentar informes a la autoridad ambiental. Asimismo, los productores están obligados a registrarse como generadores de desechos peligrosos y trabajar con gestores autorizados (MAE 2013).

Como se explicó anteriormente la descentralización de competencias hacia los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) ha generado tanto avances como desafíos. Si bien algunos gobiernos locales han establecido centros de acopio y programas de capacitación (MAG 2023), otros carecen de infraestructura y presupuesto para fiscalizar la gestión de estos residuos. Esto genera asimetrías territoriales, en las que la eficacia de la normativa depende más de la capacidad institucional local que del mandato nacional.

Aunque Ecuador cuenta con un marco legal que regula los envases plásticos de agrotóxicos bajo criterios de responsabilidad compartida, prevención y precaución, su aplicación enfrenta dificultades estructurales: débil control institucional, falta de capacitación en zonas rurales y persistencia de prácticas inadecuadas como la quema o el entierro de envases. Para superar estas falencias, se requiere la participación activa de

todos los implicados empresarios, gobernó y comunidad a fin de fortalecer la educación ambiental comunitaria, dotar de recursos a los GAD y establecer mecanismos de trazabilidad efectivos que aseguren el cumplimiento del ciclo de vida de los envases, en consonancia con los principios constitucionales de derechos de la naturaleza y salud colectiva.

3. Los modelos de evaluación de los impactos sobre la salud humana y los ecosistemas aplicados en la EIA

La evaluación de los impactos derivados de las actividades industriales sobre la salud y el ambiente se ha basado, tradicionalmente, en modelos orientados a identificar, prever y mitigar los efectos negativos de dichas actividades. Estos enfoques tienden a privilegiar metodologías cuantitativas y mecanicistas que, aunque efectivas en ciertos casos, frecuentemente carecen de una perspectiva crítica e integral. Esto puede resultar en una simplificación de la complejidad de los sistemas ecológicos y de salud, además de enfocarse más en mitigar los impactos que en prevenirlos.

3.1. Modelos tradicionales de evaluación de impactos

A través de la historia, se han desarrollado diversos modelos y métodos para evaluar los impactos de las actividades industriales en la salud y el medio ambiente, incluyendo al extractivismo agrícola. Entre los más utilizados destacan: Listas de Verificación, Matrices (e.g., Matriz de Leopold), Métodos de Redes de Interacción, Modelos Matemáticos y Predictivos, Análisis Multicriterio (Rathi 2021). Sin embargo, estos enfoques han mostrado limitaciones significativas en su aplicación debido a sus características: suelen enfocarse en impactos específicos sin considerar interacciones sistémicas o efectos acumulativos; priorizan indicadores biofísicos y económicos, dejando de lado dimensiones sociales, culturales y éticas; y carecen de perspectivas holísticas como la Epidemiología Crítica, la Determinación Social de la Salud o la Salud Colectiva y la Ecología política.

3.1.1. Modelo de listas de verificación, chequeo o control

Las listas de chequeo o verificación representan el primer método aplicado en la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA), son herramientas estructuradas que enumeran los elementos clave relacionados con un proyecto o actividad, permitiendo identificar y evaluar sus impactos potenciales sobre el medio ambiente. Estas listas

contienen preguntas específicas sobre las actividades y sus efectos posibles sobre componentes ambientales como el aire, agua, suelo, flora, fauna y aspectos socioeconómicos. Se emplean principalmente para realizar una revisión sistemática y cualitativa de los aspectos ambientales relevantes y para verificar el cumplimiento de normativas específicas, actualmente las listas de chequeo son específicas para cada tipo de proyecto, son herramientas fáciles de aplicar y analizar pero muy limitadas para estudios complejos (Canter 1998; Gomez 1999; Garmendia et al. 2005; Moreira y Ribeiro 2008; Morris y Therivel 2009; Conesa 2010; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Ferrer 2015; Soto 2019; Rathi 2021).

Son aplicadas en las primeras etapas de la EIA para evaluar riesgos generales y decidir la necesidad de estudios detallados, verificar cumplimiento normativo y requisitos legales ambientales, revisar el cumplimiento de medidas de mitigación y control y como herramienta educativa para enseñar los aspectos básicos de la evaluación ambiental a estudiantes, nuevos profesionales y actores involucrados. Existen varios tipos de listas, entre las más utilizadas están las listas simples, descriptivas, escalonadas y cuestionarios, a continuación, realizaremos un breve resumen de estas.

Las listas simples son herramientas útiles para identificar de manera rápida los impactos potenciales en proyectos de pequeña escala o durante las etapas iniciales de una evaluación. No obstante, en proyectos más complejos o con mayores riesgos de impacto, es necesario complementarlas con métodos más detallados. Estas listas se caracterizan por su facilidad de uso, ya que no requieren formación técnica especializada, su rápida implementación, que permite obtener resultados preliminares en poco tiempo, y su versatilidad para adaptarse a diferentes sectores y contextos, lo que las hace ideales para proyectos con recursos limitados. Sin embargo, presentan desventajas como la falta de profundidad al no abordar aspectos como la magnitud, duración o alcance de los impactos, su alta dependencia del juicio del evaluador y su limitada aplicabilidad en situaciones complejas (Canter 1998; Espinoza 2006; Moreira y Ribeiro 2008; Conesa 2010; Mareddy 2017; Soto 2019).

Las listas descriptivas son una herramienta valiosa en la EIA cuando se necesita un análisis profundo y detallado de los impactos. Aunque requieren más tiempo y esfuerzo, su capacidad para capturar información cualitativa las hace esenciales en proyectos complejos o en contextos sensibles, permiten al evaluador proporcionar observaciones detalladas y cualitativas sobre los impactos ambientales identificados. Estas listas van más allá del formato binario (“Sí/No”) y son útiles para análisis más

profundos o en situaciones que requieren explicaciones completas. Presentan varias ventajas sobre las listas simples: Capturan información cualitativa que no es posible con formatos cerrados; Se adaptan a diversos tipos de proyectos y contextos; Integran perspectivas de múltiples actores, incluyendo comunidades locales y expertos técnicos. Entre sus desventajas tenemos: Su aplicación y análisis pueden ser más lentos que con listas simples o cerradas; La calidad de las descripciones depende de la experiencia y juicio del evaluador; La información cualitativa puede ser difícil de cuantificar o comparar entre proyectos (Canter 1998; Espinoza 2006; Moreira y Ribeiro 2008; Conesa 2010).

Las listas escalonadas son herramientas poderosas en la EIA, especialmente en proyectos complejos que requieren un análisis detallado y estructurado. Su diseño jerárquico permite abordar impactos en diferentes niveles, facilitando tanto la identificación de problemas críticos como la planificación de estrategias de mitigación. Presentan las siguientes ventajas: Su estructura jerárquica facilita una evaluación detallada y ordenada; su flexibilidad permite adaptarse según el nivel de detalle requerido y el tipo de proyecto; permiten priorizar, identificando los aspectos más críticos para destinar recursos; facilita la toma de decisiones ya que proporciona un marco claro y comprensible para evaluar alternativas y desarrollar estrategias. Por otro lado presenta las siguientes desventajas: Requiere más tiempo y recursos que las listas simples o generales; su implementación puede ser compleja para proyectos con múltiples interacciones; La calidad del análisis depende en gran medida del conocimiento técnico del equipo de evaluación (Espinoza 2006; Conesa 2010).

Los cuestionarios son herramientas utilizadas en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para recopilar información específica y estructurada sobre las posibles interacciones de un proyecto con su entorno. Estos instrumentos permiten la participación de expertos, comunidades y partes interesadas en el proceso de evaluación, aplicando herramientas flexibles que se pueden adaptar a diferentes tipos de proyectos y audiencias con pocos recursos para su diseño y aplicación, lo que facilita su implementación, ; permitiendo obtener datos de primera mano de partes interesadas, favoreciendo el involucramiento de comunidades y actores clave. Las principales deficiencias de esta herramienta son: Las respuestas pueden reflejar opiniones más que hechos verificables, alta subjetividad; Si se trabaja con cuestionarios abiertos el análisis puede ser lento y laborioso; Las preguntas mal diseñadas pueden generar respuestas irrelevantes o confusas (Espinoza 2006; Moreira y Ribeiro 2008).

Las listas de chequeo son herramientas que se han aplicado y se siguen aplicando en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en diversos sectores y etapas de la evaluación, ya que tienen gran capacidad para organizar y sistematizar la identificación de posibles impactos ambientales en un proyecto de forma simple y versátil. Sin embargo, su aplicación debe ser complementada con métodos más robustos para proyectos complejos. Aunque ofrecen un buen punto de partida, depender exclusivamente de ellas puede resultar en evaluaciones incompletas, lo que subraya la necesidad de combinarlas con enfoques más detallados y participativos.

Por otro lado, las listas de chequeo o verificación tienden a centrarse en impactos ambientales directos, dejando de lado las dinámicas sociales, económicas y políticas que determinan la contaminación, no se consideran cómo los modelos productivos, la inequidad social o las políticas de desarrollo favorecen la generación de contaminación. Su efectividad depende de la inclusión de ítems que aborden explícitamente factores sociales y culturales, algo que no siempre está presente especialmente cuando se trata del uso de sustancias tóxicas y la generación de procesos toxicogénicos sobre la salud y el ambiente como es el caso del extractivismo agrícola.

3.1.2. Modelo de matrices

Las matrices en las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) son herramientas interactivas (causa-efecto), fueron de las primeras metodologías de la EIA aplicadas, son sistemáticas, permiten organizar y analizar las interacciones entre las actividades de un proyecto y los componentes ambientales afectados. Facilitan la identificación de impactos directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos, estructurando información compleja para determinar su alcance y magnitud. Estas herramientas son especialmente útiles en proyectos de alta complejidad y gran escala, como minería o infraestructura, donde los impactos a largo plazo son críticos (Leopold et al. 1971; Canter 1998; Garmendia et al. 2005; Morris y Therivel 2009; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Rathi 2021).

Su flexibilidad permite adaptarlas a diversos contextos y complementarlas con métodos como simulaciones y análisis de riesgo, fortaleciendo la toma de decisiones y el diseño de estrategias de mitigación más sostenibles y aceptables socialmente. Sin embargo, su eficacia depende de la calidad de los datos y la experiencia del equipo evaluador. A pesar de sus limitaciones, las matrices son fundamentales para lograr sostenibilidad y aceptación social en proyectos ambientales (Leopold et al. 1971; Moreira y Ribeiro 2008; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Ferrer 2015; Rathi 2021).

Son aplicables a proyectos de alta complejidad, permiten relacionar acciones del proyecto con efectos ambientales en componentes como suelo, aire, agua, flora y fauna, asignando valores a los impactos según su severidad y relevancia, lo que ayuda a identificar los impactos más significativos para diseñar estrategias de mitigación efectivas. Adicionalmente ofrecen información clara para tomadores de decisiones y permiten comparar alternativas del proyecto. Aunque presentan limitaciones, su flexibilidad permite adaptarlas a diferentes contextos. La clave para su eficacia radica en la calidad de los datos disponibles y la experiencia del equipo evaluador. Como parte de un enfoque integral, complementan otros métodos como modelos de simulación o análisis de riesgo, fortaleciendo el proceso de toma de decisiones y el diseño de estrategias de mitigación (Garmendia et al. 2005; Moreira y Ribeiro 2008; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Soto 2019; Rathi 2021).

Se han aplicado muchos modelos de matrices con sus variaciones, entre los más destacados se encuentra la Matriz de Leopold, desarrollada en 1971. Este método organiza los factores de acción y los componentes ambientales en una tabla bidimensional, combinando evaluaciones cualitativas y cuantitativas. Ofrece un enfoque detallado y estructurado para analizar la magnitud y relevancia de los impactos, siendo ampliamente utilizada en proyectos de gran envergadura. Sin embargo, su aplicación requiere una inversión significativa de tiempo y se basa en juicios subjetivos para asignar los valores (Leopold et al. 1971; Canter 1998; Ferrer 2015; Rathi 2021).

La Matriz Cualitativa evalúa los impactos utilizando categorías descriptivas como “bajo”, “moderado” o “alto”. Es sencilla de aplicar y accesible para quienes no son especialistas, aunque presenta limitaciones en cuanto a precisión y puede ser influenciada por la subjetividad de los evaluadores. Por otro lado, las matrices ponderadas asignan un peso relativo a los factores ambientales según su relevancia, lo que facilita la priorización de los impactos más significativos. Sin embargo, su aplicación exige datos sólidos y la participación de expertos en evaluación ambiental para garantizar su efectividad (Moreira y Ribeiro 2008).

Las matrices ponderadas otorgan un peso relativo a los factores ambientales en función de su relevancia, lo que permite priorizar los impactos de manera más clara. Este enfoque facilita la comparación de alternativas y respalda decisiones fundamentadas. No obstante, su implementación demanda datos confiables y la intervención de expertos, además de que puede estar influenciada por subjetividades al asignar los pesos (Canter

1998; Garmendia et al. 2005; Moreira y Ribeiro 2008; Morris y Therivel 2009; Soto 2019).

Los aportes del modelo de matrices en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) son muy importantes debido a su capacidad para estructurar y analizar la interacción entre actividades humanas y el entorno natural. Su uso es efectivo en las etapas iniciales de la planificación del proyecto, donde pueden guiar la identificación temprana de problemas críticos y la selección de alternativas sostenibles. Sin embargo, deben complementarse con otras herramientas, como análisis de riesgos, simulaciones computacionales y Sistemas de Información Geográfica (SIG), para abordar las limitaciones en proyectos complejos. Las matrices pueden ofrecer una perspectiva más integral, ayudando a evaluar no solo proyectos específicos sino también planes y políticas regionales.

Las técnicas y metodologías empleadas en la EIA como las matrices presentan limitaciones estructurales y metodológicas que responden a un sesgo reduccionista que deja a un lado las dimensiones sociales, políticas y económicas que configuran los procesos de salud-enfermedad y la degradación ambiental. Por un lado, reducen los impactos a variables aisladas, sin considerar las complejas interacciones entre los procesos sociales que determinan la intoxicación y las dinámicas ecosistémicas involucradas (Breilh 2023a). Tratan los impactos como cuestiones meramente técnicas, excluyendo los conflictos de poder que subyacen a la toma de decisiones ambientales (J. Martínez 2009).

Las técnicas de matrices tienden a centrarse en indicadores que priorizan variables fácilmente identificables y cuantificables dentro del amplio espectro de contaminantes y sus impactos sobre el ambiente. Sin embargo, esta aproximación deja de lado los procesos socioculturales y las dinámicas comunitarias, lo que resulta en evaluaciones parciales que no reflejan la complejidad de los impactos ambientales ni consideran aspectos como la seguridad o la pérdida de los modos de vida de las comunidades afectadas. Este sesgo favorece resultados que benefician intereses económicos, facilitando la aprobación de proyectos con elevados impactos negativos, como los extractivistas o agroindustriales entre otros.

Por lo tanto, es fundamental replantear las matrices utilizadas en la EIA desde una perspectiva crítica y sistémica. Este enfoque debe integrar propuestas basadas en la determinación social de la salud, evaluando las desigualdades en la distribución de riesgos e impactos, y promoviendo la participación activa de las comunidades en la identificación de procesos destructivos y en la selección de indicadores relevantes. Además, se debe

considerar las interacciones complejas entre los procesos sociales, económicos y ambientales, así como los efectos acumulativos y de largo plazo que las matrices tradicionales no logran abarcar. De este modo, se garantizará que los resultados de la EIA respalden decisiones que impulsen la sostenibilidad y la justicia social.

3.1.3. Modelo de redes de interacción

Los modelos de redes en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) son herramientas visuales o matemáticas que representan las relaciones causales y efectos entre las actividades de un proyecto y los impactos sobre el medio ambiente. Estos modelos ayudan a identificar y analizar las interacciones entre diversos factores ambientales, facilitando la predicción de cómo un cambio en un componente puede afectar a otros en el sistema ambiental. Además, permiten evaluar la sostenibilidad de los proyectos y apoyan la toma de decisiones informadas para promover un desarrollo más sostenible. (Canter 1998; Gomez 1999; Garmendia et al. 2005; Moreira y Ribeiro 2008; Morris y Therivel 2009; Conesa 2010; L. Sánchez 2010; Soto 2019). Los modelos pueden representar los impactos directos e indirectos de un proyecto a lo largo de sus diferentes etapas, y se dividen principalmente en dos tipos: redes causales y redes temporales.

Las redes causales en EIA representan las relaciones de causa-efecto entre las actividades de un proyecto y los impactos ambientales resultantes. Este tipo de red ayuda a visualizar cómo una acción específica, como la construcción de una infraestructura o la operación de una planta, puede desencadenar una serie de efectos tanto directos como indirectos sobre el medio ambiente. Las redes causales permiten identificar y analizar las interacciones entre diferentes componentes del sistema ambiental, lo que facilita la predicción de impactos inmediatos y a largo plazo. Son herramientas clave para entender las consecuencias de las decisiones del proyecto y para tomar medidas preventivas o correctivas cuando sea necesario (Canter 1998; Moreira y Ribeiro 2008; Soto 2019).

Las redes temporales en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se enfocan en la evolución de los impactos a lo largo del tiempo. Este tipo de modelo permite representar cómo los impactos ambientales de un proyecto pueden variar a medida que el proyecto avanza, considerando las diferentes fases del mismo (como la construcción, operación y desmantelamiento). Las redes temporales son fundamentales para prever no solo los efectos inmediatos, sino también los impactos a mediano y largo plazo, ayudando a gestionar los riesgos y planificar las estrategias de mitigación más adecuadas para cada etapa del proyecto (Canter 1998; Soto 2019; Rathi 2021).

Los modelos de redes en la EIA ofrecen flexibilidad, claridad visual, y capacidad predictiva, haciendo que sean herramientas esenciales para la gestión de impactos ambientales: Permiten visualizar las relaciones y los impactos entre múltiples componentes del sistema ambiental, ofreciendo una representación clara de sus interacciones; Facilitan la anticipación de los impactos, ayudando en la planificación y en la implementación de medidas preventivas; Son aplicables a diversos tipos de proyectos, desde grandes desarrollos industriales hasta proyectos de menor escala, lo que los hace útiles en una amplia variedad de evaluaciones; Ayudan a gestionar los efectos acumulativos de varios proyectos o actividades a lo largo del tiempo, proporcionando una visión precisa de los efectos combinados sobre el medio ambiente; Permiten detectar problemas no anticipados en las fases iniciales del proyecto, lo que facilita la intervención temprana para mitigar impactos (Canter 1998; Garmendia et al. 2005; Moreira y Ribeiro 2008; Conesa 2010; L. Sánchez 2010; Rathi 2021).

Los modelos de redes se utilizan de manera extensiva en la EIA, pero presentan diversas limitaciones que deben ser tomadas en cuenta al implementarlos. Su diseño y ejecución son complicados debido a la gran cantidad de variables involucradas, que varían según la complejidad del proyecto y los impactos que genera. Además, la falta de datos completos o precisos dificulta la exactitud y la aplicación efectiva del modelo. Otra dificultad es la incapacidad para cuantificar de manera precisa los impactos ambientales, ya que estos son multidimensionales y están sujetos a numerosas interacciones. Aunque algunos modelos intentan integrar enfoques cuantitativos, los efectos suelen ser demasiado complejos para ser representados numéricamente de forma adecuada, lo que genera incertidumbre en los resultados (Canter 1998; Moreira y Ribeiro 2008; L. Sánchez 2010; Rathi 2021).

Los impactos a largo plazo son frecuentes en proyectos como los de minería, agroindustria o construcción de infraestructuras, donde los efectos pueden persistir y cambiar con el tiempo; sin embargo, su representación resulta compleja, lo que dificulta la realización de predicciones precisas. Para hacer los resultados más manejables, se recurre a simplificaciones que a menudo son excesivas, lo que puede subestimar efectos secundarios o pasar por alto impactos indirectos, afectando la validez y la exhaustividad de la evaluación. Aunque los modelos de redes ofrecen representaciones visuales claras de las relaciones causales, su interpretación puede ser complicada para los tomadores de decisiones sin experiencia técnica o para el público general (Canter 1998; Moreira y Ribeiro 2008; L. Sánchez 2010; Rathi 2021).

No existe un enfoque único para la aplicación de modelos de redes en la EIA, lo que da lugar a una implementación inconsistente. La ausencia de normas uniformes en su desarrollo puede causar variaciones considerables entre los resultados de diferentes proyectos, lo que dificulta la comparabilidad y reduce su utilidad en estudios de impacto a gran escala. Las complejidades de los sistemas naturales y sociales no siempre se pueden reflejar de manera adecuada en un modelo de red. Además, la complejidad de las redes puede dificultar la interpretación de los resultados, limitando así su efectividad como herramienta de comunicación y participación pública. A pesar de ser útiles para identificar relaciones causales, los modelos de redes tienen limitaciones para medir con precisión la magnitud de los impactos, lo que puede restringir su aplicabilidad en evaluaciones más rigurosas.

3.1.4. Modelos matemáticos y predictivos

Los modelos matemáticos en la EIA son herramientas clave para predecir y cuantificar los efectos de proyectos sobre el medio ambiente mediante ecuaciones y simulaciones basadas en datos. Se dividen principalmente en dos tipos: empíricos y internamente descriptivos. Estos modelos se utilizan en áreas como la calidad del aire, la dispersión de contaminantes, la calidad del agua y la biodiversidad, ayudando a simular escenarios y evaluar riesgos para guiar la toma de decisiones. La importancia de estos modelos radica en su capacidad para realizar predicciones precisas de los impactos ambientales antes de que los proyectos se lleven a cabo, lo cual facilita la identificación de alternativas más sostenibles y la prevención de daños ecológicos. Sin embargo, su utilidad depende de la calidad de los datos y de una comprensión adecuada de los procesos subyacentes. Los modelos matemáticos utilizan ecuaciones para describir fenómenos como la dispersión de contaminantes o el comportamiento de ecosistemas, estos modelos son fundamentales para predecir los impactos ambientales con precisión, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la gestión adecuada de los recursos, asegurando el cumplimiento de normativas (Canter 1998; Gomez 1999; Garmendia et al. 2005; Moreira y Ribeiro 2008; L. Sánchez 2010; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Ferrer 2015; Soto 2019; Rathi 2021).

Existen diferentes tipos de modelos: Modelos empíricos o de “caja negra”, Modelos internamente descriptivos, Modelos deterministas, Modelos estocásticos, Modelos analógicos, Modelos conceptuales, entre otros.

Los modelos empíricos o de “caja negra” se basan en la relación entre las variables de entrada (inputs) y salida (outputs) sin explicar los procesos internos del sistema. Estos modelos utilizan datos empíricos y patrones observados para realizar predicciones, siendo útiles cuando los sistemas son complejos o el conocimiento de los mecanismos subyacentes es limitado. Son ideales para la predicción de impactos ambientales en sistemas donde los datos históricos están disponibles pero los procesos subyacentes son difíciles de modelar (Canter 1998; Gomez 1999; Rathi 2021).

Los modelos internamente descriptivos son representaciones matemáticas que describen los procesos internos de un sistema ambiental basándose en el conocimiento detallado de su funcionamiento. Estos modelos buscan capturar la dinámica y las interacciones entre los diferentes componentes del sistema, permitiendo una comprensión más profunda de los mecanismos que generan los impactos ambientales. Estos modelos se utilizan en escenarios donde es necesario entender y predecir procesos detallados, como la dispersión de contaminantes en la atmósfera, el transporte de sedimentos en ríos o los cambios en los ecosistemas como resultado de actividades humanas (Canter 1998; Rathi 2021).

Los modelos deterministas son herramientas matemáticas que proporcionan resultados específicos y exactos para un conjunto de condiciones iniciales conocidas. Estos modelos son ampliamente utilizados en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) porque ofrecen predicciones claras y cuantificables basadas en las relaciones definidas entre las variables. Los modelos deterministas se utilizan para evaluar impactos donde los procesos físicos o químicos son predecibles (Canter 1998; Rathi 2021).

Los modelos estocásticos son herramientas matemáticas que incorporan la incertidumbre y las probabilidades en sus cálculos, permitiendo prever una gama de posibles resultados en lugar de un único valor fijo. En la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), estos modelos son particularmente útiles para representar sistemas complejos donde las condiciones y los datos son variables o inciertos. Se utilizan ampliamente en contextos donde las condiciones no pueden predecirse con certeza (Rathi 2021).

Los modelos analógicos son representaciones físicas a escala reducida de un sistema real, diseñadas para simular sus características y comportamiento bajo ciertas condiciones. En la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), estos modelos permiten comprender y prever la dinámica de sistemas complejos de manera visual y tangible. Se aplican para simular flujos de agua y sedimentos en ríos o estuarios, evaluar el impacto

de estructuras físicas, como presas o puentes, sobre el entorno circundante y probar la eficacia de sistemas de control de contaminación, como filtros o barreras (Rathi 2021; Ferrer 2015).

Los modelos conceptuales son descripciones cualitativas que representan las relaciones e interacciones entre los componentes de un sistema ambiental. En la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), estos modelos son herramientas clave para conceptualizar cómo un proyecto podría afectar al entorno, proporcionando una visión general de los procesos involucrados. Se aplican para la identificación preliminar de impactos potenciales en proyectos de desarrollo, diseño de estrategias para mitigar impactos negativos basándose en interacciones críticas del sistema y facilitación de la comunicación de ideas complejas a tomadores de decisiones o al público general (Canter 1998; Ferrer 2015).

Las ventajas de los modelos matemáticos en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) incluyen: Cuantificación precisa de los impactos, lo que permite un análisis detallado y objetivo de los efectos ambientales; Mejora de la toma de decisiones, al proporcionar datos más precisos que las evaluaciones cualitativas, facilitando la planificación y gestión de recursos; Identificación de alternativas sostenibles, permitiendo comparar diferentes opciones y elegir la más adecuada para el medio ambiente; Integración de múltiples variables ambientales, como la calidad del agua o la intensidad del viento, lo que ayuda a analizar sistemas ecológicos complejos; Prevención de daños significativos, al identificar tempranamente áreas sensibles o vulnerables al impacto de un proyecto; Optimización de alternativas, simulando varios escenarios para elegir la opción menos perjudicial para el medio ambiente; Reducción de incertidumbre, ofreciendo herramientas para reducir la incertidumbre en la toma de decisiones, especialmente en la predicción precisa de los impactos ambientales (Canter 1998; Gomez 1999; L. Sánchez 2010; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Ferrer 2015; Soto 2019; Rathi 2021).

Las desventajas de los modelos matemáticos en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) incluyen: Dependencia de datos de alta calidad: Requieren datos precisos y completos, cuya obtención puede ser costosa y laboriosa; Complejidad técnica: La interpretación de los resultados puede ser difícil sin conocimientos especializados y el uso de herramientas avanzadas, lo que aumenta los costos y recursos necesarios; Requieren grandes cantidades de datos, lo que demanda tiempo y recursos significativos para su recolección y análisis; Dependencia de suposiciones: Los modelos se basan en

hipótesis que pueden no reflejar completamente la realidad del entorno; Complejidad en la comunicación: Los resultados pueden ser difíciles de interpretar y transmitir de manera comprensible a tomadores de decisiones o al público en general; Costos elevados y tiempo: La ejecución de simulaciones complejas demanda recursos significativos, tanto técnicos como financieros (Canter 1998; Gomez 1999; L. Sánchez 2010; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Ferrer 2015; Soto 2019; Rathi 2021).

Las limitaciones de los modelos matemáticos en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) incluyen: Precisión limitada: No pueden capturar todas las variables y procesos complejos de los sistemas naturales y sociales, especialmente en ecosistemas complejos; Dificultad para modelar ciertos impactos: Los efectos socioeconómicos, culturales o de pequeña escala no siempre son representados con exactitud matemática; Dependencia de datos de calidad: Los resultados dependen de la precisión y cantidad de los datos de entrada, lo que puede limitar su utilidad si los datos son insuficientes o inexactos; Simplificación de la realidad: Los modelos son aproximaciones que no siempre predicen fenómenos imprevistos o cambios en las condiciones ambientales; Actualización constante: Requieren ajustes continuos para reflejar adecuadamente las dinámicas cambiantes del entorno; Aplicación limitada: Su efectividad depende del contexto específico del proyecto y no todos los modelos son igualmente útiles para todos los tipos de impactos; A pesar de estas limitaciones, los modelos matemáticos son herramientas valiosas para prever impactos y diseñar proyectos más sostenibles, siempre que se utilicen con precaución y en combinación con otros enfoques (Canter 1998; Gomez 1999; Moreira y Ribeiro 2008; L. Sánchez 2010; Glasson, Therivel, y Chadwick 2012; Ferrer 2015; Soto 2019; Rathi 2021).

3.1.5. Modelo de análisis multicriterio

El análisis multicriterio (AMC) en la EIA es una técnica que permite integrar múltiples criterios, tanto cuantitativos como cualitativos, para evaluar los impactos ambientales de proyectos, actividades o políticas. Es especialmente útil cuando se enfrentan criterios conflictivos, como eficiencia económica, sostenibilidad ambiental y aceptación social. La importancia de este modelo radica en considerar múltiples perspectivas y objetivos, fomentar la inclusión de stakeholders en la valoración de impactos y la combinación de aspectos ecológicos, económicos y sociales, contribuyendo al desarrollo sostenible (Gomez 1999; L. García 2004; Garmendia et al. 2005; Morris y Therivel 2009; L. Sánchez 2010).

Existen varios tipos de análisis multicriterio que los describimos brevemente a continuación (L. García 2004; Gomez 1999; L. Sánchez 2010).

Métodos de Suma Ponderada: Cada criterio recibe un peso según su importancia relativa y se calcula un valor agregado.

Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP): Descompone el problema en una jerarquía de criterios y alternativas para asignar pesos relativos mediante comparaciones por pares.

Métodos de Concordancia y Discordancia: Evalúan el grado de preferencia o rechazo entre alternativas con base en cada criterio.

Pese a que son una herramienta valiosa para abordar la complejidad inherente de las decisiones ambientales y contribuye significativamente a la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos evaluados, estos modelos presentan diferentes limitaciones: Los resultados dependen de la precisión de los datos y de los juicios subjetivos de los expertos; Los procesos detallados pueden ser costosos y prolongados; La percepción de los stakeholders puede diferir de los resultados técnicos (Gomez 1999; L. García 2004; Garmendia et al. 2005; Morris y Therivel 2009; L. Sánchez 2010).

Los modelos tradicionales de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) han sido esenciales para gestionar y prever los efectos ambientales de proyectos desde los años 70. Sin embargo, su enfoque lineal y reduccionista limita su eficacia frente a desafíos actuales como el cambio climático, la complejidad ambiental y la justicia social. La EIA basada en estos modelos no aborda las interacciones sistémicas entre los procesos ambientales, sociales y económicos, carece de enfoques holísticos, se enfoca en impactos específicos y directos, dejando de lado efectos acumulativos o sinérgicos, prioriza la mitigación en lugar de promover su prevención, se soporta en indicadores cuantitativos y biofísicos, descuidando dimensiones sociales, culturales, políticas y éticas, en la actualidad la EIA es utilizada como un trámite formal que legitima proyectos sin un verdadero análisis crítico como es el caso de Ecuador.

En Ecuador la elaboración de la EIA se realiza con formatos generales basados en legislaciones internacionales a través de la página WEB con el sistema único de información ambiental (SUIA) del Ministerio del Ambiente. La legislación por ahora responde al modelo de acumulación de capital claramente dominante a nivel internacional, alineado con las tendencias destructivas descritas que no favorecen la construcción de un buen vivir.

Desde la perspectiva de la epidemiología crítica y la salud colectiva, los modelos tradicionales de EIA presentan importantes limitaciones al no considerar los procesos sociales que influyen en la generación de contaminación y en los efectos toxicogénicos sobre la salud y los ecosistemas. Asimismo, fallan en abordar las dinámicas complejas entre la sociedad y la naturaleza que perpetúan condiciones insalubres y deterioran los modos de vida de trabajadores y comunidades cercanas a actividades potencialmente tóxicas. Estos enfoques, centrados en análisis técnicos y cuantitativos, tienden a fragmentar los impactos ambientales en elementos como agua, aire o suelo, sin conectar estos aspectos con los procesos sociales estructurales que los originan. Esta fragmentación oculta las relaciones de poder, inequidad y explotación que subyacen a la degradación ambiental y sus efectos en la salud humana y ecosistémica. Además, excluyen la participación activa de las comunidades afectadas, omiten las dinámicas colectivas de salud y resistencia comunitaria, e ignoran tanto las interacciones entre sistemas sociales y ambientales como las desigualdades en la distribución de los beneficios y perjuicios.

Desde su implementación en 1971, los modelos de EIA han demostrado carecer de un enfoque adecuado para abordar las complejas interacciones entre los procesos sociales, económicos, políticos y ambientales que determinan la contaminación y sus impactos en la salud colectiva. Para superar estas limitaciones, es necesario incorporar enfoques de epidemiología crítica, determinación social y salud colectiva, lo que no solo mejoraría la relevancia de las EIA, sino que las transformaría en herramientas clave para promover la justicia ambiental y la sustentabilidad. Esto implica evaluar cómo las desigualdades estructurales influyen en la distribución de procesos destructivos y protectores para la salud humana y los ecosistemas, garantizar la participación activa de las comunidades afectadas, e integrar sus conocimientos, percepciones y prioridades. Asimismo, es fundamental incluir en las evaluaciones las dinámicas de los ecosistemas, los procesos sociales y el análisis histórico para un abordaje más integral de los impactos ambientales. En la tabla 10 se resumen los modelos abordados en este estudio.

Tabla 7
Modelos Tradicionales de Evaluación de Impacto Ambiental

Principales Modelos	Descripción	Aplicabilidad	Limitaciones	Análisis crítico
Modelo de Listas de Verificación, Chequeo o Control	Utiliza listas estructuradas para identificar y evaluar los impactos de un proyecto. Las listas pueden ser simples, jerarquizadas o ponderadas	Su sencillez lo convierte en una herramienta útil para evaluaciones iniciales o para proyectos de bajo impacto. No requiere conocimientos técnicos avanzados ni grandes recursos, facilitando su aplicación en contextos menos desarrollados.	Su simplicidad lo limita a una identificación básica de impactos, sin profundizar en relaciones complejas. Al no considerar magnitudes ni interacciones, puede subestimar los procesos destructivos de ciertas actividades.	Aunque es un buen punto de partida, su capacidad para ofrecer un análisis integral es muy limitada. Es insuficiente para proyectos de mayor complejidad o con impactos acumulativos significativos.
Modelo de Matrices	Relaciona actividades del proyecto con factores ambientales en una matriz, calificando las interacciones en términos y relevancia de los impactos	Visualiza de manera clara las interacciones entre actividades y factores ambientales, facilitando su comprensión. Es un método sistemático y adaptable, útil en diversas escalas de proyectos.	Simplifica la realidad al tratar las interacciones como estáticas, sin incorporar la temporalidad ni los efectos acumulativos. Requiere una experiencia considerable para interpretar los resultados correctamente.	Este modelo es eficaz para identificar impactos directos, pero su incapacidad para abordar dinámicas complejas lo hace menos adecuado para escenarios donde los efectos indirectos y acumulativos son relevantes.
Modelos de Redes de Interacción	Analiza las relaciones de causa y efecto entre actividades del proyecto y factores ambientales, representándolas en diagramas de redes.	Introduce un enfoque sistémico que considera los efectos secundarios y en cadena, ofreciendo una visión más integral. Ayuda a identificar interacciones complejas, lo que es esencial en proyectos con múltiples factores interrelacionados.	Altamente dependiente de datos detallados y conocimiento especializado, lo que puede limitar su aplicabilidad en contextos con recursos limitados. Su implementación puede ser costosa y requiere mucho tiempo.	Aunque proporciona un análisis más profundo y holístico, su complejidad y requisitos técnicos lo hacen menos accesible, lo que podría llevar a su subutilización en proyectos pequeños o en regiones menos desarrolladas.
Modelos Matemáticos y Predictivos	Emplea ecuaciones y modelos computacionales para predecir impactos basados en datos cuantitativos.	Ofrecen predicciones cuantitativas detalladas, útiles para planificar mitigaciones específicas. Son ideales para proyectos industriales o tecnológicos que manejan grandes volúmenes de datos.	Se centran exclusivamente en datos cuantitativos, ignorando dimensiones sociales, culturales y éticas. Su interpretación puede ser difícil para actores no técnicos, como comunidades locales o tomadores de decisiones políticos.	Estos modelos son precisos y efectivos para análisis específicos, pero su enfoque mecanicista y reduccionista limita su utilidad en escenarios que requieren una perspectiva más integral y humana.

Modelos de Análisis Multicriterio	Permite integrar múltiples criterios, tanto cuantitativos como cualitativos, para evaluar los impactos ambientales de proyectos, actividades o políticas.	Integra múltiples perspectivas y criterios, combinando datos cuantitativos y cualitativos para un análisis más equilibrado. Es adaptable a contextos diversos y promueve la participación de múltiples actores.	La asignación de ponderaciones a los criterios puede ser subjetiva, lo que podría sesgar los resultados. Requiere herramientas y capacidades técnicas avanzadas para su correcta implementación.	Este modelo es el más prometedor en términos de integralidad y holismo, pero su complejidad y necesidad de recursos especializados pueden dificultar su adopción generalizada.
-----------------------------------	---	---	--	--

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

Los modelos de EIA presentados presentan ventajas y desventajas que se pueden analizar brevemente. Mientras el modelo de Listas de Verificación es sencillo de aplicar y útil en evaluaciones preliminares con poca profundidad y alcance. Por otro lado, el modelo de Redes de Interacción o Análisis Multicriterio ofrece mayor integralidad, pero con altos costos y elevada complejidad técnica. Los modelos tradicionales tienden a priorizar aspectos biofísicos y cuantitativos, dejando de lado las dimensiones sociales, políticas, culturales y éticas, generalmente fragmentan los análisis, dejando de lado interacciones sistémicas y efectos acumulativos y priorizan la mitigación sobre la prevención, limitando su utilidad para abordar desafíos globales como el cambio climático o la justicia ambiental, solamente el modelo de Análisis Multicriterio intenta integrar múltiples dimensiones, aunque no siempre de manera efectiva.

Las limitaciones de los modelos tradicionales de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se centran en su sesgo tecnocrático y positivista, que privilegia la cuantificación de variables biofísicas y económicas mientras fragmenta e invisibiliza procesos sociales, culturales y de salud. Este reduccionismo excluye los saberes ancestrales y comunitarios, considera los impactos solo en el corto plazo y presenta los estudios como “objetivos”, pese a responder a intereses empresariales. Al no reconocer las desigualdades sociales y territoriales, la EIA homogeneiza a la población afectada y omite la evaluación diferenciada de grupos vulnerables como mujeres, niños, adultos mayores e indígenas, quienes enfrentan riesgos específicos y mayores cargas de exposición ambiental. En consecuencia, más que prevenir daños, la EIA tradicional tiende a legitimar proyectos extractivos, reforzando asimetrías de poder e inequidades socioambientales (J. Martínez 2009; Walsh 2009; Breilh 2021, 2023b).

Los impactos de los modelos de la EIA sobre comunidades y grupos vulnerables se traducen en una distribución desigual de los procesos destructivos y daños, ya que los impactos recaen principalmente en poblaciones rurales, indígenas y afrodescendientes

que dependen directamente de los ecosistemas. Al no incorporar una evaluación diferenciada, se invisibiliza que mujeres enfrentan mayores riesgos por su rol en el cuidado del agua, la alimentación y la salud reproductiva; que los niños son más sensibles a contaminantes como agrotóxicos y metales pesados; y que los adultos mayores ven agravadas enfermedades crónicas derivadas de la contaminación y exposición a sustancias tóxicas. Además, al reducir la participación a procesos informativos, se reproduce una asimetría de poder que limita la capacidad de estas comunidades para incidir en decisiones sobre proyectos que transforman sus territorios y modos de vida, perpetuando así las inequidades sociales, económicas y ambientales (Breilh 2021, 2023a).

Pese a que técnicamente los modelos tradicionales de EIA han sido consideradas herramientas valiosas, estas requieren adaptaciones para responder a los desafíos contemporáneos. Incorporar perspectivas holísticas, como la Determinación Social de la salud y la salud Colectiva, que desde la Epidemiología crítica aplicando la metodología metacrítica permitan superar las limitaciones identificadas. Esto no implica descartar los modelos tradicionales, sino complementarlos y mejorarlos mediante enfoques más integrales e interdisciplinarios.

La aplicación de un modelo alternativo a los modelos de Evaluación de Impacto Ambiental que conecte la evaluación integral de los procesos destructivos de la salud y los ecosistemas con los conocimientos y saberes ancestrales, las condiciones de vida, la salud individual y colectiva fundamentado en las 4S de la vida: sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad para los trabajadores y comunidades involucradas, es indispensable y se propone en el capítulo 3.

4. Normas y referentes toxicológicos en la legislación ambiental

La función de la normatividad ambiental es fundamental para regular las actividades humanas que tienen el potencial de generar procesos destructivos sobre los ecosistemas y la salud, una de estas funciones es el establecimiento de criterios referenciales y parámetros específicos para los contaminantes presentes en diversas matrices aire, agua, suelo y especialmente en los alimentos y piensos, de modo que se asegure la protección de la salud humana y la preservación de los ecosistemas. Estos parámetros incluyen límites máximos permisibles (LMP) para contaminantes en diferentes matrices (suelo, agua, sedimentos) y los límites máximos residuales (LMR) para alimentos, así como condiciones que deben ser observadas para prevenir procesos toxicogénicos sobre el ambiente y de salud.

El establecimiento de estos límites busca armonizar el desarrollo económico con la sustentabilidad, proponiendo que las actividades industriales, agrícolas y urbanísticas se realicen sin comprometer el equilibrio ecológico ni afectar negativamente la biodiversidad. Sin embargo, en la práctica, este objetivo no se ha alcanzado debido a las presiones ejercidas por la industria y la complicidad de los gobiernos de turno. Las normativas ambientales definen procedimientos, especificaciones y mecanismos de control destinados a mitigar los impactos derivados de diversas actividades. No obstante, la falta de compromiso por parte de muchas empresas en el cuidado del ambiente ha contribuido a que, en la mayoría de los países, el cumplimiento de estas normativas deba adquirir un carácter obligatorio y coercitivo (López y Ferro 2017).

En los países en desarrollo, la implementación y el control del cumplimiento de la normativa ambiental enfrentan una serie de desafíos significativos que afectan su efectividad. Las limitaciones técnicas, económicas, operacionales y de recursos humanos son barreras comunes que dificultan la capacidad de las autoridades para hacer cumplir de manera adecuada las leyes y regulaciones. Estas limitaciones incluyen la falta de infraestructura para monitorear de manera efectiva los niveles de contaminación, la escasez de personal capacitado para realizar inspecciones y el insuficiente financiamiento para las acciones de control ambiental.

Uno de los sectores donde estas limitaciones son más evidentes es en las actividades productivas, especialmente el extractivismo, como la minería, agricultura, la tala de bosques y la explotación de recursos naturales. En muchos casos, estas industrias no cumplen con las regulaciones establecidas por la legislación ambiental, debido a la falta de supervisión efectiva y a la presencia de incentivos para el incumplimiento. A menudo, las actividades extractivas son consideradas prioritarias para el desarrollo económico del país, lo que puede llevar a que las autoridades locales o nacionales se muestren reacias a imponer sanciones severas. En algunos casos, las actividades ilegales o contaminantes cuentan incluso con la complicidad y el apoyo de autoridades gubernamentales, lo que perpetúa la situación (Cerna 2022).

Las normas y referentes toxicológicos son directrices y criterios establecidos para evaluar y regular los impactos de las sustancias tóxicas, como los agrotóxicos, en la salud humana y los ecosistemas, establecen límites y medidas de seguridad basadas en “evidencia científica rigurosa” que pretende garantizar la no generación de procesos destructivos. Una de estas referencias son los límites máximos residuales (LMR) establecidos en el Codex Alimentarius (Bobenrieth 1985, 656), que son reconocidos por

la Organización Mundial del Comercio (OMC) como las normas que se aplican a los productos alimenticios en el comercio internacional, es decir su principal aplicación está en el sistema comercial y se los considera como una “herramienta fundamental” para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud humana.

Los LMR están regulados por entidades internacionales como la Comisión del Codex Alimentarius (FAO y OMS) y la Unión Europea, y se aplican para productos de origen vegetal y animal. La legislación establece umbrales para cada pesticida, los cuales deben ser respetados por los productores y comercializadores de alimentos. Los LMR tienen como objetivo garantizar que los residuos de agrotóxicos en los alimentos no superen niveles que puedan representar inseguridad para la salud humana y los ecosistemas, fueron desarrollados para proteger al consumidor y facilitar el comercio internacional de productos agrícolas. El reglamento EC 396/2005 de la Comisión Europea establece los LMR en alimentos y piensos en la UE, con el fin de armonizar los estándares y proteger la salud pública. Por otro lado, El Codex Alimentarius proporciona directrices sobre los LMR de agrotóxicos en alimentos a nivel mundial, basándose en evaluaciones científicas de los riesgos asociados con diferentes agrotóxicos (Codex Alimentarius 1995; Unión Europea 2005; Gallardo y Barroso 2022).

En el caso de la Unión Europea, los sistemas de regulación de agrotóxicos enfrentan problemas de implementación, conflictos de intereses, falta de independencia científica y un enfoque que prioriza los intereses privados sobre la protección de la salud y de los ecosistemas. Uno de los mayores problemas es que las industrias agroquímicas realizan sus propias pruebas de seguridad y están involucradas en el diseño de los métodos de evaluación de riesgos. Además, los paneles de expertos de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), encargados de revisar los expedientes de las solicitudes para la aprobación de pesticidas, incluyen miembros con vínculos financieros con la industria, lo que puede influir en la objetividad de las decisiones (Citizens for Science in Pesticide Regulation 2018).

La industria puede, a través de sus recursos y conexiones, manipular la ciencia a su favor, como lo evidencian los documentos internos de Monsanto divulgados durante litigios relacionados con el cáncer en los EE. UU. Esto plantea una gran preocupación sobre la independencia de las evaluaciones de seguridad y la determinación de los LMR. Pese a que la legislación en Europa establece la prioridad de proteger la salud humana, animal y de los ecosistemas, la implementación práctica de estas normativas es deficiente. Esto ha dado lugar a consecuencias graves, como la rápida disminución de la

biodiversidad y generación de procesos toxicogénicos sobre la salud humana, esto incluye daños cerebrales en fetos no nacidos y un aumento en cánceres hormonales como el de mama y próstata. El sistema actual no solo falla en proteger la salud y los ecosistemas, sino que también atenta la seguridad alimentaria futura. El uso de agrotóxicos está afectando la biodiversidad, la fertilidad del suelo y la calidad del agua, que son fundamentales para la agricultura sustentable (Citizens for Science in Pesticide Regulation 2018).

Tanto a nivel nacional como internacional los LMR están definidos para cada producto de forma individual, sin considerar la interacción sinérgica entre distintos productos, los efectos de aditivos y coadyuvantes, su interacción con otros contaminantes ambientales, sus metabolitos y sus posibles efectos aditivos o antagónicos. Tampoco se toman en cuenta los procesos de bioacumulación o biomagnificación ni la toxicidad crónica que puede derivarse de exposiciones diarias mínimas al agrotóxico durante períodos prolongados. Además, no existe una regulación o prohibición específica en las fases críticas de su ciclo de vida, lo que genera un debate sobre cuán permisiva es nuestra legislación ambiental y la necesidad de establecer tratados vinculantes que prioricen la protección de la salud y los ecosistemas por encima de los intereses financieros (Naranjo y Macías 2022).

En el caso de la protección de la salud, la exposición debe ser la más baja posible una vez agotadas todas las alternativas, pero de igual forma se fijan los niveles máximos permisibles (NMP) a los que pueden exponerse los trabajadores directa o indirectamente (Naranjo y Macías 2022), en este caso la deficiencia radica en que solamente se consideran las exposiciones agudas mas no las exposiciones crónicas. Adicionalmente se debe considerar que las estadísticas sobre problemas de intoxicaciones de cualquier tipo son incompletas, la mayoría de los casos se tratan en casa, debido a que pocas personas tienen acceso a los sistemas de salud tanto público como privado y cuando se puede acceder a la información disponible es incompleta y generalmente no existen datos sobre los productos relacionados en la formulación ya sea ingrediente activo o de los aditivos utilizados (Naranjo y Macías 2022).

El Límite Máximo de Residuos (LMR) se establece a partir de datos obtenidos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), considerando toxicológicamente aceptables los alimentos derivados de productos básicos que cumplen con estos límites. Estos niveles están diseñados, para su aplicación en el comercio internacional y se derivan de las estimaciones realizadas por comités de expertos de la FAO y la OMS, como la Reunión

Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR, por sus siglas en inglés) y el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA, por sus siglas en inglés). La JMPR recomienda los LMR para su revisión por el Codex, tras realizar una evaluación toxicológica del plaguicida y sus residuos, un análisis de los datos que reflejan los usos autorizados a nivel interno, y evaluaciones del riesgo de ingesta alimentaria. Estos procesos aseguran que los alimentos que cumplen con los LMR del Codex sean seguros para el consumo humano (Bobenrieth 1985; Antonia Pérez, Navarro, y Miranda 2013; APEC 2017).

En términos generales, son pocos los estudios que muestran los niveles reales de residuos de agrotóxicos en el ambiente, los alimentos, el agua potable y en los seres humanos, lo que genera una gran incertidumbre en la población sobre el papel de las autoridades encargadas de la salud y el medio ambiente en el abordaje y resolución de estos problemas. El principal reto radica en la gestión adecuada del uso y control de los agrotóxicos, así como en su relación con la legislación vigente, que presenta deficiencias estructurales y está influenciada por intereses políticos y presiones sociales, lo que dificulta la alineación de objetivos comunes para proteger la salud y los ecosistemas. Además, no se destinan suficientes recursos para un monitoreo continuo de estas sustancias, para poder establecer el cumplimiento de los LMR en los diferentes alimentos (Gallardo y Barroso 2022).

En el caso de los alimentos lo más apropiado sería el cambio hacia una producción libre de agrotóxicos y otras sustancias químicas sintéticas, que protejan la salud y la vida en el planeta, mediante la agroecología, o al menos el establecimiento de LMR para combinaciones de plaguicidas, especialmente para los que son utilizados comúnmente en la producción de productos alimenticios o son materia prima para elaboración de alimentos, además es importante que no estén sujetos al interés de particulares o industriales.

En el caso de los LMP de contaminantes en el ambiente estos deben ser desarrollados y establecidos de acuerdo con la realidad de cada país considerando las particularidades de la zona donde se desarrollará la actividad, un accionar que por ahora es contrario a la forma en que se establecen ya que recaen en la simple adaptación de normas creadas en países desarrollados con realidades totalmente diferentes. Para ambos casos LMR y LMP no deben ser fácilmente manipulables por los Estados que buscan beneficios que favorecen a sus allegados y a transnacionales que aplican modelos de producción agresivos con el ambiente y atentan la salud de las comunidades.

En la mayoría de Constituciones de los diferentes países se incluyen lineamientos básicos de la política ambiental, que se basan en el principio de prevención que propone al Estado y particulares tomar acciones anticipadas que prevengan daños al ambiente (L. de la Puente 2008), pero la falta de efectividad en su aplicación hace necesario el establecimiento de nuevas estrategias para el estricto cumplimiento de la normativa, que ayuden a frenar en algo el avance vertiginoso de los impactos al ambiente y la salud.

La aplicabilidad de los LMR presenta varios inconvenientes específicamente por ser un mecanismo diseñado para el sector económico: Las economías de APEC tienen sistemas normativos diversos, lo que lleva a políticas reguladoras y enfoques diferentes para establecer, cumplir y reconocer LMR. Como se mencionó anteriormente los LMR son aplicados para el comercio, el establecer un LMR de importación puede ser un proceso complejo que requiere negociaciones previas, acuerdos sobre datos y largos tiempos de evaluación ya que cada economía puede exigir diferentes conjuntos de datos, lo que aumenta la carga para los solicitantes y puede retrasar el proceso. También el estar relacionados con las BPA que son diferentes entre economías por la presencia de distintos complejos de plagas, enfermedades y consideraciones de salud pública y ambiental, la armonización es difícil, lo que hace que las diferencias resulten en LMR basados en prácticas que no son uniformes, complicando el reconocimiento mutuo (APEC 2017).

Las Evaluaciones Toxicológicas que establecen los LMR presentan varias inconsistencias: La ausencia o falta de reconocimiento de la ingesta diaria aceptable (ADI) y la dosis de referencia aguda ARfD a escala internacional puede llevar a evaluaciones divergentes, dejando la puerta para que los países realicen sus propias evaluaciones, que pueden no alinearse con las establecidas a nivel internacional, creando discrepancias. Algunos países adoptan un enfoque en el cual la ausencia de un LMR nacional, los residuos deben ser no detectables o estar por debajo de un límite genérico (e.g., 0,01 mg/kg), provocando rechazos de productos “seguros” estableciéndose una barrera técnica al comercio, esta problemática se acentúa mucho más cuando existe la falta de notificación efectiva a los socios comerciales sobre cambios en normas o decisiones regulatorias, contraviniendo acuerdos internacionales (APEC 2017).

Los procedimientos para establecer LMR de importación presentan dificultades a los solicitantes debido a su falta de claridad, adicionalmente se presentan diferencias en la clasificación y nomenclatura de alimentos entre países que complican la aplicación y reconocimiento de LMR para grupos de cultivos, requiriéndose información adicional para justificar la inclusión de LMR a otros productos dentro de un grupo. Por otro lado,

la falta de datos locales precisos sobre consumo alimentario dificulta las evaluaciones de exposición dietética y riesgo, que es preocupante en los países con deficiencia de recursos técnicos y financieros necesarios para realizar evaluaciones completas y actualizadas. Pese a esta realidad existe resistencia a modificar normativas nacionales en favor de la armonización, ya sea por motivos económicos, políticos o de soberanía, debido a la falta de confianza en las evaluaciones y datos proporcionados por otras economías o entidades internacionales (2017).

El establecimiento de las normas y referencias toxicológicas de los agrotóxicos tan sujetas a presiones de las grandes corporaciones favoreciendo su aprobación y comercialización sin considerar los diferentes procesos críticos que intervienen y la generación de procesos toxicogenicos sobre la salud y los ecosistemas, el incumplimiento de acuerdos y normas internacionales, principios como de precaución y el daño ambiental entre varios. En la figura a continuación se presenta un ejemplo del modelo que se propone emplear en el diseño e implementación de las regulaciones.

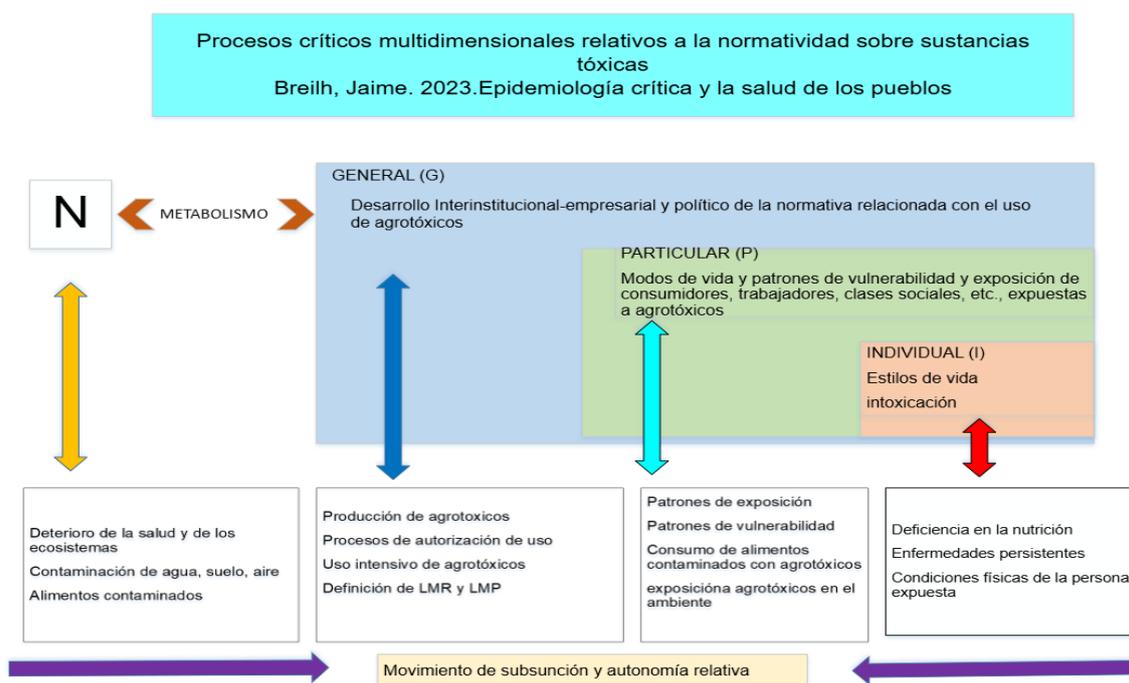


Figura 3. Procesos críticos multidimensionales relativos a la normatividad sobre agrotóxicos.

Fuente: Adaptado de (Breilh 2023a).

Para mejorar su efectividad, es crucial integrar nuevos enfoques con modelos y tecnologías que promuevan una participación pública activa que respondan a las demandas de sustentabilidad y justicia ambiental. La normativa ambiental debe ser

elaborada considerando la realidad propia de la región en la que se desarrollará el proyecto y el tipo de actividad a realizar de manera que se garantice el derecho a un medio ambiente sustentable, soberano, solidario y seguro, con un Estado ejecutor de políticas públicas que protejan el ambiente para beneficio y disfrute de la población, basado en las 4S de la vida propuestas por Jaime Breilh, favoreciendo el cuidado de la vida con los recursos técnicos, económicos, operacionales y humanos suficientes para su implementación y control.

La determinación Social de la Salud a través de la 4S de la vida, es una alternativa que con la aplicación de la sustentabilidad permite reproducir la vida presente y futura, concibe la soberanía como poder decisorio sobre sus actividades presentes y futuras en un entorno solidario que permita elaborar una estructura económica productiva organizada alrededor del cuidado de la vida y la búsqueda del buen vivir, trabaja en la seguridad (bioseguridad) de la calidad de vida fisiológica y psicológica que permita afrontar los procesos destructivos y potenciar los procesos protectores de la vida (Breilh 2010a, 2013b, 2019a).

Como se mencionó anteriormente los LMR son aplicados para el comercio, el establecer un LMR de importación puede ser un proceso complejo que requiere negociaciones previas, acuerdos sobre datos y largos tiempos de evaluación ya que cada economía puede exigir diferentes conjuntos de datos, lo que aumenta la carga para los solicitantes y puede retrasar el proceso. También el estar relacionados con las BPA que son diferentes entre economías por la presencia de distintos complejos de plagas, enfermedades y consideraciones de salud pública y ambiental, la armonización es difícil, lo que hace que las diferencias resulten en LMR basados en prácticas que no son uniformes, complicando el reconocimiento mutuo

Las falencias identificadas evidencian la necesidad de fortalecer la cooperación internacional y promover la armonización de normas y referentes toxicológicos en la legislación ambiental. Adoptar estándares internacionales, mejorar la comunicación y transparencia, y simplificar procesos regulatorios son pasos clave para superar estas deficiencias. Esto no solo facilitará el comercio internacional de alimentos seguros, sino que también garantizará una protección más efectiva de la salud pública y el medio ambiente. Estos problemas requieren una reforma estructural significativa para garantizar una protección más eficaz de la salud y el entorno.

Estas falencias identificadas reflejan las diferencias entre países y regiones, destacándose que el acceso a tecnologías, conocimientos y políticas es asimétrico, por lo

que se hace necesaria la cooperación internacional, que no represente un espacio de disputa política y económica entre países con mayor poder económico (que dictan estándares) y países dependientes, muchas veces relegados a adoptar políticas sin capacidad real de intervención en su diseño, aplicación, análisis instrumental y técnico adecuados. Además, el acceso desigual a información y recursos para implementar estándares toxicológicos también está relacionado con la distribución del poder global y la influencia de actores como corporaciones multinacionales.

La adopción de estándares internacionales debe priorizar la protección de la salud antes que el comercio, esto debe analizarse en relación con la capacidad real de los países menos desarrollados para cumplir estos estándares ya que la falta de recursos técnicos y económicos agrava las desigualdades estructurales en los sistemas de salud y protección ambiental. La mirada desde la Determinación Social de la Salud permite cuestionar cómo se construyen estos estándares y quiénes los controlan, exigiendo transparencia y comunicación adecuadas que permitan visibilizar quiénes son los actores beneficiados o perjudicados en estos procesos.

El comercio internacional está guiado por lógicas económicas que priorizan el lucro por encima de la salud pública y ambiental, en la mayoría de los países la producción agrícola y alimentaria genera procesos tóxicos (uso de agroquímicos, contaminación del aire, suelo y agua) que impactan gravemente a comunidades vulnerables, como pequeños agricultores y poblaciones rurales. El extractivismo agrícola no puede desligarse del análisis de las condiciones laborales, ambientales y de vida de los trabajadores que producen los alimentos.

Por lo tanto, una reforma estructural es fundamental, ya que las fallas identificadas son el resultado de modelos de desarrollo extractivistas e industrializados, que deterioran la salud humana y ecológica. Se debe fortalecer las políticas hacia cambios profundos en las relaciones de poder que perpetúan sistemas desiguales de producción y consumo. En estas reformas desde la Determinación Social de la Salud se prioriza la inclusión de perspectivas comunitarias, interculturales y locales, no solamente estándares globales que pueden no responder a las realidades particulares.

En el caso de Ecuador la inclusión de límites máximos permitidos en la normativa ambiental es muy laxa, de los diferentes grupos de sustancias tóxicas existentes en el mercado y que ingresan al país con la autorización del ente de control AGROCALIDAD, son apenas tres grupos que se consideran en el Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente (TULSMA), organoclorados, organofosforados y

carbamatos, estos compuestos fueron desarrollados y aplicados desde hace muchos años en el país incluso algunos ya han sido prohibidos de producción, venta y aplicación, incluso AGROCALIDAD cuenta con una lista de plaguicidas prohibidos en el Ecuador pero que no son mencionados en la normativa, adicionalmente se especifica que productos se debe analizar de estos grupos, en algunos casos se especifica los herbicidas Diquat, Glifosato y Toxafeno, es decir de los miles de ingredientes activos que se disponen en el mundo de los cuales una parte ingresan al país, pocos son los ingrediente activos controlados en la normativa ambiental vigente, en el caso de alimentos estos deben cumplir con lo establecido en el Codex Alimentarius.

Capítulo tercero

Los agrotóxicos y la importancia de incluir en la normativa nacional el análisis de residuos en muestras de alimentos, ecosistemas y humanas

En este capítulo se realiza una revisión del uso indiscriminado de agrotóxicos en la producción agrícola, estos productos han generado procesos toxicogénicos sobre la salud de las personas expuestas y los ecosistemas, ya sea por exposición directa o indirecta. Durante muchos años se ha utilizado estas sustancias en actividades agrícolas tanto a pequeña, mediana y gran escala (extractivismo agrícola), sin tomar en cuenta los procesos destructivos de la salud y de los ecosistemas producidos. Se realiza un análisis crítico sobre la presencia de agrotóxicos y sus metabolitos en diferentes matrices alimenticias, ambientales y humanas, lo que indica que es necesario la investigación de estos contaminantes en el agua, suelo, aire, alimentos y personas, aplicando técnicas confiables y seguras que se deben incluir en la normativa relacionada, que permitan tomar medidas para evitar la exposición y los posteriores daños en la población expuesta y los ecosistemas. También se identifican algunas de las técnicas comúnmente aplicadas para la determinación de residuos en diferentes matrices, para la preparación de la muestra, se aplica extracción en fase sólida (SPE), de contacto líquido – líquido (ELL), líquido – sólido (ELS) entre otras y para el análisis instrumental, cromatografía de gases GC y cromatografía líquida HPLC acoplada a diferentes detectores (MS, MS/MS, NPD, ECD, FPD, DAD, FLD) dependiendo de los analitos a estudiar.

1. Los agrotóxicos

Los agrotóxicos son sustancias químicas sintéticas, en forma líquida o sólida, que producen efectos tóxicos sobre determinados organismos vivos. Se utilizan principalmente para el control de las denominadas “plagas” en la agricultura. Desarrollados a partir de la década de 1930, su producción ha estado orientada por las lógicas del comercio y la acumulación de capital, lo que ha impulsado el desarrollo de compuestos cada vez “más eficaces” en la eliminación de organismos no deseados. Sin embargo, esta supuesta eficacia ha venido acompañada de una mayor toxicidad ambiental, con consecuencias graves para los ecosistemas y la generación de procesos destructivos de la salud humana (Bedmar 2011).

El Dossier Abrasco (asociación brasileña de salud colectiva), define los Agrotóxicos como: Los productos y los agentes de procesos físicos, químicos o biológicos, destinados a ser utilizados en el sector de la producción, en el almacenamiento y beneficio de productos agrícolas, en los pastos, en la protección de los bosques, nativos o implantados, y de otros ecosistemas y también entornos urbanos, hídricos e industriales, cuya finalidad es la de cambiar la composición de la flora o de la fauna, con el fin de preservarlas de la acción nociva de seres vivos considerados nocivos (Ferreira et al. 2016).

Existen varios grupos de agrotóxicos entre los principales mencionaremos: Organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, nitroguanidinas, benzoilureas, metoxiacrilatos, triazoles, benzimidazoles, derivados del benceno, ditiocarbamatos, sulfitos. imidazolinonas, triazinas, acetanilidas, derivados benzoicos, benzonitrilos, diazinas. Cada producto tiene su potencial de aplicación: insecticidas, fungicidas, herbicidas y distinto accionar frente a la planta: sistémicos y de contacto, de estos grupos los organoclorados, organofosforados y carbamatos son los que han generado procesos toxicogenicos importantes sobre la salud y los ecosistemas por más de 90 años.

Los productos organofosforados, inicialmente creados por alquimistas en la Edad Media, comenzaron a ser estudiados de manera más profunda en el siglo XIX. Sin embargo, fue en la década de 1930 cuando Schrader y su equipo identificaron sus propiedades tóxicas, lo que impulsó su industrialización y la creación de nuevos compuestos. Su uso más antiguo y conocido ha sido como insecticidas, aunque posteriormente también se emplearon como agentes de guerra. Durante la Segunda Guerra Mundial, estos compuestos se aplicaron en forma gaseosa, demostrando una alta toxicidad que afecta directamente al sistema nervioso. Debido a su impacto, tanto en la salud humana como en los ecosistemas, los organofosforados adquirieron una relevancia significativa en la regulación y manejo de sustancias químicas peligrosas (Ferreira et al. 2016), la agricultura convencional los utiliza para el control de plagas en cultivos extensivos, impulsando el sistema monopólico de acumulación de capital.

El DDT, primer compuesto organoclorado de uso masivo, fue sintetizado en 1874, aunque sus propiedades insecticidas no fueron descubiertas sino hasta 65 años después. Se caracteriza por su baja solubilidad en agua y alta persistencia en el ambiente, cualidades que lo hicieron más duradero que los compuestos organofosforados. Estas propiedades favorecieron su rápida expansión y uso intensivo, especialmente después de

la Segunda Guerra Mundial, tanto en la agricultura como en la salud pública, donde se empleó ampliamente para el control de plagas, la lucha contra la malaria y la prevención de epidemias como el tifus (J. A. Ramírez y Lacasaña 2001). Sin embargo, con el tiempo, la persistencia y el poder residual del DDT —características que inicialmente fueron valoradas como ventajas— se convirtieron en un grave problema debido a los impactos ecológicos que generaban, afectando la salud humana, animal y los ecosistemas. La mayoría de los compuestos organoclorados utilizados en la agricultura fueron eventualmente prohibidos, tras ser clasificados como contaminantes orgánicos persistentes (COP): sustancias altamente tóxicas, resistentes a la degradación, con alta capacidad de bioacumulación y de transporte a través de la cadena trófica y de grandes distancias en el ambiente (Ferreira et al. 2016).

1.1. Los agrotóxicos en la producción agrícola

Desde tiempos remotos, los productos agrícolas han sido atacados por diferentes enfermedades, evidenciando el desequilibrio natural causado por la forma de producción, la respuesta a este desequilibrio ha sido un agresivo envenenamiento del suelo, plantas y agua, mediante el uso de agrotóxicos con el objetivo de conservar la producción, nunca se consideró que este era un efecto del modelo aplicado, favoreciendo el desequilibrio natural (Naranjo 2017), lo que ha generado resistencia en las plagas, incrementando el uso y la producción de otras sustancias que incrementan los impactos sobre la salud humana y de los ecosistemas, contrario al objetivo planteado de provisión de alimentos y mejorando los modos y estilos de vida de las comunidades.

La agricultura surgió hace aproximadamente 12000 años en diversas regiones del mundo, como Mesopotamia, marcando la transición de sociedades cazadoras-recolectoras a sociedades sedentarias basadas en el cultivo y la domesticación de plantas. Este proceso incluyó la introducción de prácticas como el uso de fuego y rotación de cultivos para maximizar la productividad agrícola (Zizumbo y García 2008; Arturo Pérez y Landeros 2009; Muir 2014; Ocampo, Rojas, y Villagómez 2022). Las transnacionales, corporaciones agroindustriales y los gobiernos en común acuerdo han sustentado que ante la necesidad de aumentar la producción agrícola para satisfacer las exigencias de una población mundial en expansión y demandante se debe aplicar sustancias tóxicas en la agricultura principal proveedor de alimentos, generando un discurso de que no existen alternativas a la producción agrícola sin agrotóxicos (Arturo Pérez y Landeros 2009; Cedeño 2015; Bertomeu 2019). Sin embargo, la dependencia de estas sustancias genera procesos destructivos para la salud humana y los ecosistemas, a tal punto que en estos

tiempos se hace indispensable la promoción e implementación de prácticas agrícolas sustentables que reduzcan y eliminen el uso de agrotóxicos, protejan la vida en el planeta como es la agroecología (Arturo Pérez y Landeros 2009; Muir 2014; Ocampo, Rojas, y Villagómez 2022).

Históricamente se conoce que entre los años 12500 a 11500 antes de cristo (a.C.) en Turquía y otras zonas se inicia la siembra y aprovechamiento de plantas beneficiosas a la par con el acorralamiento de animales. Posteriormente respondiendo a la sedentarización humana se implementa la agricultura para producción de alimentos en el periodo comprendido entre 11500 a 8500 a.C. Posteriormente se inicia la domesticación de cultivos: centeno, lentejas, trigo, entre otros y algunos animales: cerdos, burros cabras y ovejas en Turquía 8500 a 7500 a.C. y la aplicación de la rotación de cultivos, hasta el 6000 a.C. se continúa con la domesticación de especies alrededor del mundo, la calabaza en México y la papa en Perú. En estos periodos se producen ya ataques de plagas que fueron controlados desde el misticismo o la superstición, mediante ofrendas a los dioses o realizando rituales (Flint y Bosch 1981a; Zizumbo y García 2008; Cedeño 2015; Vía Campesina 2018; Ocampo, Rojas, y Villagómez 2022).

En los 3000 a.C., aparecen civilizaciones agrarias en Sumeria (Iraq) y Antiguo Egipto, en Mesopotamia surgieron asentamientos urbanos que se sostenían mediante la agricultura, la ganadería y el comercio. En este contexto, aparecieron las primeras ciudades-Estado, entidades políticas autónomas con leyes e instituciones propias. Aunque independientes, las ciudades sumerias compartían una identidad cultural común basada en la lengua, la religión, los valores y la escritura. Esta sociedad era jerarquizada: al tope estaban los grupos con funciones religiosas y militares; luego, artesanos y comerciantes; y en la base, los campesinos, que debían entregar tributos. También existían esclavos, principalmente prisioneros de guerra. En Egipto, el Estado tenía un papel central en la economía, especialmente en la gestión del agua mediante canales y obras hidráulicas. Toda la tierra pertenecía al faraón, quien la asignaba a sacerdotes y funcionarios, y estos a su vez la distribuían entre soldados y campesinos, quienes debían pagar tributos por su uso (Editorial Etecé 2025).

La agricultura en China se desarrolló desde el 6500 a. C., para estas épocas los agricultores empleaban sustancias naturales para proteger los cultivos: Los sumerios utilizaban compuestos de azufre hace más de 4,000 años: los chinos desarrollaron insecticidas botánicos para tratamiento de semillas y fumigación. Con el tiempo, se introdujeron sustancias más tóxicos, como compuestos de arsénico y mercurio, que

tuvieron implicaciones tanto positivas como negativas para la salud humana y de los ecosistemas (Flint y Bosch 1981a; Cedeño 2015; Bertomeu 2019; Ocampo, Rojas, y Villagómez 2022). La sociedad china era jerárquica y centralizada en la figura del rey, asistido por oficiales y funcionarios. Artesanos y campesinos debían pagar tributos, mientras que los esclavos —prisioneros de guerra— trabajaban en la agricultura (Editorial Etecé 2025).

En el año 950 a.C., Homero destacó la efectividad de utilizar procesos físicos como repelentes, el fuego fue un método para combatir las langostas. También en el 450 a.C., Heródoto hizo referencia al uso de mosquiteros y la construcción de torres altas para dormir, con el objetivo de evitar las picaduras de mosquitos. Hacia el 350 a.C., Aristóteles documentó el empleo tradicional de fumigantes (azufre quemado) entre los griegos, mientras que en el 200 a.C., el romano Catón reportó técnicas como aerosoles de aceite, bandas adhesivas impregnadas con aceite y betún, mezclas de aceite y ceniza, y ungüentos de betún con azufre para el manejo de plagas. Estas prácticas rudimentarias se basaban en el conocimiento empírico y se complementaban con medidas culturales como el uso de cenizas y cal para el manejo de plagas (Flint y Bosch 1981a; Cedeño 2015; Ocampo, Rojas, y Villagómez 2022).

En América Latina la agricultura se caracteriza por una alta biodiversidad, resultado de siglos de coevolución entre culturas campesinas y su entorno natural. Los agroecosistemas de los Andes, Mesoamérica y las tierras bajas de características tropicales han sido desarrollados sin depender de insumos externos ni conocimiento científico institucionalizado. Se basan en la experiencia, creatividad y saberes propios, los campesinos han logrado sistemas de producción sostenibles que integran la recolección de plantas silvestres y el cultivo de especies nativas, funcionando como verdaderos repositorios vivos de germoplasma vegetal. Desde la agroecología, estos sistemas son comprendidos como un continuo entre lo natural y lo cultivado, donde el manejo humano es crucial para la conservación de la biodiversidad. El principal desafío para entender cómo se preserva esta biodiversidad no es biológico sino cultural: reside en reconocer el conocimiento sofisticado de los agricultores tradicionales. Por ello, se critica cualquier enfoque que estudie la biodiversidad agrícola sin considerar la cultura que la sustenta (Altieri y Nicholls 2000).

La región mesoamericana, que comprendía partes de los actuales México, Guatemala, El Salvador y Belice, desarrolló la agricultura hacia el 5000 a. C., con el cultivo del maíz en el Valle de Tehuacán. Se utilizaron herramientas como la coa y

técnicas como la roza y el cultivo en terrazas. También se cultivaron cacao, tomate, aguacate, calabaza, mandioca, vainilla, entre otros. Hacia el 1200 a. C. surgieron las primeras culturas urbanas, organizadas en torno a centros planificados dirigidos por clases gobernantes con poder religioso. Los olmecas, asentados en el golfo de México, dominaron la región hacia el 800 a. C. desde su ciudad principal, La Venta, imponiendo su religión. Los sacerdotes, considerados intermediarios con los dioses, ejercían un poder central en la organización social (Casas y Caballero 2025; Editorial Etecé 2025).

Los mayas utilizaron dos sistemas agrícolas principales: roza-tumba-quema y terrazas. En el primero, talaban y quemaban bosques, usando las cenizas como fertilizante, y rotaban los campos para mantener la fertilidad. El segundo se aplicaba en zonas montañosas, donde construían terrazas en las laderas para evitar la erosión y conservar los nutrientes del suelo, lo que permitía un cultivo sostenible (T. González 2023; Diaz 2025). La agricultura maya se caracterizó por su enfoque en la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales. Los mayas tenían un profundo conocimiento del entorno y utilizaban técnicas agrícolas que permitían mantener el equilibrio de la naturaleza. Mediante la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la construcción de sistemas de riego eficientes, los mayas lograron mantener la fertilidad de sus suelos sin agotarlos (Diaz 2025).

Las sociedades indígenas han habitado la Amazonía durante milenios incalculables, tiempo durante el cual desarrollaron sus propias estrategias para la gestión de bosques y campos/cerrados, el conocimiento indígena sobre zonas ecológicas, recursos naturales, agricultura, acuicultura, gestión forestal y cinegética es mucho más sofisticado de lo que se suponía. Además, este conocimiento ofrece nuevos modelos de desarrollo que son ecológica y socialmente sólidos. El manejo forestal secundario en la Amazonía refleja un conocimiento sofisticado y sistémico del entorno, donde las comunidades amazónicas no se enfocan en especies aisladas, sino en ecosistemas integrados. Utilizan zonas ecológicas similares para trasplantar, plantar y semidomesticar especies vegetales y animales cerca de los centros poblados, optimizando así el uso del territorio según las necesidades. Estas prácticas no solo conservan, sino que también incrementan la biodiversidad, y ofrecen principios fundamentales que podrían guiar el desarrollo en regiones tropicales de manera ecológica y socialmente sustentable (Posey 1985).

El período entre el 100 y el 1250 d.C. fue testigo de importantes avances en la agricultura y en el manejo de plagas en regiones como China, India y Europa. Los conocimientos agrícolas, el intercambio de cultivos y el uso de pesticidas de origen

natural reflejan una interacción creciente entre diferentes culturas agrícolas. Se intercambiaron productos: sorgo, mango, arroz, caña de azúcar, algodón. Además, técnicas para el cultivo como sistemas de riego las técnicas de cultivo y manejo de suelos. Los romanos utilizaban el eléboro (*Helleborus spp.*), una planta tóxica, para controlar roedores e insectos. Plinio el Viejo, en su obra Historia Natural, menciona el uso del eléboro para tratar plagas en campos y jardines (Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Cedeño 2015; Vía Campesina 2018).

El período de 1300 a 1600 d.C. fue una era de transición agrícola marcada por el crecimiento del comercio, la expansión de cultivos, y la aparición de prácticas agrícolas más sistemáticas. Estas prácticas provocan la aparición de plagas y enfermedades que afectan los cultivos como el trigo, la vid y los cítricos frecuentemente. También se evidencia problemas de agotamiento del suelo, lo que impulsó la búsqueda de soluciones. Durante este tiempo, se introdujeron y refinaron sustancias tóxicas de origen natural para el control de plagas, conocidas como precursores de los agroquímicos modernos (Cedeño 2015; Oberemok et al. 2015).

En 1649, la rotenona, extraída de diversas plantas, comenzó a utilizarse como pesticida, aplicándose en forma de polvo sobre cultivos para controlar insectos como pulgones y orugas. En 1669, el arsénico se incorporó a la miel para crear un cebo destinado a eliminar hormigas, siendo considerado el primer veneno estomacal al atacar directamente el sistema digestivo de los insectos. Hacia 1690, el tabaco se empleó para combatir insectos en los perales, convirtiéndose en el primer veneno de contacto. El descubrimiento de esta propiedad condujo al uso generalizado de extractos de tabaco como pesticidas en Europa durante el siglo XVIII, marcando el inicio del empleo de venenos químicos en la agricultura. Posteriormente, en 1773, se comenzó a calentar el tabaco para liberar nicotina, utilizándose este proceso en fumigaciones (Fernández y Rodríguez y Capdevila 1944; Yamamoto y Casida 1999; Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Matthews 2018).

Desde inicios del XV se producen otros descubrimientos y avances, para 1812 el pelitre, especie de la familia de las asteráceas, es aplicado en el control natural de plagas como pulgas, piojos y mosquitos, este fue uno de los primeros pesticidas botánicos ampliamente comercializados. En 1858 se introduce en los EE. UU. el primer piretro en forma de jabón que fue patentado en 1884. El verde París es utilizado efectivamente para el control del escarabajo rojo en la patata en 1871 (Oberemok et al. 2015; Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017). En 1874 se desarrolla el DDT, pero no se utiliza

como pesticida hasta 1938, también en 1882 la cal y el sulfato de cobre se aplican en el control de moho vellosa de la uva y en 1890 se utiliza el polvo de mercurio en el tratamiento de semillas. Como se indica en este periodo existe una gran cantidad de productos químicos utilizados para el control de plagas. (Fernández y Rodríguez y Capdevila 1944; Oberemok et al. 2015; Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Matthews 2018; Bertomeu 2019).

En la primera mitad del siglo XX, se desarrollaron importantes avances en pesticidas y herbicidas que transformaron la agricultura. En 1912, el p-diclorobenceno se introdujo como un fumigante efectivo contra la polilla. En 1922, en Persia se descubrieron las propiedades insecticidas del pelitre, derivado de flores de crisantemo, mientras que en 1926 comenzó el análisis de residuos de pesticidas en frutas y verduras. Hacia 1929, el tiocianato de n-butilo carbitol fue utilizado como insecticida de contacto, seguido en 1931 por el desarrollo del primer fungicida de azufre orgánico. En 1932, Francia introdujo el bromuro de metilo como fumigante, y para 1935 ya se habían registrado 3,500 productos químicos agrícolas en California (Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Bertomeu 2019).

A partir de 1930 con la aparición del primer producto sintético de uso agrícola, la agricultura convencional, basada en la "revolución verde", aplica paquetes tecnológicos que priorizan el uso de agrotóxicos y otros insumos, impulsa la producción a escala monopólica, de características extractivista, gran consumidora de agua y energía, acaparando la tierra, desplaza comunidades enteras, excluyéndolas de la participación en las actividades productivas, favorece el modo de producción capitalista, acumulador del capital, transformando los alimentos en mercancía, contaminando el ambiente, impactando la salud humana y de los ecosistemas. Además, es una de las principales causantes del cambio climático, caracterizándose por ser depredadora, irrespetuosa de la vida y una fuente significativa de contaminación del agua, suelo y aire. Su impacto incluye la inhibición de la fertilidad del suelo y el aumento de la deforestación para satisfacer sus demandas logísticas, lo que genera desequilibrios ecológicos. Estos desequilibrios reducen o eliminan a los controladores naturales y favorecen la proliferación de especies plaga, lo que a su vez incrementa constantemente su uso para el control (Ortega_2 2009; S. R. Gliessman 2002; Bertomeu 2019; Whayne 2024).

Posteriormente, en 1936, se desarrolló el pentaclorofenol como pesticida y fungicida, y en 1938 surgió el TEPP, el primer insecticida órgano fosforado. En 1939, se descubrieron las propiedades insecticidas del DDT, marcando un hito en el control de

plagas. En 1942, se identificó el HCH en Francia y Reino Unido, y ese mismo año se creó el primer herbicida hormonal, el 2,4-D. Para 1945, insecticidas como aldrín, clordano y heptacloro entraron en el mercado, alcanzando un total de 7,000 productos registrados. Sin embargo, en 1946 se observaron las primeras plagas resistentes al DDT en Suecia y Dinamarca. En años posteriores, aparecieron nuevos productos como el toxafeno en 1947 y la aletrina, el primer piretroide sintético, en 1949. Este periodo marcó un cambio significativo en la protección de cultivos, acompañado por desafíos como la resistencia de plagas (Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Bertomeu 2019; Whayne 2024).

La Revolución Verde del siglo XX intensificó el uso de pesticidas y fertilizantes químicos, incrementándose las extensiones de los monocultivos con el objetivo de aumentar los rendimientos, pero causando efectos adversos, como resistencia en plagas, contaminación de suelos y aguas, y problemas de salud pública. Durante la segunda mitad de este siglo, la agricultura experimentó un crecimiento significativo en el uso y regulación de plaguicidas. En 1952 se inicia la producción de agrotóxicos en India con la instalación de una planta para la fabricación de BHC cerca de Calcuta. En 1956 se registraron 12,000 productos químicos agrícolas, marcando un auge en el desarrollo de pesticidas. En 1958, se introdujeron herbicidas clave como la atrazina y el paraquat, los arándanos se convirtieron en el primer cultivo embargado en Estados Unidos debido a niveles excesivos de residuos de aminotriazol. El U.S. Department of Agriculture (USDA), inició la eliminación gradual del uso de DDT en programas federales y estatales para el control de plagas como la polilla gitana y el gusano del abeto. Además, se implementó la Cláusula Delaney, una enmienda a la FDCA que prohibió el uso de aditivos alimentarios vinculados al cáncer en humanos o animales. Esta cláusula reguló los residuos de pesticidas en alimentos procesados, considerándolos aditivos si sus concentraciones eran superiores a las de los productos agrícolas crudos, mientras que los pesticidas que no se concentraban en alimentos procesados quedaban exentos de esta regulación (Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017).

En 1960, se inicia la eliminación gradual del DDT, pero se fabrican otros productos “innovadores” como el trifuralin (Trefam) y el *Bacillus thuringiensis*, un biopesticida. En 1962, Rachel Carson publicó *Primavera Silenciosa*, un libro que alertó sobre los impactos negativos de los plaguicidas sobre la salud humana y de los ecosistemas, provocando cambios importantes en las políticas regulatorias. Entre 1966 y 1967, se introdujeron pesticidas sistémicos como el carboxin, metomilo y benomilo,

mientras que, en 1969, se promulga la NEPA. En 1970, se creó la EPA (Agencia de Protección Ambiental), encargada del registro de pesticidas y la regulación de Límites Máximos de Residuos (LMR), además de hacer obligatorio el registro del uso de pesticidas para los agricultores, marcando un hito en la “gestión responsable” de productos químicos agrícolas (Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Matthews 2018; Bertomeu 2019).

En la década de 1970, los avances en la regulación del uso de agrotóxicos marcaron un hito en la protección ambiental y laboral. En 1971, se implementó el Intervalo de Reingreso (REI), que estableció tiempos mínimos para que los trabajadores agrícolas pudieran ingresar de manera segura a los campos tratados con 16 sustancias organocloradas, intentando la disminución de exposición a productos potencialmente tóxicos que han disminuido su “efectividad” sobre plagas resistentes al ataque químico. En 1972, Estados Unidos prohibió el uso del DDT, considerado un pesticida altamente “eficaz”, pero con efectos devastadores en los ecosistemas y la salud. Paralelamente, se adoptaron reglas estrictas para garantizar la seguridad en la manipulación y almacenamiento de pesticidas, que incluyeron el uso obligatorio de ropa de protección, restricciones para ingresar a campos tratados, y la colocación de anuncios y advertencias visibles en las áreas agrícolas. Estas medidas marcaron un cambio hacia una agricultura más responsable y centrada en la salud de los trabajadores y la sustentabilidad del entorno (Aktar, Sengupta, y Chowdhury 2009; Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Matthews 2018; Bertomeu 2019; Whayne 2024). También en este periodo se introducen los reguladores de crecimiento.

En 1984, se promulgó la Ley para la Prevención de Defectos de Nacimiento, que obligó al estado a recopilar estudios sobre los efectos crónicos de los agrotóxicos sobre la salud. En 1985, la Ley para la Prevención de la Contaminación por Pesticidas enfocó esfuerzos en mitigar los impactos de los agrotóxicos en el agua subterránea, exigiendo el análisis de las propiedades físicas de los agrotóxicos y el monitoreo constante de su aplicación y contaminación (Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Matthews 2018).

En 1992, la EPA emitió la Norma Federal para la Protección del Trabajador (WPS), diseñada para reducir los riesgos de envenenamientos y lesiones por exposición a agrotóxicos entre los trabajadores agrícolas y manipuladores. En 1997 se consolida como modelo en la seguridad en el uso de estas sustancias. En 1994 el Departamento de Regulación de Pesticidas (DPR) creó el programa de Galardones al Innovador de Manejo

Integrado de Plagas (MIP), destacando estrategias exitosas para un control de plagas más seguro y sostenible. Hasta 2015, se otorgaron 149 galardones. En 2016, el reconocimiento fue renombrado como Galardón de Logros en MIP, manteniendo su enfoque en promover prácticas agrícolas menos peligrosas (Badii, Cerna Chávez, y Landeros Flores 2007; Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Matthews 2018).

En 2001, el Departamento de Regulación de Pesticidas (DPR) implementó restricciones sobre el uso del bromuro de metilo como fumigante, para proteger a los trabajadores agrícolas y comunidades cercanas a las áreas de aplicación. En el 2012 este departamento estableció regulaciones para 17 pesticidas piretroides con alto riesgo de contaminar agua superficial en entornos no agrícolas, exigiendo medidas preventivas para minimizar sus procesos destructivos. Para el 2014 se implementó regulaciones que restringen el uso de rodenticidas anticoagulantes de segunda generación, debido a su riesgo para la vida silvestre que depreda roedores expuestos a estos productos. En 2015, se efectúan medidas para restringir el uso del fumigante cloropicrina y proteger a las personas, también se mejora las regulaciones sobre equipo de protección para trabajadores que usan agrotóxicos, exigiendo gafas y guantes que cumplan estándares nacionales y se adoptan nuevas normas para proteger a los trabajadores que mezclan pesticidas, se promueve la protección de los polinizadores entre agricultores y apicultores. En 2016, se propuso reglamentos para restringir aplicaciones de pesticidas agrícolas cerca de escuelas en horarios y distancias específicas, mientras el número de pesticidas registrados alcanzó los 13 600 (Departamento de Reglamentación de Pesticidas 2017; Matthews 2018).

Este breve recorrido indica la histórica dependencia de los agrotóxicos en el modelo de producción agrícola extractivista, refleja cómo se prioriza la acumulación de capital sobre la salud humana y la integridad de los ecosistemas, generando procesos tóxicos asociados a la exposición aguda y crónica a estas sustancias. La evolución de la regulación sobre el uso de agrotóxicos evidencia que las decisiones relacionadas con su aprobación o prohibición están profundamente influenciadas por intereses corporativos. Ejemplos como el paraquat o la atrazina, cuyos efectos contaminantes y toxicogénicos son bien conocidos, destacan cómo la influencia de actores económicos poderosos ha permitido su uso prolongado.

Además, medidas como los Intervalos de Reingreso (REI) o el uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP) exponen las desigualdades estructurales en las condiciones laborales de los trabajadores agrícolas. Estas medidas, aunque necesarias,

abordan principalmente las consecuencias y no los procesos estructurales profundos, como los modelos de producción intensiva que elevan los riesgos de exposición, especialmente para comunidades rurales y vulnerables. Las normativas implementadas representan un esfuerzo tardío por documentar los procesos destructivos de los agrotóxicos, pero carecen de un análisis crítico sobre cómo las decisiones políticas han permitido la exposición prolongada a estas sustancias nocivas por mucho tiempo. En la tabla 8 se resume la evolución de la agricultura y el uso de agrotóxicos.

Tabla 8
Evolución de la agricultura y el uso de agrotóxicos

Período	Avances agricultura	agrotóxicos
12500 a 11500 a.C.	En Turquía, inicio de siembra y cosecha de plantas útiles, y acorralamiento de animales	Uso de azufre quemado, arsénico, sosa y aceite de oliva (Grecia y Roma), cicuta y acónito (Egipto)
11500 a 8500 a.C.	El hombre se hace sedentario, implementa la agricultura para la producción de alimentos	Uso de azufre encendido
2500 a. C. – 200 d. C.	Mesoamérica. Domesticación del maíz, frijol, calabaza, cacao, chile y algodón. Uso de técnicas como roza-tumba-quema, terrazas, chinampas (incipientes).	No se utilizaron sustancias sintéticas. Se empleaban métodos naturales: cenizas, cal, ají, tabaco como repelentes.
1000 a 200 a.C.	Introducción de herramientas de hierro en la agricultura	Se destaca el uso de fuego como método para combatir las langostas. El uso de mosquiteros y construcción de torres altas para evitar los mosquitos. Aristóteles registra los griegos emplean fumigantes. El romano Catón reportó técnicas como aerosoles de aceite, bandas adhesivas impregnadas con aceite y betún, mezclas de aceite y ceniza, y ungüentos de betún con azufre para el manejo de plagas. También se reporta el uso de cenizas y cal para el manejo de plagas
200 – 900 d. C.	Desarrollo de sistemas agrícolas complejos: chinampas (en el altiplano), terrazas (en zonas montañosas), y canales de riego.	No hay evidencia de uso de sustancias tóxicas sintéticas. Persistencia de prácticas agroecológicas tradicionales.
100 a 1250 d.C.	Inventos y conocimientos agrícolas, intercambio de cultivos: China, India y Europa (sorgo, mango, arroz, caña de azúcar, algodón)	Los romanos utilizan el eléboro para el control de roedores e insectos. El Arsénico con agua es aplicado para el control de insectos en China
900 – 1521 d. C.	Mesoamérica. Intensificación agrícola en zonas de alta densidad poblacional. Uso avanzado de terrazas, almacenamiento de agua, diversificación de cultivos.	Continuidad de prácticas tradicionales sin uso de compuestos tóxicos industriales. Uso de insecticidas naturales.

1300 a 1600 d.C.	Avances de la agricultura, se crean excedentes, crecimiento de ciudades. "Descubrimiento de América", aporte de nuevos productos: maíz, papa, jitomate, tabaco, frijol, aguacate, fresa, cacao, guajolotes.	Se aplican productos arsenicales y la nicotina del tabaco en el control de plagas.
1600 a 1850 DC	Cambios sociales y políticos, favorece la propiedad privada, incremento de productividad, desplazamiento de campesinos a las ciudades, mano de obra para la Revolución Industrial.	1649: Se utiliza por primera vez la rotetona, un pesticida natural extraído de diversas plantas. 1669: Se mezcla arsénico con miel para crear el primer veneno estomacal, empleado como cebo para hormigas. 1690: Se usa tabaco para controlar insectos en cultivos de peras, considerado el primer veneno de contacto. 1812: El pelitre, un compuesto natural derivado de flores de crisantemo, se emplea en el control natural de plagas.
1864 a 1890	Primera granja comercial de peces en Estados Unidos	1858: En Estados Unidos se introduce el jabón de piretro, derivado del crisantemo, como insecticida. 1874: Se logra la síntesis del DDT, aunque su acción insecticida no se descubriría hasta 1939. 1882: Se emplean cal y sulfato de cobre para controlar el moho veloso de la uva, marcando un avance en la protección de cultivos. 1890: Se utiliza polvo de mercurio como un tratamiento innovador para proteger las semillas de enfermedades.
1900 a 1949	Creación de maquinaria para la agricultura. Se crea el primer fertilizante artificial (Inglaterra). Se crean pesticidas artificiales: DDT	1912: Introducción del p-diclorobenceno como fumigante contra la polilla. 1922: En Persia se reconocen las propiedades insecticidas del pelitre, derivado de las flores de crisantemo. 1926: Inicia el análisis sistemático de residuos de pesticidas en frutas y verduras. 1929: Uso del tiocianato de n-butilo carbitol como insecticida de contacto. 1931: Desarrollo del primer fungicida de azufre orgánico. 1932: Introducción del bromuro de metilo en Francia como fumigante. 1935: Registro de 3,500 productos pesticidas en el mercado. 1936: Desarrollo del pentaclorofenol como fungicida y pesticida. 1938: Creación del TEPP, primer insecticida órgano fosforado. 1939: Descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT. 1942: Descubrimiento del HCH en Francia y Reino Unido; desarrollo del primer herbicida hormonal, el 2,4-D (fenoxilo). 1945: Introducción de insecticidas como aldrín, clordano y heptacloro, alcanzando 7,000 productos registrados. 1946: Reporte de plagas resistentes al DDT en Suecia y Dinamarca. 1947: Aparición del toxafeno, un insecticida organoclorado. 1949: Desarrollo de la aletrina, primer piretroide sintético.
1950 a 1969	Revolución verde, mecanización del campo. Se implementó la Cláusula Delaney, una enmienda a la FDCA que prohibió el uso de aditivos alimentarios vinculados al cáncer en humanos o animales	1952: Inicia la producción de agrotóxicos en India. 1956: Se registran aproximadamente 12,000 productos pesticidas. 1958: Se introducen dos herbicidas importantes: atrazina y paraquat. Embargo de los arándanos debido a residuos de aminotriazol, interés por residuos en alimentos 1960: Se introducen el herbicida trifluralin (Trefam) y el bacillus thuringiensis, un bioinsecticida. 1962: Rachel Carson publica Primavera Silenciosa, procesos destructivos de los plaguicidas en la salud y los ecosistemas. 1966-1967: Pesticidas sistémicos (carboxin, metomilo y benomilo), avances en la química agrícola. 1969: Se inicia la eliminación gradual del DDT en Estados Unidos, se promulga la Ley Nacional de Políticas Ambientales (NEPA).

1970 a 2000 d.C.	Productos genéticamente modificados.	1970: Se crea la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en Estados Unidos, establece (LMR), obligatorio que los agricultores registren el uso de pesticidas. 1971: Se adoptan los primeros intervalos de reingreso (IR) para trabajadores agrícolas, restricciones para 16 sustancias organocloradas. 1972: Se prohíbe el uso del DDT en la agricultura de Estados Unidos, reglas para la manipulación y almacenamiento de pesticidas, uso de ropa protectora, restricciones de entrada a campos tratados y colocación de advertencias en el campo. 1975: Se registra el metopreno, el primer regulador de crecimiento en insectos en Estados Unidos. 1978: Se introduce la primera feromona registrada, gossyplure, utilizada en el manejo de plagas. 1979: Se prohíbe el herbicida 2,4,5-T (Silvex), debido a sus impactos en la salud y el ambiente. 1994: Se impulsa el manejo integrado de plagas (MIP), fomentando métodos de control menos tóxicos y más sostenibles.
2000 a 2010 d.C.	Masificación de transgénicos	restricciones al bromuro de metilo (2001)
2010 a 2016 d.C.	Automatización de la agricultura	2011: Se inicia el monitoreo de pesticidas en el aire en estaciones específicas para medir su impacto en la calidad del aire y la salud pública. 2012: Se identifican 17 pesticidas piretroides con alto potencial para contaminar el agua superficial, lo que lleva a la implementación de medidas para minimizar este riesgo. 2016: El número de pesticidas registrados alcanza los 13,600, reflejando la expansión de productos disponibles en el mercado.

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

Desde una perspectiva crítica se identifica cómo las políticas y prácticas relacionadas con los agrotóxicos no solo generan procesos toxicogénicos sobre la salud individual, sino que están íntimamente vinculadas a estructuras sociales, económicas y políticas. Por lo tanto, se hace necesario un enfoque integral basado en la Determinación Social de la Salud y las 4S de la vida que permita avanzar hacia modelos agrícolas sustentables, soberanos, solidarios y saludables, que prioricen la vida por encima de los intereses económicos.

1.2. Los agrotóxicos y los procesos destructivos en la salud humana y los ecosistemas

La historia de la agricultura está marcada por profundas relaciones de poder que han configurado no solo los sistemas de producción alimentaria, sino también los procesos sociales y ecológicos que determinan la salud. Desde el surgimiento de la agricultura en las primeras civilizaciones hasta el modelo agroindustrial contemporáneo, los modos de apropiación, uso y control de la tierra han reflejado y reproducido desigualdades estructurales que inciden directamente en la salud de poblaciones humanas y los ecosistemas.

El uso de agrotóxicos presenta dos problemas principales: genera procesos toxicogenicos sobre la salud humana y los procesos destructivos de los ecosistemas, debido al modelo de producción basado en la “revolución verde”, conforme pasa el tiempo el uso de agrotóxicos es mayor ya sea por la aparición de nuevas plagas o por la resistencia desarrollada por estas, lo que significa que las personas expuestas sean trabajadores o moradores de las zonas cercanas a la aplicación reciben cada vez una dosis mayor, también debido a la persistencia las plantas y productos que han sido fumigados, pueden tener concentraciones considerables, de acuerdo al tipo y concentración del producto pueden llegar al organismo produciendo daño ya sea instantáneo (agudo) o a largo plazo (crónico) (Ferreira et al. 2016).

La historia de las intoxicaciones por agrotóxicos es extensa y compleja. Los primeros registros de envenenamiento datan de la antigüedad, cuando las personas se exponían a sustancias químicas tóxicas naturalmente disponibles a través de su uso sin conocer su potencial daño. Posteriormente con el desarrollo de productos sintéticos a principios del siglo XX, se produjo un notable aumento en los casos de intoxicación debido a que estos químicos eran más “potentes” que los remedios naturales y se absorbían con mayor facilidad a través de la piel o por inhalación. Posteriormente, durante las décadas de 1950 y 1960, comenzó a generarse una conciencia sobre los impactos destructivos de los agrotóxicos, lo que impulsó la creación de numerosas regulaciones para su control. Sin embargo, las intoxicaciones continúan ocurriendo, ya sea por exposición laboral, ingestión accidental, contacto dérmico, inhalación o a través de los alimentos. Los síntomas varían según el tipo de sustancia, pero frecuentemente incluyen náuseas, vómitos, diarrea, dolor de cabeza, mareos, sudoración y visión borrosa. En casos severos, pueden presentarse convulsiones, coma o incluso la muerte.

El extractivismo agrícola, lejos de cumplir con la promesa de garantizar una provisión continua de alimentos y erradicar el hambre en el mundo, ha demostrado ser un modelo insostenible y perjudicial. A pesar de ser presentado como una solución a la crisis alimentaria global, su práctica intensiva ha generado impactos negativos significativos en el medio ambiente. Entre sus principales consecuencias se encuentra el deterioro acelerado de los recursos naturales esenciales, como el agua y el suelo, que son fundamentales para la producción agrícola a largo plazo. Además, este modelo ha contribuido a la reducción drástica de la biodiversidad, afectando tanto la flora como la fauna a niveles alarmantes. Estudios han señalado que las tasas actuales de pérdida de biodiversidad superan hasta 1000 veces los índices históricos naturales de la Tierra, una

crisis que compromete el equilibrio de los ecosistemas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2008).

Este colapso de la diversidad biológica, impulsado por la expansión agrícola indiscriminada, la deforestación, el uso de monocultivos y el empleo masivo de agrotóxicos, no solo amenaza la estabilidad ambiental, sino también la seguridad alimentaria y la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático. En lugar de aportar soluciones, el extractivismo agrícola ha exacerbado las desigualdades, profundizando problemas estructurales en la distribución de alimentos y priorizando un modelo productivo orientado hacia el mercado global en detrimento de las necesidades locales. Esto plantea la urgencia de repensar las prácticas agrícolas, fomentando alternativas que sean sostenibles, respetuosas con el medio ambiente y alineadas con el bienestar de las comunidades y los ecosistemas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2008; Bohme 2015; Whayne 2024; Melgarejo et al. 2020).

La sobreexplotación de los trabajadores agrícolas es una problemática extendida que refleja las desigualdades estructurales del sistema productivo basado en el extractivismo agrícola. En Europa uno de cada cuatro trabajadores de la agricultura es migrantes, que están expuestos a violencia, largas jornadas de trabajo y pagos insuficientes de manera rutinaria, según un estudio que recoge información de 9 países. También en Latinoamérica existe esta realidad, en Colombia, un estudio publicado en 2012 reveló que el 92% de los trabajadores agrícolas desempeñan sus labores en condiciones precarias. Esto incluye la falta de acceso a derechos laborales básicos, salarios insuficientes que no cubren las necesidades mínimas, largas jornadas de trabajo sin compensación adecuada y la ausencia de medidas de seguridad y salud en el trabajo (E. Puello, Ramos, y Madariaga 2012; Agejas 2024).

Las condiciones laborales precarias en el sector agrícola se manifiestan en múltiples niveles. Por un lado, muchos trabajadores son expuestos a riesgos graves para su salud debido al contacto directo y frecuente con sustancias químicas tóxicas como agrotóxicos. En muchos casos, estas sustancias se manipulan sin el equipo de protección necesario ni la capacitación adecuada, lo que resulta en enfermedades crónicas y agudas, incluyendo problemas respiratorios, dérmicos y neurológicos. Por otro lado, las largas jornadas de trabajo bajo condiciones climáticas extremas, como el sol intenso o la lluvia persistente, aumentan el riesgo de agotamiento físico, deshidratación y accidentes laborales (Breilh 2005, 2007, 2011a, 2011b; E. Puello, Ramos, y Madariaga 2012; Breilh 2023a).

A nivel social, estas condiciones contribuyen a perpetuar ciclos de pobreza y desigualdad, especialmente en áreas rurales donde la agricultura es la principal fuente de empleo. La falta de contratos formales y de protección social, como acceso a pensiones, licencias por enfermedad o indemnizaciones, coloca a los trabajadores en una situación de vulnerabilidad permanente. Esta precariedad también impacta a las familias de los trabajadores, quienes a menudo dependen de estos ingresos insuficientes, lo que limita su acceso a educación, salud y una vida digna. Además, el contexto de precariedad laboral en el sector agrícola no solo afecta a los trabajadores locales, sino también a los migrantes, quienes frecuentemente enfrentan condiciones aún más adversas, incluyendo explotación extrema, discriminación y falta de reconocimiento de sus derechos laborales y humanos (Breilh 2005, 2007, 2011a, 2011b, 2023a).

Esto evidencia cómo el modelo de producción agrícola extractivista no solo explota la tierra y los recursos naturales, sino también la fuerza laboral, contribuyendo a una crisis tanto ambiental como social. Abordar esta problemática requiere un cambio profundo en las políticas públicas y los modelos de producción agrícola, priorizando la dignificación del trabajo en el campo. Esto implica garantizar salarios justos, acceso a seguridad social, condiciones de trabajo seguras, y una regulación estricta sobre el uso de agroquímicos. También es necesario promover un enfoque integral que valore el papel de los trabajadores agrícolas en la sostenibilidad alimentaria y el desarrollo rural, reconociendo su contribución fundamental a la sociedad y asegurando su bienestar como una prioridad innegociable (Breilh 2005, 2007, 2011a, 2011b, 2023a).

Los procesos destructivos del modelo extractivista agrícola también están acompañados por descargas masivas de sustancias tóxicas que impactan considerablemente los diferentes compartimentos ambientales: agua, suelo, aire y biodiversidad. Estas descargas incluyen una amplia gama de contaminantes, como agrotóxicos, metales pesados, hormonas sintéticas, antibióticos y otros compuestos químicos utilizados intensivamente en la producción agrícola. Los contaminantes, arrastrados por la lluvia o el riego, terminan en ríos, lagos y acuíferos, afectando no solo a los ecosistemas acuáticos, sino también a las comunidades que dependen de estas fuentes para consumo, riego y pesca. La presencia de estos compuestos químicos en el agua ha sido vinculada con la muerte masiva de peces, la eutrofización de cuerpos de agua debido al exceso de nutrientes y el desarrollo de resistencias bacterianas por el uso indiscriminado de antibióticos en la agricultura (Prager et al. 2002; Ortega 2009; Breilh 2010a, 2017a).

Durante la década de 1970, la pérdida de nutrientes en tierras agrícolas y los procesos destructivos generados en ecosistemas acuáticos, como la eutrofización de lagos, crea preocupación y numerosas investigaciones para rastrear y cuantificar estas pérdidas. Ahora se reconoce que la agricultura altera profundamente los ciclos biogeoquímicos, siendo una fuente importante de contaminación del agua, emisiones de gases de efecto invernadero, enriquecimiento de nutrientes y pérdida de biodiversidad. Las actividades humanas han duplicado los flujos globales de nitrógeno y fósforo, principalmente debido a la agricultura. El fósforo se pierde mayormente por escorrentía en tierras agrícolas desnudas o con fertilización excesiva, exacerbada por la separación entre la producción ganadera y agrícola, lo que genera zonas críticas de exceso de fósforo. Por su parte, el nitrógeno, a través de lixiviación de nitratos y liberación de óxido nitroso, contamina aguas subterráneas y ecosistemas acuáticos, además de contribuir significativamente al cambio climático y al agotamiento de la capa de ozono, siendo el óxido nitroso un gas de efecto invernadero 300 veces más potente que el CO₂ (Lewis et al. 1984; Whayne 2024).

En el suelo, las sustancias tóxicas, alteran la composición biológica y química, afectando su fertilidad y reduciendo la biodiversidad de microorganismos esenciales para su salud. La acumulación de estos contaminantes puede provocar la pérdida de la capacidad del suelo para regenerarse, lo que obliga a los agricultores a depender aún más de fertilizantes químicos, perpetuando un círculo vicioso de degradación y contaminación. También la aplicación de agrotóxicos mediante aspersión, especialmente en grandes extensiones de monocultivos, libera partículas químicas al aire. Estas partículas pueden ser transportadas por el viento a largas distancias, afectando áreas cercanas y lejanas, incluidas comunidades rurales y urbanas. La exposición crónica a estos contaminantes en el aire está asociada con problemas respiratorios, alergias y enfermedades crónicas tanto en humanos como en animales. La descarga de sustancias tóxicas también tiene efectos devastadores sobre la biodiversidad. Muchos agrotóxicos no solo eliminan plagas, sino que también afectan a especies beneficiosas, como polinizadores (abejas, mariposas) y controladores naturales de plagas (aves, reptiles, anfibios). Esto altera los equilibrios ecológicos y contribuye al colapso de redes tróficas, lo que pone en riesgo la estabilidad de los ecosistemas (Prager et al. 2002; Ortega 2009; Breilh 2010a, 2017a).

El uso excesivo e inadecuado de agrotóxicos no solo ha llevado a la degradación de ecosistemas, pérdida de biodiversidad y acumulación de toxinas en la cadena

alimentaria. También ha generado procesos toxicogenicos sobre la salud humana, estas sustancias se han asociado con enfermedades crónicas y efectos agudos, incluyendo cáncer y trastornos neurológicos. La OMS estima millones de intoxicaciones anuales debido a estas sustancias (Flint y Bosch 1981a; Arturo Pérez y Landeros 2009).

La acumulación de estos contaminantes en el ambiente tiene implicaciones directas para la salud humana. Los residuos de sustancias toxicas en alimentos, agua y aire están vinculados a una variedad de enfermedades, como cáncer, trastornos endocrinos, problemas neurológicos y malformaciones congénitas. Además, la exposición crónica a estos compuestos puede generar impactos intergeneracionales, afectando el desarrollo y bienestar de futuras generaciones. Por lo tanto, es necesario establecer regulaciones estrictas sobre el uso de químicos en la agricultura, promover alternativas sostenibles como la agroecología y garantizar la protección de los ecosistemas y las comunidades más vulnerables a estos impactos (Prager et al. 2002; Ortega 2009; Breilh 2010a, 2017a). En la tabla 9 se resume los procesos destructivos de los agrotóxicos sobre la salud y los ecosistemas.

Tabla 9
Procesos destructivos de los agrotóxicos sobre la salud y los ecosistemas.

Proceso generador	Procesos destructivos sobre los ecosistemas	Procesos destructivos sobre la Salud
Dispersión atmosférica: Los agrotóxicos aplicados por pulverización pueden volatilizarse y ser transportados por el viento.	Contaminación del aire y transporte a áreas no objetivo, afectando especies no objetivo.	Intoxicación por inhalación, alergias respiratorias, efectos neurológicos.
Contaminación del agua: Esguerrimiento superficial y lixiviación contaminan ríos, lagos y acuíferos.	Toxicidad para organismos acuáticos, alteración de ecosistemas acuáticos, bioacumulación en la cadena alimentaria.	Exposición indirecta a través del consumo de agua contaminada y riego, enfermedades gastrointestinales, y cáncer.
Bioacumulación: Los agrotóxicos persistentes se acumulan en tejidos de organismos vivos.	Afectación a especies de la cadena trófica, desequilibrio ecológico.	Toxicidad crónica en humanos, problemas hormonales y neurológicos.
Resistencia biológica: Uso constante induce resistencia en plagas, obligando a usar dosis más altas o productos más tóxicos.	Incremento de organismos resistentes, pérdida de eficacia de control biológico y químico.	Mayor exposición humana a sustancias más tóxicas.
Interacciones sinérgicas: Combinaciones de sustancias incrementan su toxicidad total, afectando organismos vivos de manera impredecible.	Sinergia tóxica en ecosistemas, afectando múltiples especies y procesos ecológicos.	Efectos adversos en la salud humana, como daño hepático, mutaciones genéticas y toxicidad sistémica.
Persistencia en suelos: Los agrotóxicos pueden permanecer activos durante largos periodos, contaminando suelos y agua subterránea.	Degradación lenta, afectando la biodiversidad del suelo y su fertilidad.	Exposición prolongada a contaminantes y sus metabolitos a través de cultivos y contacto directo.

Efectos no selectivos: Los agrotóxicos afectan organismos no objetivo, incluyendo polinizadores y depredadores naturales de plagas.	Reducción de biodiversidad, colapso de ecosistemas de polinizadores y control biológico.	Disminución de alimentos seguros debido a la pérdida de polinizadores.
Contaminación alimentaria: Residuos de agrotóxicos quedan en los alimentos, exposición para consumidores.	Introducción de tóxicos en cadenas alimentarias, afectando organismos en todos los niveles tróficos.	Intoxicación aguda y crónica, problemas endocrinos y enfermedades como cáncer.

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

El extractivismo agrícola se considera una de las actividades más peligrosas, ya que muchos trabajadores enfrentan accidentes laborales y un deterioro significativo de su salud. La manipulación inadecuada de agrotóxicos, a menudo causada por la falta de medidas de protección apropiadas, expone tanto la seguridad de los trabajadores como de los ecosistemas aledaños. Los trabajadores dependiendo de su puesto de trabajo realizan tareas extenuantes, algunas también involucran el uso de sustancias tóxicas que generan impactos destructivos en su salud y bienestar, por lo tanto, es fundamental capacitar a los trabajadores para que adquieran el conocimiento y la actitud necesarios para aplicar medidas de seguridad, como el uso correcto de equipos de protección personal, cuando no exista otra opción que utilizar productos químicos. Además, se requiere un programa integral para abordar los problemas de salud que enfrentan, junto con intervenciones preventivas que reduzcan la exposición. Estas intervenciones deben estar alineadas con la aplicación efectiva de leyes y regulaciones vigentes (Khode et al. 2024).

Los procesos destructivos descritos revelan la necesidad de un cambio a un sistema de producción que favorezca el cuidado de los ecosistemas y la protección de la salud de trabajadores y comunidades. Estos sistemas deben incluir una gestión adecuada de la fertilidad del suelo basada en enfoques orientados a enfrentar la degradación ambiental, promover la sostenibilidad agrícola y reducir la degradación del suelo, con miras a la aplicación del modelo de producción agroecológica.

1.3. Los agrotóxicos presentes en alimentos, ambiente y humanos

Al adquirir productos alimenticios producidos bajo el modelo extractivista promovido por la revolución verde, es probable que estemos introduciendo a nuestros hogares cantidades desconocidas de sustancias tóxicas. Aunque estos productos contengan concentraciones mínimas de agrotóxicos que “cumplen” con los Límites Máximos de Residuos (LMR), su consumo diario lleva a una acumulación progresiva en el organismo ya que no se pueden metabolizar. Con el tiempo, esta acumulación puede

alcanzar niveles que desencadenen procesos destructivos para la salud. Además, la degradación de estos químicos puede generar compuestos con potencial mucho más tóxicos que los originales.

El extractivismo agrícola, basado en un modelo empresarial monopólico que depende del uso intensivo de productos sintéticos, ha generado graves problemas, como la contaminación de agua y alimentos, intoxicaciones en trabajadores y comunidades rurales, y ha contribuido significativamente al calentamiento global y al cambio climático (Breilh 2017a). El uso intensivo de agrotóxicos se contrapone al derecho a vivir en un ambiente saludable y alimentarse sanamente de las futuras generaciones, la dependencia de estos productos en la agricultura, siempre se ha justificado ante la necesidad de incrementar el rendimiento de producción, para poder cubrir la demanda de alimentos de una población que crece cada día, sin importar los procesos toxicogénicos sobre la salud humana y los ecosistemas generados, pero el hambre en lugar de disminuir se incrementa cada día, debido a que la producción se destina a satisfacer exigencias de poblaciones específicas o ser utilizadas como materia prima para la producción de bio combustibles y alimento para animales (Breilh 2011a).

El uso de agrotóxicos en la producción de alimentos son una preocupación a nivel mundial, al ser sustancias químicas o biológicas diseñadas y utilizadas para eliminar seres vivos, la Organización de las Naciones Unidas anualmente se estima que son causantes de la muerte de 200 mil personas, claro está que el mayor porcentaje se ubica en los países en desarrollo 99%, debido a la debilidad o inexistencia de las normas de control en salud, ambiente y seguridad, lo que ha favorecido el crecimiento de su aplicación (United Nations 2017). Los agrotóxicos son aplicados incluso con sobredosis en la producción de frutas, verduras, trigo, arroz, y la mayoría de los productos alimenticios (Guerrero 2003), durante varios años se ha incrementado el uso de agrotóxicos en la producción de alimentos que se habla de la “docena sucia” de productos alimenticios, debido a la carga de residuos de agrotóxicos detectados, dentro de esta lista se ha incluido varios productos entre los cuales se puede mencionar: fresas, espinaca, col rizada, berza y hojas de mostaza, uvas, duraznos, peras, nectarinas, manzanas, pimientos morrones y picantes, cerezas, arándanos, judías verdes, apio, tomate, pimiento dulce y papas entre otros (Johansen 2003; Group 2024).

Hoy en día, pocas personas están completamente libres de exposición a los agrotóxicos, ya sea a través del agua, el aire o los alimentos. Sin embargo, los más expuestos por el uso intensivo de estas sustancias son los trabajadores responsables de su

aplicación y las comunidades que habitan cerca de las plantaciones, donde se emplean diversos compuestos, incluidos aquellos clasificados como peligrosos para la salud humana y los ecosistemas, incluso que han sido prohibidos en varios países, esta exposición intensifica las ya precarias condiciones de vida de estas poblaciones. El derecho a la salud, la alimentación y un ambiente sano exige que los estados implementen medidas de protección para garantizar la calidad de los alimentos y del entorno, asegurando que estén libres de agrotóxicos. Estas acciones buscan proteger a las poblaciones vulnerables, salvaguardar los ecosistemas y promover la seguridad alimentaria y el cuidado de la vida (United Nations 2017).

Entre estas medidas se destaca el monitoreo constante de alimentos, agua, aire, suelo y salud humana mediante técnicas adecuadas que permitan identificar niveles residuales de agrotóxicos, sus metabolitos y otras sustancias contaminantes. Esto es fundamental para prevenir intoxicaciones crónicas y agudas causadas por el consumo de alimentos contaminados y la exposición a sustancias tóxicas en el ambiente. Otra medida importante sería el generar el cambio a otra forma de producción que no implique el uso de agrotóxicos, apostar por la producción orgánica y la agroecología serían las alternativas, estas consideran que la materia orgánica de la tierra y el reciclaje natural de nutrientes son las únicas maneras sostenibles y efectivas, incluso en términos económicos de proveer alimentos, respetando la salud humana y la naturaleza (United Nations 2017). Es decir, una producción que cuide la vida basada en la sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad, las 4S que protegen la vida (Breilh 2010b, 2017b, 2023a).

El modelo agrícola implementado en Ecuador, también se basa en el uso intensivo de agrotóxicos, la producción florícola, bananera y palma africana son ejemplos visibles de esta realidad. a continuación, en la tabla 10, se muestra algunos datos del uso de superficie agropecuaria, para el año 2021.

Tabla 10
Uso de superficie agropecuaria en Ecuador 2021

superficie agropecuaria millones Ha.	cultivo	% Superficie con labor agropecuaria
1.42	Cultivos permanentes: caña de azúcar, banano, palma africana, cacao, plátano, flores y otros.	26,92
0.84	Cultivos transitorios y barbecho: maíz duro seco, arroz en cáscara y papa, flores y otros.	15,92
2.38	Pastos cultivados	44,94
0.65	Pastos naturales	12,22

Fuente: INEC 2022. Elaboración propia

Pese a que, en Ecuador los principales productos de exportación incluyen banano, caña de azúcar, palma africana y flores, se cultivan siguiendo el modelo de producción convencional asociado a la “revolución verde”, basado en monocultivos y el uso intensivo de una amplia gama de agrotóxicos. Sin embargo, no se dispone de información sobre el uso de estas sustancias en la producción agrícola ecuatoriana en los informes publicados en los últimos años. De acuerdo con el informe del INEC durante el año 2019 se aplicó insumos químicos de diferente toxicidad en el 56.5% de cultivos permanentes, y el 79.6% de cultivos transitorios. Como dato de referencia indicaremos que 682 Kg/ha de fertilizantes se utilizaron para el cultivo de banano, mientras que el cultivo transitorio que más consume fertilizantes es la papa con 458 Kg/ha (Instituto Nacional de Estadística y Censos 2019).

En la tabla 14 se puede apreciar que, en el país, para el 2016 alrededor del 30% de productos aplicados entre: fungicidas, plaguicidas, herbicidas y otros, corresponde a productos de etiqueta amarilla y roja considerados peligrosos, algunos de los cuales están prohibidos o son de uso restringido en otros países, debido a su alto riesgo para la salud y el ambiente.

Tabla 11
Tipo de agrotóxicos utilizados en Ecuador

Categoría de toxicidad	Tipo de cultivo	
	Permanentes	Transitorios
Etiqueta verde (moderadamente no ofrece peligro, IV)	32,61%	30,23%
Etiqueta azul (poco peligro, III)	24,27%	24,37%
Etiqueta amarilla (moderadamente peligroso, II)	25,34%	25,20%
Etiqueta roja (extremadamente peligroso Ia y Ib)	6,64%	6,28%
No se sabe el tipo de producto utilizado	11,14%	13,92%

Fuente: INEC 2016. Elaboración propia

Los datos presentados evidencian que en Ecuador también se ha adoptado un modelo agrícola que, como señala Breilh, puede describirse como una “agricultura para la muerte”. Este modelo, impuesto por las grandes corporaciones agroindustriales, prioriza un capitalismo acelerado, consumista, acumulativo y depredador, con graves impactos negativos en la salud, el ambiente y la sociedad. El uso indiscriminado de agrotóxicos no solo afecta la salud humana, sino también los ecosistemas, especialmente el suelo, donde se acumulan residuos y metabolitos de estas sustancias, que posteriormente contaminan el agua y llegan a los alimentos. Los agrotóxicos representan un grave riesgo para las personas, ya que pueden causar cáncer y afectar los sistemas reproductivo, inmunológico y nervioso (Breilh 2011b, 2017b, 2023a).

También en América Latina los mecanismos de explotación de la naturaleza y de los seres humanos, y sus consecuencias para la salud y para el ambiente, crecen a una escala insostenible llegando a niveles intolerables (Augusto 2012). El modelo vigente, que favorece el agronegocio, sin dar solución al hambre o la falta de alimentos para consumo humano, ahora se orienta a la producción de agrocombustibles y alimento para animales confinados.

En la tabla 12 se presenta, para el año 2019, los productos comerciales herbicidas, fungicidas y plaguicidas, utilizados en los países andinos y su toxicidad, los cuales se transportan al ambiente, pasan a la cadena trófica y finalmente llegan a la mesa como parte de los alimentos, por lo que es muy importante y necesario la detección de estos productos y sus metabolitos.

Tabla 12
Tipo de agrotóxicos utilizados en la Región Andina

País	Institución responsable	Plaguicidas registrados	Categoría toxicológica				
			Ia	Ib	Ii	Iii	Iv
Bolivia	Senasag	2487	0%	2%	43%	23%	31%
Chile	Sag	1305	3%	1%	25%	16%	55%
Colombia	Ica	2360	1%	2%	38%	59%	0%
Ecuador	Agrocalidad	2654	0%	1%	30%	53%	14%
Perú	Senasa	2743	-	-	-	-	-

Fuente y elaboración: Tomado de CILAB Salud. julio, 2019

En la región Andina, Chile reporta el valor más alto de uso de agrotóxicos extremadamente peligrosos 4 % y el 55 % de productos no peligrosos, Bolivia aplica el 43 % de sustancias moderadamente peligrosos, Colombia el 59 % de productos poco peligrosos. La menor cantidad de agrotóxicos registrados es 1305 en Chile y el máximo 2747 en Perú, de acuerdo con los datos obtenidos de las Instituciones responsables del registro y control de agrotóxicos de cada país.

En Ecuador y en la región son evidentes las deficiencias en el uso y manejo de los agrotóxicos. Según los productores y representantes de las empresas los agricultores no acogen las normas técnicas de protegerse al utilizar químicos en sus cultivos, no usan los implementos de seguridad personal como: mascarillas, guantes, botas, pero la realidad en las tiendas de agroquímicos no se encuentra disponible estos implementos, tampoco se aplican las dosis “adecuadas” provocando la resistencia de las plagas a estos productos. Los trabajadores dependientes en referencia al equipo de protección denuncian que estos

no son proporcionados por los empresarios. Para el caso particular de la producción bananera, tan solo el 20% de trabajadores bananeros utilizó con regularidad máscaras y guantes para la protección personal durante la aplicación de plaguicidas en el año 2017 (Naranjo 2017).

También existen casos en los que los trabajadores y agricultores refieren el no uso de estos implementos debido a condiciones climáticas, incomodidad o la necesidad de mantener la apariencia de personas resistentes, llegando a tan solo el 46% de personas que utilizan implementos de seguridad, lo que incrementa el nivel de exposición y el riesgo de intoxicación tanto aguda como crónica, de esta forma las empresas se liberan de toda culpa, incluso con el apoyo de las autoridades, evitándose el pago por afecciones a la salud o recuperación ambiental (Naranjo 2017, 2020b). Otro punto importante es la responsabilidad de las agroempresas en el deterioro del ambiente, y la salud de las comunidades expuestas, muchas veces las personas afectadas no pueden probar que las enfermedades desarrolladas tienen relación con las actividades de la empresa (Ferreira et al. 2016).

Como hemos señalado, la exposición a agrotóxicos es un fenómeno generalizado, debido a su uso amplio y cada vez más diversificado, con concentraciones crecientes. Esto ha llevado a que residuos de estas sustancias se encuentren con facilidad en los ecosistemas y alimentos, ingresando al organismo humano a través de la cadena alimentaria. Frente a esta preocupante realidad, la Salud Colectiva enfrenta el desafío de desarrollar modelos de estudio que aborden la complejidad de estos problemas de salud. Además, debe promover acciones que alerten sobre los posibles daños asociados con un modelo agrícola dependiente de agrotóxicos, utilizando técnicas adecuadas y tecnología avanzada. Esto permitirá generar datos que evidencien vulnerabilidades, impactos en la salud e inequidades sociales, contribuyendo así a la formulación de políticas públicas de salud y ambientales más efectivas (Augusto 2012).

1.4. Estudios de los agrotóxicos y sus impactos sobre la salud y los ecosistemas realizados en el Ecuador.

El uso de agrotóxicos en Ecuador ha generado preocupaciones significativas debido a los procesos destructivos sobre la salud humana, los ecosistemas y la biodiversidad que se generan, estos impactos se han evidenciado en las tres regiones del país, afectando a poblaciones urbanas y rurales, así como a pueblos y comunidades

indígenas y no contactadas. Varios son los estudios que se han desarrollado en el país sobre el tema.

En la Amazonia ecuatoriana la exposición a contaminantes derivados de la actividad petrolera ha sido vinculada a un aumento en enfermedades graves, incluyendo cáncer, se destaca que las ocho nacionalidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana, entre ellas los Waorani, Secoya y Cofán, han sido afectadas por la contaminación ambiental, pero no solo es este el problema, también se debe añadir el impacto del uso intensivo de agrotóxicos en las diferentes actividades agrícolas y la falta de servicios de salud de calidad sumado al racismo y la discriminación, reportándose casos de envenenamiento autoinfligido relacionados con herbicidas con cerca del 90% principalmente paraquat (ACNUR 2018; Cardozo, Vistin, y Padilla 2024). Por otro lado, entre los años 2000 y 2020, la actividad agrícola en la región amazónica incluida la ecuatoriana experimentó un crecimiento del 327,3 %, llegando a cerca de 11,4 millones de hectáreas cosechadas. Este crecimiento significa un incremento muy importante en la aplicación de agrotóxicos y alteración de los ciclos del agua y su contaminación (Vázquez 2024).

Las transformaciones en el uso del suelo debido al crecimiento poblacional y la expansión agrícola en la amazonia ecuatoriana han generado procesos toxicogenicos en el sistema hídrico por aguas residuales y agrotóxicos. Un estudio en la cuenca del río Napo evaluó 40 sitios, incluyendo áreas urbanas, agrícolas y una reserva natural, analizando calidad del agua, presencia de agrotóxicos y comunidades de macroinvertebrados. Se detectaron residuos de estas sustancias en todos los puntos, siendo más frecuentes el carbendazim, azoxistrobina, diazinón, propiconazol e imidacloprid. Los insecticidas organofosforados y el imidacloprid presentaron los mayores procesos destructivos de los ecosistemas, especialmente en zonas con palma africana y cultivos de maíz. Los resultados revelan un impacto significativo del uso del suelo en la contaminación acuática, afectando la biodiversidad de los ecosistemas fluviales (Cabrera et al. 2023).

Un informe de la Clínica Ambiental en el año 2008 reveló una alta incidencia de suicidios en Hatum Sumaco-Wamani (provincia de Napo) relacionada con la fumigación de cultivos de naranjilla, registrando un promedio de tres suicidios mensuales, lo que posicionaría a esta región entre las de mayor tasa de suicidios por pesticidas a nivel mundial. Además, el 84 % de los habitantes expuestos a plaguicidas manifestó sentirse triste, nervioso o deprimido. En el 2017 la UDAPT y la Clínica Ambiental en otro estudio

señalan que el 55,2 % de las familias indígenas de las nacionalidades Ai’Kofan, Siona y Siekopai utilizan pesticidas, identificándolos como uno de los principales problemas de salud después de la contaminación petrolera. Esto evidencia que ni siquiera los pueblos indígenas amazónicos están exentos de los impactos del uso de plaguicidas (Naranjo 2017).

En la sierra ecuatoriana, en zonas como Cayambe y Pedro Moncayo, la floricultura utiliza alrededor de 80 insumos químicos, incluyendo plaguicidas altamente tóxicos. Esta práctica ha llevado a la contaminación de suelos y aguas, afectando la salud de las comunidades locales. Estudios han detectado altos niveles de plaguicidas organofosforados y organoclorados en muestras de agua, así como síntomas neurológicos en trabajadores expuestos, como cefaleas, pérdida de memoria e irritabilidad (Tillería Muñoz 2010; Vásquez et al. 2018; Acción Ecológica 2020).

Un estudio realizado en 2009 por la Universidad de Columbia Británica, el CEAS y la Universidad Andina Simón Bolívar en la cuenca del río Granobles (Cayambe-Tabacundo) reveló los procesos destructivos de la floricultura en la salud humana y el medio ambiente. En esta zona, el 31 % de las familias tiene al menos un miembro trabajando en fincas de flores, lo que ha generado patrones de exposición a plaguicidas con alta afectación en la salud de los trabajadores, actualmente son más incluso familias enteras dedicadas a la producción de flores (Breilh et al. 2011).

En el estudio se revela tres problemáticas principales:

1. Presencia de agrotóxicos en casi la mitad de las 70 muestras analizadas, evidenciando el uso intensivo e indiscriminado de agrotóxicos y la gestión inadecuada de aguas residuales y sobrantes de formulaciones, muchas veces vertidas directamente a la cuenca;
2. Los niveles de contaminación se incrementan cuanto más cerca están los cuerpos de agua de las zonas de producción florícola, siendo más bajos en zonas altas y campesinas, y más altos en el valle florícola agroindustrial;
3. La floricultura consume cantidades de agua desproporcionadas. En Cayambe, el uso hídrico por hectárea al mes es 60 veces mayor que en haciendas tradicionales, 1.000 veces más que en fincas campesinas, e incluso superior al consumo mensual por hectárea en Quito (incluyendo personas e industrias).

Demostrando que detrás del denominado “éxito” económico de la floricultura se ocultan procesos destructivos graves para la salud y los ecosistemas, especialmente en términos de contaminación química y sobreexplotación de fuentes hídricas.

En la provincia de Bolívar, el monocultivo de maíz suave ha incrementado el uso de agrotóxicos, considerados “indispensables” por los productores para garantizar la producción, pese a que los procesos destructivos de estos productos sobre la salud y los ecosistemas son conocidos, así como la pérdida de sustentabilidad y la soberanía debido a la dependencia de las grandes comercializadoras de productos químicos (Valverde y Rafael 2019). En Carchi, estudios han demostrado que el uso de insecticidas como el carbofurán en el cultivo de papa afecta la salud neuroconductual de los agricultores, reduciendo su productividad. Se sugiere que una reducción en el uso de estos plaguicidas podría mejorar tanto la salud como la eficiencia productiva (Yanggen, Crissman, y Espinoza 2003). En 1989 se realizó un estudio sobre las estrategias productivas en las tres regiones ecuatorianas, costa, sierra y oriente. La investigación abordó diferentes sistemas productivos desde complejos agroindustriales con alta inversión de capital y utilización de tecnología avanzada, establecimientos y haciendas de mediana complejidad, hasta estrategias productivas familiares con escasa tecnificación y aplicación de trabajo manual, en este estudio se confirma que el uso intensivo de agrotóxicos en los diferentes modos de producción en el país es generalizado y representa una grave amenaza para la salud de quienes trabajan en el agro y sus comunidades, estos ejemplos plantean la necesidad de políticas públicas basadas en el principio de precaución y justicia socioambiental para la agricultura. El estudio se ejecutó en: Producción y elaboración de palma africana; Ingenio azucarero; Empresa floricultora; Establecimiento forestal; Hacienda bananera y Cooperativas arroceras y tomateras (Harari 2007).

Estudios realizados en el sector florícola ecuatoriano evidencia la presencia de múltiples procesos destructivos en la salud de los trabajadores, incluyendo afectaciones respiratorias, gastrointestinales, genéticas, dermatológicas, hepáticas, renales e incluso mentales. Muchas de estas patologías tienen como mecanismo principal la intoxicación por plaguicidas; sin embargo, otras condiciones —como los trastornos musculoesqueléticos— se relacionan más estrechamente con la lógica de organización del proceso productivo y la división del trabajo en la floricultura (Breilh 2001).

Acción Ecológica advierte que el sistema agroalimentario dominante ha promovido un concepto de "calidad" basado en criterios cosméticos (color, empaque, simetría, duración en perchas), lo que ha llevado a los consumidores a desvalorizar aspectos nutricionales y a contribuir al desperdicio de alimentos que no cumplen con dichos estándares visuales. Además, al menos 2.000 campesinos son hospitalizados anualmente en Ecuador por intoxicaciones con plaguicidas. En 2012, los principales

productos involucrados fueron paraquat, bromadiolona, glifosato, cipermetrina, carbofurán y clorpirifos. De estos, solo el carbofurán ha sido retirado del mercado, mientras que los demás aún cuentan con registro vigente, lo que evidencia la persistencia de riesgos tóxicos en el agro ecuatoriano (planV 2018).

Pese a que Ecuador fue el primer país en reconocer constitucionalmente los derechos de la naturaleza, la agricultura continúa dependiendo del uso intensivo de agrotóxicos. Según Agrocalidad, hay más de 3.500 agrotóxicos registrados en el país, algunos de los cuales están prohibido en varios países debido a su potencial de generar procesos toxicogenicos sobre los ecosistemas, organismos del suelo, ciclos biológicos y especies polinizadoras. Uno de los casos más alarmantes es el de las plantaciones de banano, el principal producto agrícola de exportación del país, concentrado en las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro. Allí se realizan hasta 45 fumigaciones aéreas al año, cuyos químicos se dispersan y afectan a trabajadores rurales y comunidades vecinas. El fungicida “Mancozeb”, usado en todas estas fumigaciones, ha sido identificado como particularmente tóxico y potencialmente cancerígeno. Se han hallado residuos de este compuesto incluso a un kilómetro de las zonas de aplicación (Acción Ecológica 2022).

Hay que destacar que el Mancozeb fue temporalmente prohibido en Ecuador en el año 2009, pero su uso se reinstauró por presión empresarial. En 2017, se aplicaron más de 14.000 toneladas en bananeras. Estudios indican su alta toxicidad en humanos, anfibios, peces, moluscos y flora acuática. Expertos como Jaime Breilh y Adolfo Maldonado han documentado daños a la salud de los trabajadores, incluidos síntomas agudos y efectos crónicos como el cáncer, que pueden manifestarse hasta diez años después. Se denuncian también condiciones laborales precarias, con despidos por enfermedad y presencia de trabajo infantil y la operación de certificadoras que avalan los productos pese al alto uso de sustancias toxicas en la producción (Polo 2020; Acción Ecológica 2022).

La Asociación Sindical de Trabajadores Agrícolas, Bananeros y Campesinos (ASTAC) ha recopilado de manera sistemática evidencia sobre los efectos perjudiciales del uso de agrotóxicos en la salud de los trabajadores del sector bananero en Ecuador. Desde su creación en 2007, la organización ha denunciado las condiciones laborales precarias y la exposición continua a sustancias altamente tóxicas como el mancozeb y el paraquat, prohibidas en varios países por su peligrosidad. Entre los síntomas reportados por los trabajadores se encuentran mareos, alteraciones en la visión y taquicardia,

mientras que en las comunidades aledañas a las zonas de cultivo se ha identificado un incremento en enfermedades crónicas, malformaciones congénitas y otros problemas de salud (PLANV 2018; ASTAC 2025). Los agricultores arroceros ecuatorianos emplean diversos plaguicidas para proteger sus cultivos, el ciclo de la producción arrocerá implica el uso de 45 ingredientes activos. Sin embargo, estudios indican que muchos de ellos carecen de capacitación adecuada para manejar estos productos, lo que conlleva prácticas inseguras y la generación de procesos destructivos para la salud y los ecosistemas. Entre los herbicidas más usados destaca el glifosato, el paraquat y el 2,4-D, herbicidas altamente peligrosos. En el caso de los insecticidas se destacan: cipermetrina, dimetoato, furadama (carbofuran), producto que está prohibido su comercialización en el país desde hace 10 años (Naranjo y Macías 2022).

Para el año 2004 existían alrededor de 180 empresas registradas para importar plaguicidas en Ecuador, el 92,4% de las importaciones en 2004 fue realizado por solo 20 empresas. Entre las más destacadas se encuentran multinacionales como Bayer y BASF, así como distribuidoras nacionales como Ecuaquímica, Agripac, Dupocsa y Febres Cordero. Además, empresas como Fertipacífico, Reybanpac y la Unión de Bananeros Ecuatorianos también tienen una participación significativa en el mercado (Gaybor, Nieto, y Velasteguí 2006).

El mercado ecuatoriano de plaguicidas presenta características oligopólicas, en el 2017 nueve empresas concentran el 65% de los productos ofertados: Agripac, Ecuaquímica, Farmagro, Interoc, Del Monte, Fetisa, Solagro, Dupocsa y Pronaca, las cuales se encargan de la inserción de los productos fabricados por las grandes corporaciones transnacionales: Bayer-Monsanto, Chemchina- Syngenta, Dow-Dupont, Arysta y BASF, estas nueve empresas compiten por el predominio de la comercialización de agrotóxicos en el país creando acuerdos con gobiernos de todo nivel, recurren a organizaciones gremiales, negociando beneficios estatales que favorezcan el territorio donde desarrollaran su negocio siempre que los campesinos estén atados a sus productos (Naranjo 2020a; Naranjo y Macías 2022). Para incrementar su acción y ampliar su área de incidencia algunas empresas como Agripac y Ecuaquímica han participado en iniciativas gubernamentales, como el “Plan Semillas”, que busca mejorar la productividad agrícola mediante la distribución de insumos. Estas colaboraciones reflejan una estrecha relación entre el sector privado y el Estado en la promoción de tecnologías agrícolas (Naranjo y Macías 2022). En el país, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (AGROCALIDAD) es la encargada de registrar y supervisar a los

importadores de plaguicidas y hacer cumplir los requisitos específicos para obtener permisos de importación y están sujetas a inspecciones y controles periódicos.

Estudios realizados por CEAS y la UASB por más de 20 años han determinado la presencia de un sin número de agrotóxicos en diferentes estamentos ambientales en el Ecuador. En el año 2005 en un estudio sobre la producción de flores en la Cuenca del río Granobles (Cayambe – Tabacundo) se reportó el uso de: fosetil aluminio, hidrocloreto de propamocarb, mancozeb, methiocarb, metomil, carbofuran, diazinon, demeton -S- metil, malathion, metamidofos, tiociclamhidrogenoxalato, bromuro de metilo, productos de alta peligrosidad con etiqueta roja y amarilla. El estudio de campo reportó: endosulfan, carbofuran, metomil, cadusafos, dimetoato, clorpirifos, tiebendaole, 3 hidroxicarbofuran, DDT, oxamil, diazinon, clorotalonil en agua, sedimento y sedimento, demostrando los altos niveles de contaminación originados por la industria en la Cuenca (Breilh 2005; Breilh et al. 2011). En un segundo muestreo se identificó: malatión, dodemorf, diazinon, sumilex, procloraz, carbofuran, nimrod, tedion, 2,4,6 triclorofenol, meltatox, carboxin, pentacloro anilina, ftalatos, la presencia de estos productos indica el uso de agrotóxicos que se han consolidado en el mercado y de nuevas moléculas lo que indica la dinámica de producción de sustancias tóxicas, adicionalmente la presencia de ftalatos advierte sobre el inicio de la generación de procesos destructivos de los plásticos (Breilh et al. 2011).

También se han realizado estudios en el sector bananero específicamente en Machala, en el marco del proyecto TEG 3 reportándose la presencia de: ddt, bhc, bhc, bhc, heptacloro, endrin ketona, endosulfan, dieldrin, aldrin, clordano, metamidofos, etoprofos, clorotalonil, malation, clorpirifos, azoxystrobin, carbofuran, oxamyl, propiconazole, tebuconazole, diferentes matrices, también se reportó la presencia de metales pesados y alteraciones celulares en trabajadores expuestos y otros temas importantes sobre la producción bananera de Machala. (Breilh et al. 2025 in press).

En el año 2018 se realizó el estudio “presencia de contaminantes (metales pesados y agrotóxicos) en agua, suelo y alimentos en los cantones Riobamba y Guano de la provincia de Chimborazo y su posible relación con el espectro autista”, en este se identificó la presencia de residuos de agrotóxicos carbamatos: propoxur, carbofuran, aldicarb y carbaryl en muestras de agua y carbofuran, metomyl, oxamil, 3 hidroxicarbofuran y aldicarb, en muestras de frutilla, pimiento, tomate, vainita, guineo, papa, las muestras de perejil y vainita superaron los LMR establecidos. En cuanto a agrotóxicos organofosforados e identificó la presencia de dimetoato y paratión en agua, en alimentos:

thionazin, sulfotep, disulfoton, metil paration y paration en papa, en lechuga se identificó thionazin, en culantro paratión, en acelga disulfoton. En guano se identificó en brócoli disulfoton, en papa ootetf, no todos los productos están dentro del LMR de referencia, el disulfoton sobrepasa el límite máximo permitido en papa y acelga. Los organoclorados identificados fueron: ddt, dieldrin, endrin aldehyde, endrin ketona, en trazas (Felicita 2018).

Esta breve revisión evidencia la presencia de agrotóxicos pertenecientes a todos los grupos químicos actualmente existentes y su detección en todos los compartimentos ambientales, lo que refleja graves deficiencias en los mecanismos de control, aplicación y comercialización de estas sustancias en el país. Esto conlleva una alta probabilidad de exposición por parte de las comunidades a través del agua, el suelo, el aire y los alimentos. Además, se constata la ausencia de normativas específicas que regulen los diversos productos químicos utilizados en los distintos procesos productivos. Ante este escenario, resulta urgente la incorporación de niveles referenciales de exposición a agrotóxicos en las distintas matrices ambientales, tanto a nivel individual como grupal, considerando las formulaciones utilizadas en cada contexto productivo. Asimismo, se requiere fomentar la investigación científica sobre los niveles de agrotóxicos presentes en el ambiente y sus impactos sobre la salud humana y los ecosistemas.

2. Los agrotóxicos comercialización y la investigación de residuos en alimentos, ecosistemas y humanos

Las sustancias químicas, consideradas “útiles” para la sociedad, pueden liberarse durante su ciclo de vida y causar procesos destructivos de la salud humana y los ecosistemas. La contaminación química es reconocida como uno de los límites planetarios, pero aún no se comprende completamente. El estudio realizado por Wang y colaboradores analizó 22 inventarios de productos químicos de 19 países y regiones, revelando que existen más de 350.000 sustancias y mezclas registradas para su producción y uso —una cifra hasta tres veces mayor a lo estimado anteriormente—, con marcadas diferencias entre regiones. Un hallazgo preocupante es que la identidad de muchas de estas sustancias sigue siendo desconocida públicamente, ya sea por confidencialidad (más de 50.000 casos) o por descripciones ambiguas (hasta 70.000). El estudio concluye que es urgente una acción coordinada entre sectores, especialmente la comunidad científica, para avanzar hacia una comprensión y gestión más efectiva de la

contaminación química global incluida la producida por el uso de agrotóxicos (Z. Wang et al. 2020; Homologa 2025).

Los agrotóxicos tienen un uso intensivo tanto a nivel global como nacional, empleándose en diversas etapas del proceso agrícola. Sus aplicaciones incluyen herbicidas, fungicidas, insecticidas, acaricidas, reguladores del crecimiento vegetal y repelentes, entre otros. Estas sustancias y sus metabolitos ingresan al organismo humano principalmente a través de alimentos contaminados (Castillo et al. 2011), agua contaminada o aire polucionado, como ocurre con las derivas de fumigación aérea. Esto los convierte en una fuente potencial de daño significativo para la salud humana, al tiempo que sus residuos afectan negativamente los ecosistemas. Por estas razones, resulta indispensable investigar y controlar los residuos de agrotóxicos y sus metabolitos en diferentes matrices, con el objetivo de proteger la soberanía alimentaria, salvaguardar la salud de los consumidores y preservar el equilibrio ecológico.

En Ecuador, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad) ha registrado 4,156 productos fitosanitarios hasta 2024. De estos, los fungicidas representan el 37.01% (1,538 registros), los herbicidas el 28.51% (1,185 registros) y los insecticidas el 24.86% (1,033 registros). Entre los ingredientes activos más comunes se encuentran el mancozeb, azoxistrobina, imidacloprid y clorpirifos (Mollocana y Gonzales 2020; AgNews 2025)

2.1. La comercialización y el uso de agrotóxicos en Ecuador

En Ecuador la comercialización y el uso de agrotóxicos están profundamente influenciados por la captura corporativa y el control oligopólico de grandes empresas transnacionales como Bayer-Monsanto, ChemChina-Syngenta, Dow-Dupont, UPL Arista y BASF. Estas cinco corporaciones dominan el mercado global de agrotóxicos, semillas y transgénicos, y han establecido redes comerciales que incluyen sucursales y empresas subsidiarias en países del Sur Global, aprovechando la débil regulación ambiental y sanitaria para mantener sus productos en circulación (Naranjo y Macías 2022).

Ecuador se encuentra entre los países con mayor uso de plaguicidas per cápita en América Latina. Este uso intensivo está vinculado principalmente a su modelo agroexportador, centrado en productos como banano, palma africana y flores. La importación, registro, y control de plaguicidas están regulados por AGROCALIDAD, sin embargo, persisten problemas de implementación efectiva, lo que permite la

comercialización de productos altamente tóxicos prohibidos en otros países (Gaybor, Nieto, y Velasteguí 2006; Rivera 2015; Naranjo 2017; Naranjo y Bravo 2021).

Desde la década de los noventa, la modernización capitalista del campo ha promovido la incorporación de campesinos en cadenas productivas intensivas, como el maíz duro y el arroz. Esto ha generado una dependencia hacia semillas de alto rendimiento, plaguicidas y fertilizantes. Políticas públicas como el “Plan Semillas” (2013-2017) y la “Gran Minga Agropecuaria” (2017-2021) han subsidiado paquetes tecnológicos que incluyen insumos químicos, fortaleciendo la posición de empresas comercializadoras como Agripac y Ecuaquímica, entre otras (Naranjo y Macías 2022). Pese a que la Constitución de 2008 promueve tecnologías ambientalmente limpias, las acciones del Estado han favorecido la promoción de agroquímicos. En este marco, han surgido leyes como la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad y Semillas (2016), que facilitó el ingreso de cultivos transgénicos con fines investigativos, a pesar de la oposición social y constitucional (Naranjo y Macías 2022).

Ecuador importa gran parte de sus agrotóxicos desde países como Brasil, China y Colombia. Las corporaciones transnacionales han establecido sucursales en el país, pero también dependen de empresas locales para la distribución. Este modelo perpetúa la entrada de productos prohibidos en países desarrollados, exacerbando los impactos negativos. A pesar de los esfuerzos por regular el uso de agrotóxicos, la influencia de las corporaciones y la falta de regulación efectiva han consolidado un modelo dependiente y nocivo para la soberanía alimentaria. Es urgente fortalecer políticas públicas que reduzcan la dependencia de agroquímicos y prioricen modelos agroecológicos (Naranjo y Macías 2022).

El mercado ecuatoriano de plaguicidas evidencia una fuerte concentración oligopólica, donde un reducido grupo de empresas nacionales y transnacionales controla la importación, distribución y comercialización de insumos, subordinando la agricultura nacional a intereses corporativos. Aunque en 2004 existían cerca de 180 importadoras, más del 90% de las transacciones estaba en manos de apenas 20, y para 2017 solo nueve compañías concentraban dos tercios del mercado, actuando como intermediarias de gigantes globales como Bayer-Monsanto, ChemChina-Syngenta, Dow-Dupont, Arysta y BASF. Esta estructura refuerza la dependencia de los campesinos al imponer paquetes tecnológicos que perpetúan la lógica del agroextractivismo, mientras las empresas negocian beneficios con gobiernos y gremios, incluso participando en programas estatales como el Plan Semillas, lo que evidencia la captura corporativa de políticas públicas. Bajo

este escenario, el papel de AGROCALIDAD se reduce a la formalidad del registro y control, sin cuestionar las implicaciones sociales, ambientales y sanitarias del modelo. En definitiva, más que responder a las necesidades de soberanía alimentaria y salud colectiva, la dinámica del mercado de plaguicidas en Ecuador reproduce la subordinación del país a intereses transnacionales, profundizando los riesgos tóxicos y debilitando la autonomía de los agricultores (Gaybor, Nieto, y Velasteguí 2006; Naranjo 2020a; Naranjo y Macías 2022). Hasta el año 2014 en la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC, se tenía los registros del Uso y Manejo de Agroquímicos en la Agricultura, en los últimos años esta misma encuesta no recoge esos datos.

2.2. Técnicas y tecnologías para la investigación de residuos de agrotóxicos presentes en alimentos, ambiente y humanos

La determinación de residuos de agrotóxicos y sus metabolitos, son procedimientos complejos, debido a las características de la matriz, tanto en muestras alimenticias (Niell et al. 2013) como ambientales y humanas, ya que su composición es compleja y se pueden presentar interferencias que dificultan el análisis de los productos de interés. Para la obtención de resultados aceptables en la determinación de residuos de agrotóxicos, las técnicas clave son: la obtención de la muestra, extracción del analito objetivo de la muestra; concentración y limpieza de los analitos de interés; separación y determinación cromatográfica. Actualmente se cuenta con procedimientos específicos para cada analito o procedimientos multiresiduo, que permiten obtener resultados confiables, a costos menores y que se pueden aplicar en una infinidad de matrices. Además, las legislaciones han inducido a que la comunidad científica produzca un importante desarrollo analítico que permita realizar la detección y cuantificación de este tipo de contaminantes, con el fin de controlar la inocuidad y calidad de los alimentos agrícolas, productos derivados de animales, el ambiente y la salud.

La obtención de la muestra es la parte principal del análisis de residuos de agrotóxicos, ya que, si no se la realiza con las rigurosidades necesarias, los resultados invalidan el estudio, aquí se aplica en principio “garbage in garbage out”, si la calidad de la muestra no es buena, los resultados tampoco. Los análisis de agrotóxicos se los debe realizar con técnicas validadas confiables, para que no solo sean de determinación y cuantificación de los límites máximos residuales (LMR) establecidos por legislaciones en cumplimiento de demandas de mercado, y aporten a tomar decisiones para el cuidado de

la salud y la protección de la naturaleza y la corrección del metabolismo sociedad naturaleza existente.

Las técnicas de extracción del analito son variadas y depende del estado (sólido o líquido) de la muestra, entre las más aplicadas en la actualidad tenemos: la extracción con solvente, este procedimiento consiste en poner en contacto la muestra con un solvente orgánico determinado de acuerdo a las características del analito de interés, una vez transcurrido un tiempo determinado ya sea por agitación manual o mecánica, se toma una porción de la fase orgánica, la cual debe ser concentrada, limpiada previo al análisis instrumental; otra técnica es la extracción en fase sólida con cartuchos, desarrollada y aplicada específicamente para muestras líquidas, consiste en dejar pasar una porción de muestra a través de una columna rellena con material específico de acuerdo al analito objeto generalmente resinas, los analitos de interés son retenidos en el interior del cartucho, posteriormente se extrae con un solvente orgánico adecuado, se concentra y limpia para proceder con el análisis instrumental; para el caso de muestras sólidas se ha desarrollado la técnica la extracción fase solida QUECHERS, aplicada principalmente para alimentos pero no exclusivo, consiste poner en contacto la muestra con un solvente orgánico a la mezcla se le agregar sales reactivas que favorecen la separación, luego de agitar por un tiempo determinado se recoge el sobrenadante, procedemos con la concentración y limpieza previo al análisis instrumental (Guerrero 2003; Castillo et al. 2011; Niell et al. 2013; Maldonado et al. 2016; Zambrano 2022).

Desde hace varios años se aplican técnicas multiresiduo (Zamudio et al. 2017) para el análisis de agrotóxicos en diferentes matrices, entre las técnicas de separación, identificación y cuantificación de agrotóxicos más conocidas tenemos: la cromatografía de gases GC acoplada a distintos detectores de acuerdo a los analitos a estudiar: detector de captura electrónica ECD específico para productos clorados; detector fotométrico de llama FPD para analizar compuestos que contienen azufre o fósforo y metales como estaño, boro, arsénico y cromo; detector termoiónico NPD utilizado para el estudio de compuestos que contengan nitrógeno o fósforo; detector selectivo de masas MS utilizado para identificar y cuantificar distintos compuestos se lo considera un detector universal (Simó 2018; ALWSCI Technologies 2024).

La cromatografía de líquidos LC de igual forma acoplada a distintos detectores de acuerdo a los analitos de interés entre otros: Detector fluorimétrico FLD, el analito debe contener un fluoróforo o estar derivatizado o marcado con un marcador fluorescente; Detector de fotodiodos DAD, el analito debe contener un cromóforo; detector de índice

de refracción (RID) para azúcares, polímeros, tensioactivos y otros compuestos que no contienen cromóforo; detector selectivo de masas MS el analito debe ser ionizable. La aplicación de cada una de estas técnicas depende de las características del analito a investigar, se considera características específicas para su elección (ThermoFisher 2024; Science Unfiltered 2024).

La producción agrícola debe ser rigurosamente controlada, ya que se debe asegurar la inocuidad de los alimentos que llegan a la mesa de los consumidores, la salud y el ambiente, para garantizar la muy nombrada seguridad alimentaria los alimentos deben estar libres de agrotóxicos. El cumplimiento de esta exigencia debe ser responsabilidad de productores, estado e incluso consumidores, en Ecuador el organismo responsable de realizar estos estudios es Agrocalidad. Para garantizar que los alimentos estén libres de agrotóxicos, los productores deben realizar los análisis de laboratorio, estos serían una evidencia importante de que los alimentos comercializados y que llegan a la mesa son seguros, también permiten identificar si los productos utilizados en la producción no dejan residuos peligrosos, tanto en los alimentos como el ambiente, adicionalmente se debe diseñar programas de capacitación relacionados con los impactos del uso de agrotóxicos en la producción alimentaria sobre la salud y el ambiente. La elaboración de estos programas debe estar acorde a la realidad local, mantenerse en el tiempo y desarrollado en los idiomas propios del territorio, estos son dirigidos a productores y consumidores específicamente (Naranjo y Macías 2022).

La fiabilidad de los resultados analíticos es muy importante, no solo es indispensable contar con el equipamiento necesario y las técnicas adecuadas, sino la experiencia de los analistas y la aplicación de buenas prácticas de laboratorio, desde la toma de muestra hasta la emisión de los resultados, adicionalmente en Ecuador es necesaria la acreditación ante la Secretaría de Acreditación Ecuatoriana SAE de acuerdo con la norma INEN ISO/IEC 17025. La existencia de laboratorios acreditados y especializados en el análisis de residuos de agrotóxicos permite contar con el criterio de una organización, independiente del productor y el organismo de control, que garantice la inocuidad de los alimentos y proteja la salud de los consumidores y los ecosistemas.

Cuando se realiza análisis de residuos de agrotóxicos, es muy importante recolectar la información suficiente, que ayude en el proceso de análisis del laboratorio, especialmente el tipo de producto aplicado, su cantidad y la frecuencia con que se aplicó, esta información ayudara en la identificación y cuantificación de los agrotóxicos que se sabe fueron usados. Pero la realización de los análisis de laboratorio no es suficiente, para

determinar el impacto de la exposición a los agrotóxicos, existen diferentes externalidades que se debe considerar; variables ambientales, sistemas urbanos y estilo de vida que pocas veces son considerados, también el comportamiento de los tóxicos dentro del organismo es determinante, la dinámica de contaminantes y efectos sobre los órganos diana son muy importantes, dependiendo de la edad, contextura y estado de salud de la persona, finalmente nunca se debe olvidar el análisis de las incertidumbres asociadas a las diferentes dinámicas de exposición (Hursthouse y Kowalczyk 2009).

Esto no solo se trata del uso de los agrotóxicos en la producción de alimentos, y la necesidad de detectarlos en los productos que llegan a la mesa, la situación es mucho más compleja, se trata de un modelo agresivo, irrespetuoso de la salud y el ambiente de los trabajadores y las comunidades cercanas y que debe tomar en cuenta a los consumidores. Este modelo emplea grandes extensiones de territorio, dedicados a la producción monopólica, consumo de grandes cantidades de agua a la cual ellos si tienen acceso, incluso con la complicidad de las autoridades, han acaparado las mejores tierras, las más productivas y la contaminación del agua tanto superficial como subterránea, lo que hace casi imposible la existencia de áreas de producción saludable, sin el uso de agrotóxicos y con procesos tradicionales y seguros. El modelo lucrativo de la agricultura ha provocado procesos mal sanos en las poblaciones cercanas a las plantaciones, encontrándose residuos de agrotóxicos en los alimentos, animales y hasta en la leche materna.

Para proteger la Salud humana y de los ecosistemas se debería: Aprobar solo aquellos agrotóxicos cuya evidencia científica demuestre que no tienen efectos adversos en la salud humana, animal o los ecosistemas, garantizar que los agrotóxicos se apliquen como último recurso, después de haber agotado todas las alternativas no químicas. Los métodos de análisis de residuos deben ser muy sensibles y selectivos para detectar incluso bajas concentraciones de agrotóxicos. LC-MS/MS (cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas) y GC-MS/MS (cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas) son las técnicas más utilizadas para cuantificar y confirmar la presencia de residuos, asegurando que los resultados se mantengan, al menos, por debajo de los Límites Máximos de Residuos (LMR) establecidos, los cuales no se basan en un análisis del comportamiento del tóxico en los alimentos, sino en las prácticas agrícolas empleadas. Sin embargo, lo ideal sería la ausencia total de estas sustancias (Citizens for Science in Pesticide Regulation 2018).

A pesar de los avances en la tecnología analítica, se siguen presentando desafíos para detectar residuos de agrotóxicos en ciertos alimentos debido a efectos de matriz y la necesidad de técnicas más rápidas y económicas para el análisis de múltiples residuos simultáneamente y asegurar que los alimentos cumplan con las normativas de seguridad alimentaria (Citizens for Science in Pesticide Regulation 2018). Si los reglamentos relacionados a los agrotóxicos se implementasen adecuadamente y las técnicas de análisis de residuos fueran las idóneas, se demostraría que varios de los productos utilizados son potencialmente dañinos para la salud humana y los ecosistemas y que deberían prohibirse o restringirse su uso. En la table 13 se presentan varios estudios de residuos de agrotóxicos en muestras de frutas y vegetales.

Tabla 13
Estudios de residuos de agrotóxicos en muestras de frutas y vegetales

Cultivos	Plaguicidas analizados	Método preparación/ Extracción	Limpieza/ concentración de la muestra	Solventes utilizados	Detección Analítica	Autor
Hortalizas (7)*	5	MSPD	Carbón activado/Silica gel/evaporación	Diclorometano	GC-ECD	Aldana et al. 2001
Frutas (1)	7	Molienda, filtración	LLE, evaporación	Acetona	GC-MS	Aldama 2008
Hortalizas (3)	3	LSE / Na SO ₄ / NaCl / solvente	Filtración/evaporación	Acetato de etilo	HPLC	Baig et al. 2009
Frutas y Hortalizas (400)	14	MSPD	DSPE/homogenización	Acetato de etilo.	GC-MS	Bempah, Agyekum, Akuamoaa, Frimpong, & Buah-Kwofie, 2016
Hortalizas (3) Frutas (1) Cereales (3)	118	Homogeneizador (Solvente/NaCO ₃ / NaHC ₃)	Filtración / evaporación / SPE	Acetato de etilo	TLC	Ambrus et al. 2005
Hortalizas (3) Frutas (2)	349	QuEChERS®	DSPE	Acetato de etilo	GC-ESI-MS/MS	Banerjee et al. 2012
Hortalizas (4)	9	Homogeneizador (Solvente / NaHCO ₃ / Na ₂ SO ₄)	SPE/evaporación	Acetato de etilo	GC-ECD	Bempah et al. 2012
Hortalizas (6) Frutas (3)	121	QuEChERS® Modificado	Solvente + Mezcla de sales	Acetonitrilo	GC-MS/MS (QqQ)	Camino-Sánchez 2011
Hortalizas (1) Frutas (2)	130	ASE	ASE/vacio N ₂ /GPC	Acetato de etilo	GC-MSMS (QqQ)	Cervera et al. 2010
Hortalizas (5); Frutas (1) Cereales (1)	6	PLE	SPE/evaporación N ₂	Diclorometano / acetona / hexano	HPLC/NACE	Carabias-Martínez et al. 2007
Hortalizas (7)	15	MSPE	SPE multicapa GCB / PSA	Acetona, tolueno, acetonitrilo	GC-ECD	(Farina, Abdullah, Bibi, & Khalik, 2017)
Hortalizas (4) Frutas (5)	239	Homogeneizador (Solvente/NaCl)	SPE/evaporación	Acetonitrilo + NaCl	GC/MS	Fillion et al. 2000
Hortalizas (6) Frutas (2)	31	Homogeneizador (Solvente/NaSO ₄)	Filtración/evaporación	Acetato de etilo	LC-ESI-MS-MS	Garrido et al. 2004

Fuente y elaboración: Tomado de (Maldonado et al. 2016).

Como se puede observar en este ejemplo las técnicas para el análisis de residuos de agrotóxicos se han desarrollado por varios años y se las puede encontrar en la literatura, se reportan diferentes técnicas (métodos) modernas en la extracción de los plaguicidas de matrices alimenticias, así como las técnicas de análisis instrumental correspondiente (Maldonado et al. 2016).

3. Propuesta de evaluación de los procesos destructivos desde la Epidemiología crítica: Una perspectiva integral basada en las dimensiones general, particular e individual y las 4S de la vida

Desde la perspectiva convencional, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es entendida como un instrumento de gestión que busca prever y mitigar los impactos potenciales de los proyectos de desarrollo sobre el ambiente y las comunidades. Sin embargo, la Epidemiología Crítica cuestiona las limitaciones inherentes a los enfoques tradicionales de las EIA, los cuales están dominados por un reduccionismo técnico y una visión fragmentada de los problemas socioambientales. En este marco, se plantea que las EIA deben superar el análisis meramente técnico para incorporar una visión estructural e histórica de los procesos de deterioro ambiental, entendiendo cómo las relaciones de poder, las desigualdades económicas y las dinámicas extractivas moldean tanto los problemas ambientales como las condiciones de vida y salud de las poblaciones.

La Epidemiología Crítica propone que las EIA incluyan metodologías participativas y contextualizadas que permitan captar las complejas interacciones entre sociedad y naturaleza, considerando procesos como la acumulación de impactos, la determinación social, y la exposición y vulnerabilidad diferenciada de los actores sociales. En este sentido las EIA no son solo herramientas de predicción, control y cumplimiento, destinadas a cubrir exigencias normativas, estas deben contribuir a la transformación social, promoviendo la sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad, la justicia ambiental, y el bienestar colectivo (Breilh 2010a, 2013b, 2017b, 2019a, 2023a).

Como se mencionó anteriormente en Ecuador se registran más de 4100 agrotóxicos, estas sustancias representan un componente importante en la evaluación de los procesos destructivos de las actividades humanas, deterioran la calidad del suelo, el agua y la biodiversidad, generando procesos toxicogénicos sobre la salud humana, los ecosistemas y por ende en las dinámicas sociales. Los procesos toxicogénicos sobre la salud humana vinculados al uso de agrotóxicos son amplios, pero las EIA tradicionales suelen limitarse al análisis de riesgos individuales dejando de lado los procesos colectivos. Por lo tanto, la determinación de residuos de agrotóxicos en Ecuador para diferentes matrices debe ser incluida en las evaluaciones, sin caer nuevamente en una mera cuantificación de cumplimiento, se debe considerar las estructuras sociales y

económicas que fomentan su uso, así como los procesos acumulativos y destructivos que generan: intoxicaciones, cánceres, trastornos endocrinos y neurológicos asociados a la exposición directa e indirecta.

La evaluación de los procesos destructivos debe abordar los procesos estructurales que reproducen la generación de procesos toxicogenicos ambientales y sanitarios. Se deben estudiar las relaciones de poder que determinan el acceso y aprovechamiento de recursos naturales, las condiciones de inequidad que exacerbaban la vulnerabilidad de comunidades afectadas, las políticas públicas y modelos de desarrollo que perpetúan dinámicas extractivistas y degradan la salud humana y de los ecosistemas.

Se debe cambiar el enfoque de impactos directos e inmediatos, analizando cómo los procesos destructivos interactúan y se acumulan a lo largo del tiempo deteriorando ecosistemas y poblaciones vinculadas. Es importante considerar las sinergias entre distintos procesos deteriorantes: sustancias químicas tóxicas, cambios en el uso del suelo e inequidades sociales. Es esencial garantizar la participación activa de las comunidades potencialmente afectadas incorporando conocimientos y percepciones en la identificación y evaluación de procesos destructivos mediante consultas previas, libres e informadas con carácter vinculante. Para lo cual es necesario incluir procesos de formación que empoderen a las comunidades para comprender y actuar frente a las inseguridades detectadas.

Se debe analizar los procesos destructivos de nivel local en contextos más amplios sean estos regionales o globales para entender cómo se integran en dinámicas más amplias, ya sea con el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, esto permite prever impactos a largo plazo en la salud y los ecosistemas. En este contexto se deben incluir métodos integrales de estudio que combinen datos cuantitativos para evaluar impactos medibles (emisiones, niveles de contaminación, incidencia de enfermedades) con métodos cualitativos para comprender los significados sociales y culturales de los impactos y las estrategias de resiliencia comunitaria.

Se deben incluir alternativas al modelo extractivista mediante propuestas de modelos de desarrollo sostenible que sean viables, en el caso de la agricultura las prácticas agroecológicas que reduzcan la dependencia de agrotóxicos, el uso de energías renovables y economías locales diversificadas, así como estrategias de conservación y restauración de ecosistemas. Los resultados de la Evaluación deben ser públicos y de acceso libre para las comunidades y otros actores interesados, se deben incluir mecanismos de seguimiento y evaluación participativa para garantizar el cumplimiento de las medidas propuestas. Es

importante evaluar cómo los proyectos de desarrollo impactan no solo la salud individual, sino también la salud comunitaria y ecosistémica, aplicando una perspectiva integral que incluya interacciones entre sociedad y naturaleza, para promover acciones que prioricen el bienestar colectivo y la equidad en salud.

Se propone desde la Epidemiología Crítica transformar las herramientas de Evaluación de Impactos en procesos integrales y participativos que abordan las raíces de los problemas socioambientales, para prevenir daños y contribuir a la construcción de alternativas integrales y transformadoras al incorporar un análisis basado en las 4S de la vida: Sustentabilidad, Soberanía, Solidaridad y Seguridad, no solo en la búsqueda impactos, evaluarlos y mitigarlos, sino también contribuir a la justicia ambiental y el bienestar colectivo.

Sustentabilidad para promover la preservación de los sistemas naturales y su capacidad de regeneración: Evaluar la capacidad del ecosistema para soportar los proyectos sin comprometer su equilibrio y capacidad de regeneración; Incorporar metodologías que analicen la persistencia y acumulación de contaminantes, incluyendo agrotóxicos, y sus procesos destructivos en la biodiversidad y la salud humana; Fomentar la transición hacia tecnologías que reduzcan emisiones y residuos, y evaluar alternativas como la agroecología en el caso de la agricultura para minimizar el uso de agrotóxicos y preservar los ecosistemas.

Para recolectar la información adecuada se propone los siguientes formatos, las casillas se pueden ampliar de acuerdo con las condiciones del proyecto.

Tabla 14
Portada del proyecto

Campo	Detalle
Título del estudio	
Código/Versión	
Fecha	
Solicitante/Operador	
Equipo evaluador (instituciones y perfiles)	
Ubicación (provincia-cantón-parroquia)	
Coordenadas (centroide/UTM)	
Ámbito y escalas (predio-paisaje-cuenca-cadena)	
Confidencialidad y datos abiertos (sí/no; justificación)	
Resumen ejecutivo (máx. 300 palabras)	

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Tabla 15
Datos del proyecto

Campo	Detalle
Tipo de proyecto/cultivo(s)	
Extensión (ha)	
Sistema de riego (tipo, fuente, caudal)	
Energía (eléctrica/diésel/otros)	
Prácticas actuales (labranza, rotación, coberturas)	
Insumos (fertilizantes, enmiendas, plaguicidas)	
Infraestructura (viveros, bodegas, centros de acopio)	
Población colindante y sensible (escuelas, centros de salud)	
Áreas protegidas/corredores ecológicos cercanos	
Comunidades/organizaciones involucradas	
Descripción de alternativas consideradas	

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Tabla 16
Actores del proyecto

Actor/ Colectivo	Rol/ Interés	Territori o	Vulnerabilidades (género/niñez/puebl os/comunidades)	Mecanismo de participación propuesto	Fecha de convocatoria	Observaciones

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Tabla 17
Alcance del proyecto

Componente / Tema: cada área crítica (agua, suelo, biodiversidad, salud, agrotóxicos, transición, gobernanza).	Límites espaciales: define escalas (predio– paisaje– cuenca). Evita reducir el alcance solo al predio individual.	Horizonte temporal: corto (1–3 años, efectos inmediatos), mediano (5 años), largo (≥10 años, persistencia y acumulación).	Supuestos / Metas: resultados deseados, alineados con DSS y 4S de la vida.	Métodos previstos: técnicas de campo, laboratorio o participación.	Indicadores clave: procesos medibles y trazables.	Umbrales / reglas de decisión: límites de alerta y límites estrictos que no se deben sobrepasar (ej. caudal ecológico, MOS mínimo, uso de agrotóxicos prohibidos).

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Este formato se recolecta información sobre los impactos a evaluar, en qué límites, con qué métodos e indicadores, y bajo qué reglas de decisión, en concordancia con las características del proyecto.

Tabla 18
Línea base ambiental del proyecto

Indicador (agua/suelo/aire/biodiversidad): condición ambiental crítica para medir impactos de la agricultura (ej. calidad de agua, SOM, biodiversidad).	Método / Norma: asegura comparabilidad con estándares (EPA, INEN, ISO, FAO/OMS).	Unidad: forma de medir (mg/L, %, µg/m ³ , número de especies).	Punto de muestreo / estación: ubicación exacta (pozo, parcela, río, borde agrícola).	Frecuencia: periodicidad de muestreo (ej. semestral, anual).	Valor base: datos iniciales medidos en campo/laboratorio.	Umbral / estándar de referencia: límite aceptable según normativa nacional/internacional.	Fuente de datos: origen (laboratorio acreditado, monitoreo comunitario, registros oficiales).

Fuente y elaboración propias en base al estudio

En este formato se recolecta la información que se emplea como punto de referencia para comparar los cambios futuros y determinar si las actividades agrícolas están comprometiendo los ecosistemas.

Tabla 19
Línea base salud y seguridad en el trabajo y la comunidad

Indicador (ocupacional/comunitario): procesos que definen las condiciones de salud y seguridad en el trabajo y comunidad.	Definición y método: cómo se mide (ej. encuesta, observación directa, registros de salud, vigilancia epidemiológica comunitaria en territorio, investigación acción participativa).	Población evaluada: quiénes se incluyen (trabajadores, familias, comunidad cercana, grupos vulnerables como mujeres, niños, pueblos indígenas).	Frecuencia: periodicidad (ej. anual, semestral, cada visita de campo).	Valor base: situación inicial encontrada (línea base).	Umbral (alerta/acción): límites definidos en EIIPA: 0 casos de intoxicación (meta) ≥5% de población con síntomas crónicos → alerta. Uso EPP <70% → incumplimiento crítico.	Fuente de datos / registro: origen de la información (Ministerio de Salud Pública, registros comunitarios, inspección directa, encuestas participativas).

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Se emplea para registrar y evaluar los impactos de la producción agrícola sobre la salud de las y los trabajadores, así como de las comunidades cercanas.

Tabla 20
Sustancias Químicas utilizadas

Sustancia/ Producto	Código CAS	Es altamente peligroso (sí/no)	Clasificación OMS/W HO	Tiempo de desintegración media DT50 suelo (días)	Tiempo de desintegración media DT50 agua (días)	Factor de bio- concentración BCF/Bioacumulación (sí/no; valor).	Coficiente de impacto ambiental al EIQ (si aplica)	Dosis y frecuencia de uso	Mezclas habituales (exposición múltiple)	Notas sobre destino ambiental (derivación, lixiviación)

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Se registran propiedades y características de las sustancias químicas que se emplearan en el proyecto de acuerdo con normativas nacionales o internacionales vigentes.

Tabla 21
Capacidad de carga ecosistémica

Indicador: variable biofísica crítica para la resiliencia del ecosistema (agua, suelo, biodiversidad)	Descripción / Método: cómo se mide (hidrología, análisis de laboratorio, inspección en campo, SIG, bioindicadores)	Unidad: la medida (m ³ /s, %, metros, nº de especies , índice).	Valor base: situación inicial de la línea base.	Umbral de alerta: valores que advienten de un deterioro, pero aún con posibilidad de corrección	Umbral de no superación (límite duro): punto a partir del cual la actividad no debe continuar, porque implica degradación irreversible	Estado (OK/alerta/no cumple): clasificación de la situación del indicador según resultados.	Observaciones : notas técnicas, medidas correctivas propuestas.

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Se recolecta la información que permite determinar si el ecosistema puede soportar las actividades agrícolas sin perder su equilibrio y capacidad de regeneración.

--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Permite comparar el modelo productivo actual (dependiente de agrotóxicos) con opciones menos contaminantes y sostenibles, y definir una ruta de transición hacia prácticas agroecológicas.

Tabla 24
Matriz 4S determinación Social de la Salud

Dimensión DSS / 4S	Sustentabilidad: mide si los procesos regeneran recursos o degradan suelo, agua, aire, biodiversidad.	Soberanía: evalúa autonomía alimentaria, acceso a semillas propias y mercados locales.	Solidaridad: mide cohesión social, participación, redes comunitarias, equidad de género.	Seguridad/Bioseguridad: protege la salud, evitando intoxicaciones, residuos en alimentos, contaminación del ambiente.
Dimensión general (estructural): abarca el nivel macro: políticas nacionales, tratados internacionales, modelo productivo (agroindustria vs agroecología).				
Dimensión particular (territorial/productivo): examina cómo se expresan esos procesos en un territorio concreto (ej. cuenca bananera, arroz en Guayas, papa en Carchi).				
Dimensión individual (cotidiano/laboral): evalúa los impactos directos en cuerpos, hogares y condiciones de trabajo.				

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Esta parte integra todo el análisis en una visión holística: cruza los principios de las 4S de la vida (sustentabilidad, soberanía, solidaridad, seguridad/bioseguridad) con las dimensiones de la Determinación Social de la Salud (DSS) (general, particular, individual), evidencia cómo las prácticas agrícolas afectan simultáneamente la naturaleza, la salud, la equidad y la soberanía en distintos niveles, es el corazón de la Evaluación integral de impactos de la producción agrícola (EIIPA) propuesta.

Tabla 25
Matriz 4S determinación Social de la Salud

Medida / Acción: intervención específica para prevenir, mitigar o compensar impactos, o impulsar transición (ej. reforestación, eliminación de sustancias químicas peligrosas, capacitación, monitoreo participativo).	Objetivo 4S: vincula la acción con los principios de la vida: Sustentabilidad, Soberanía, Solidaridad y Seguridad.	Responsable: quién implementa (productores, asociaciones, instituciones, GAD, ministerios, comunidad).	Presupuesto (USD): recursos estimados para ejecutar la acción (puede ser aporte propio, público o cooperación).	Inicio / Fin: cronograma de ejecución.	Indicador de resultado (KPI): variable que mide cumplimiento (ej. % reducción de sustancias tóxicas, metros de barrera viva, % uso EPP).	Verificación: evidencia documental o física que confirma la acción (fotos georreferenciadas, actas comunitarias, registros de laboratorio).

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Es el instrumento que traduce los hallazgos de los formatos anteriores en acciones concretas de manejo, corrección, prevención y transición, es parte de planificación operativa: establece qué se hará, quién lo hará, cuándo, con qué recursos y cómo se medirá los resultados.

Tabla 26
Monitoreo Participativo

Indicador: proceso prioritario a vigilar (ej. plaguicidas en agua, SOM, biodiversidad, salud comunitaria, uso de EPP).	Método: puede ser de laboratorio (ej. GC-MS), bioensayos simples (ej. germinación de semillas), o monitoreo comunitario (ej. conteo de polinizadores).	Puntos de control / parcelas: sitios donde se toman muestras o hacen observaciones (pozos, parcelas, quebradas, comunidades).	Frecuencia: periodicidad de seguimiento (mensual, semestral, anual).	Umbral (alerta/acción): valor crítico que determina cuándo hay un problema (ej. SOM <3%, intoxicaciones ≥1 caso).	Gatillo de manejo adaptativo: acción inmediata al superar el umbral (ej. suspender agroquímicos, implementar biopesticidas, reforestar barreras).	Publicación en datos abiertos: principio de Escazú → resultados deben ser accesibles a la comunidad (portales, murales comunitarios, actas).

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Es la parte que asegura que las medidas de gestión socioambiental y de salud (de la tabla 25) no queden solo en el papel, sino que se evalúen de manera continua, abierta

y con participación comunitaria. Permite que los planes de gestión se evalúen con criterios técnicos y comunitarios, define umbrales críticos y asegura la publicación de datos abiertos para garantizar justicia ambiental.

Tabla 27
Gobernanza y Escazú

Documento / Dato a publicar: qué información debe hacerse pública (estudio completo, inventario de químicos, resultados de monitoreo, actas de participación, informes de salud).	Medio / URL: dónde se publica (web oficial, carteles en la comunidad, murales, actas impresas).	Fecha de publicación: periodicidad (ej. semestral, anual, inmediato tras taller).	Mecanismo de participación: espacio donde la comunidad puede conocer, discutir y decidir (talleres, cabildos, asambleas).	Mecanismo de quejas y remedio: cómo pueden las personas presentar quejas y cómo se gestionan (buzón, comités, defensorías).	Estado: planificación y cumplimiento (planificado, en curso, publicado).	Observaciones: notas sobre accesibilidad (ej. lenguaje intercultural, formatos simples, infografías).

Fuente y elaboración propias en base al estudio

El objetivo de este formato es garantizar que todo el proceso de evaluación y gestión no quede en manos exclusivas de técnicos y consultoras, sino que sea público, participativo y sujeto a control social, en coherencia con la Constitución del Ecuador (Derechos de la Naturaleza, art. 71–74) y el Acuerdo de Escazú (2020).

El Acuerdo de Escazú, instrumento jurídico que entró en vigor el 22 de abril de 2020, es el primer tratado que contiene disposiciones para la promoción y protección de las personas más vulnerable y el ambiente en América Latina (MAATE 2021). La información recolectada debe ser analizada y evaluada para lo cual se recomienda realizar la ponderación de criterios, asignar puntajes y generar un dictamen integral sobre la sustentabilidad o no del proyecto. Adicionalmente se debe realizar el registro de fuentes y referencias bibliográficas utilizadas.

Soberanía para fortalecer la autodeterminación de comunidades y territorios: Se deben incluir procesos vinculantes que respeten el derecho de las comunidades a decidir sobre su territorio y recursos, considerando su contexto sociocultural y su conocimiento ancestral; Proponer estrategias para que las comunidades participen activamente en la planificación, implementación y monitoreo de los proyectos; Evaluar cómo los proyectos

pueden perpetuar inequidades económicas y dependencia de economías externas, promoviendo alternativas más autónomas y sustentables.

Tabla 28
Autodeterminación Comunitaria y Territorial

Componente: dimensiones centrales (autodeterminación, saber ancestral, equidad económica, alternativas sustentables, monitoreo, justicia).	Aspecto a evaluar: qué se mide (ej. derecho a decidir, inclusión de saberes, riesgos de dependencia externa).	Método / herramienta: cómo se recoge la información (asambleas, talleres, mapeo, auditorías sociales, encuestas).	Indicadores clave: variables medibles (ej. % de familias participantes, nº de prácticas tradicionales incorporadas, % agroecología).	Umbrales / reglas de decisión: define condiciones habilitantes → sin consulta vinculante o sin mecanismos de queja, el proyecto no procede.	Observaciones / acuerdos comunitarios: espacio para que la comunidad registre directamente sus acuerdos, dudas y decisiones.

Fuente y elaboración propias en base al estudio

El formato de autodeterminación comunitaria y territorial cumple la función de garantizar que los proyectos agrícolas respeten el derecho de las comunidades a decidir sobre sus territorios y recursos, incorporando sus contextos socioculturales y saberes ancestrales en todas las etapas de planificación, ejecución y monitoreo. Este instrumento permite visibilizar y corregir inequidades económicas, riesgos de dependencia de mercados externos y concentración de beneficios, promoviendo alternativas autónomas y sustentables como la agroecología y las economías solidarias. Además, establece procesos vinculantes de participación y control social que aseguran que la comunidad no solo sea consultada, sino que ejerza un rol decisorio y de vigilancia activa, fortaleciendo así la soberanía, la equidad y la justicia ambiental en coherencia con la Constitución del Ecuador y el Acuerdo de Escazú.

Solidaridad para promover la equidad y la justicia socioambiental: Mediante la inclusión de las voces de las comunidades afectadas, especialmente de grupos vulnerables como mujeres, pueblos indígenas y trabajadores agrícolas, en todas las etapas de la Evaluación; es importante la creación de mecanismos de cooperación entre comunidades afectadas, organizaciones sociales y actores técnicos para fortalecer la resiliencia frente a procesos destructivos identificados; Examinar las inequidades en la distribución de beneficios e inseguridades, garantizando que los procesos destructivos no recaigan desproporcionadamente sobre las poblaciones más vulnerables.

Tabla 29
Equidad y justicia socioambiental

Componente: dimensiones de justicia social y ambiental a evaluar (inclusión, cooperación, equidad, riesgos, resiliencia, justicia).	Aspecto a evaluar: especifica qué se mide en cada dimensión (participación, inequidad de beneficios, vulnerabilidad frente a riesgos).	Método / herramienta: combina técnicas técnicas y comunitarias (talleres, mapeo, SPG, encuestas, bioensayos).	Indicadores clave: variables que muestran cumplimiento (ej. % de participación de mujeres e indígenas, distribución de beneficios, n° de planes de resiliencia).	Umbrales / reglas de decisión: condiciones mínimas; si no se cumplen, el proyecto no puede ser aprobado o debe ser rediseñado.	Observaciones / acuerdos comunitarios: espacio para que la comunidad registre decisiones, preocupaciones y propuestas.

Fuente y elaboración propias en base al estudio

El formato de equidad y justicia socioambiental cumple la función de garantizar que los proyectos agrícolas sean analizados desde la perspectiva de los derechos colectivos y la justicia social, asegurando la participación vinculante de comunidades vulnerables: mujeres, pueblos indígenas y trabajadores agrícolas en todas las etapas de la evaluación. Este instrumento permite identificar y corregir inequidades en la distribución de beneficios e impactos, evitar que los procesos destructivos recaigan desproporcionadamente sobre los más vulnerables y fortalecer la cooperación entre comunidades, organizaciones sociales y actores técnicos para generar resiliencia frente a riesgos. De esta manera, el formato se convierte en una herramienta que no solo mide impactos, sino que también promueve alternativas productivas más justas, autónomas y sustentables.

Seguridad para garantizar condiciones de vida dignas y prevenir inseguridades: Se deben identificar cómo los procesos mal sanos afectan de manera específica a diferentes grupos sociales para diseñar y proponer medidas adecuadas para mitigar inequidades; Es importante implementar sistemas de monitoreo participativo que incluyan indicadores de salud, calidad ambiental y seguridad alimentaria para prevenir riesgos a largo plazo; La inclusión de medidas para garantizar el acceso al agua potable, aire limpio y alimentación saludable en comunidades potencialmente afectadas es un aspecto que debe sobre pasar los interés económicos y políticos.

Tabla 30
Condiciones de vida digna y prevenir inseguridades

Componente: dimensiones clave para la vida digna (impactos diferenciados, agua, aire, alimentación, monitoreo, equidad).	Aspecto por evaluar: qué se analiza (ej. inequidades sociales, acceso a bienes comunes).	Método / herramienta: cómo se mide (encuestas, monitoreo participativo, análisis técnico, bioensayos).	Indicadores clave: variables que reflejan la situación (ej. % acceso a agua segura, n° de intoxicaciones, residuos en alimentos).	Umbrales / reglas de decisión: define límites no negociables, si se sobrepasan, el proyecto no procede o debe rediseñarse.	Acciones correctivas / preventivas: medidas específicas para restaurar derechos (ej. provisión de agua potable, transición agroecológica, prohibición de fumigación aérea).	Observaciones comunitarias: espacio para que la comunidad exprese directamente sus percepciones, acuerdos o denuncias.

Fuente y elaboración propias en base al estudio

Esta herramienta se aplica para identificar y corregir las desigualdades sociales y ambientales que generan los procesos agrícolas malsanos, asegurando que los impactos diferenciados sobre mujeres, pueblos indígenas, trabajadores agrícolas y otros grupos vulnerables sean visibilizados y mitigados. Además, establece sistemas de monitoreo participativo con indicadores de salud, calidad ambiental y seguridad alimentaria, que permiten prevenir procesos toxicogénicos a largo plazo y actuar de manera temprana. Este instrumento pone en el centro el acceso a agua potable, aire limpio y alimentos saludables como derechos inalienables que deben prevalecer por encima de intereses económicos y políticos, fortaleciendo la justicia socioambiental y la resiliencia comunitaria.

Un ejemplo de integración de las 4S en las dimensiones general, particular e individual en el modelo de evaluación de presenta en la tabla 31.

Tabla 3131
Integración de las 4S en las dimensiones general, particular e individual en el modelo de evaluación

Dimensión	Sustentabilidad	Soberanía	Solidaridad	Seguridad
General	Restauración de ecosistemas degradados	Participación comunitaria en la toma de decisiones	Cooperación global para mitigar el cambio climático	Reducción de riesgos climáticos y ambientales
Particular	Agroecología y tecnologías limpias	Gestión local de recursos naturales	Redes de apoyo para comunidades vulnerables	Acceso a condiciones de vida saludables

Individual	Consumo responsable y reducción de residuos	Autonomía en decisiones de salud	Acceso equitativo a servicios de salud	Prevención de riesgos y promoción del bienestar
-------------------	---	----------------------------------	--	---

Fuente: (Breilh 1999, 2003, 2023a). Elaboración propia

La inclusión de 4S de la vida en un modelo de evaluación de procesos destructivos, bajo un enfoque de epidemiología crítica, transforma estas herramientas en procesos más justos, participativos y transformadores. Al priorizar la sustentabilidad, la soberanía, la solidaridad y la seguridad, las Evaluaciones se transforman de ser procedimientos técnicos y se convierten en instrumentos clave para promover un desarrollo que respete los ecosistemas, garantice la justicia social y contribuya al bienestar integral de las comunidades y del planeta.

Ejemplo de modelo de Evaluación de los procesos destructivos desde la Epidemiología Crítica: Una Perspectiva integral basada en las dimensiones General, Particular e Individual y las 4S de la Vida

A continuación, se presenta un ejemplo de la metodología para la Evaluación de los procesos destructivos desde la Epidemiología Crítica, la determinación social de la salud y la salud colectiva, que integra los principios de las 4S de la vida: sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad, en el caso del extractivismo agrícola.

Marco conceptual

Epidemiología crítica. Propuesta por Jaime Breilh es una herramienta teórica y práctica que va más allá de los enfoques convencionales, ofreciendo una visión integral de los procesos de salud-enfermedad. Desde su perspectiva, no se trata únicamente de describir o intervenir en patrones de enfermedad a nivel individual o poblacional, sino de desentrañar las causas estructurales y las dinámicas históricas que configuran estos procesos. Este enfoque se construye como una alternativa al paradigma positivista y reduccionista, que frecuentemente limita el análisis epidemiológico a la identificación de factores de riesgo aislados o a la medición de variables descontextualizadas. El análisis se estructura en tres dimensiones principales: general, particular y la singular (individual), las cuales están interrelacionadas y permiten una comprensión integral de las determinaciones sociales y ambientales de la salud (Breilh 2003; (Breilh 2003, 2023a)).

Determinación Social de la Salud. Es un marco teórico y metodológico que explica cómo los procesos sociales, económicos, políticos y ambientales inciden en la salud y las inequidades sanitarias en las poblaciones. A diferencia de enfoques que se centran únicamente en los factores biológicos o de comportamiento individual, la DSS analiza las estructuras sociales y los contextos históricos que configuran las condiciones de vida y, por ende, los procesos de salud-enfermedad (Breilh 2003, 2013b, 2023a).

La Salud Colectiva. Es un campo interdisciplinario y crítico que entiende la salud como un fenómeno complejo, determinado por las dinámicas sociales, económicas, políticas, culturales y ecológicas de las sociedades. Este enfoque trasciende la visión biomédica tradicional, que se enfoca en el individuo, para analizar los procesos de salud-enfermedad como productos sociales colectivos, influenciados por contextos históricos y estructurales (Almeida Filho y Silva Paim 1999; Breilh 2003, 2013b; Morales Borrero 2017; Breilh 2023a).

Las 4S de la vida representan un marco ético y conceptual para orientar procesos de evaluación, planificación y acción hacia un desarrollo integral que respete los límites planetarios, promueva la justicia social y garantice condiciones dignas para todos los seres vivos. Este enfoque busca trascender modelos de desarrollo basados exclusivamente en el crecimiento económico, integrando dimensiones ecológicas, sociales, culturales y políticas (Breilh 2010a, 2010b, 2013b, 2017a, 2023a).

La sustentabilidad implica el uso responsable de los recursos naturales, asegurando que las generaciones presentes y futuras puedan satisfacer sus necesidades sin comprometer los ecosistemas. Se fundamenta en la regeneración de los ciclos naturales y la conservación de la biodiversidad.

La soberanía se refiere a la capacidad de los pueblos y comunidades para decidir sobre el uso y gestión de sus territorios y recursos, sin depender de intereses externos que comprometan su bienestar o integridad.

La solidaridad fomenta la colaboración y el apoyo mutuo entre comunidades y actores diversos, reconociendo la interdependencia entre seres humanos, sociedades y naturaleza.

La seguridad en este contexto se entiende como la creación de entornos que garanticen el acceso a recursos esenciales (agua, alimentos, energía) y protejan a las comunidades frente a procesos destructivos de ambientales, sociales y sanitarios.

Propuesta metodológica

El análisis se realiza en las Dimensiones: General relacionado a los impactos en ecosistemas, biodiversidad y clima; Particular destacando las afectaciones a comunidades locales, su organización social y economía; Individual que estudia las encarnaciones sobre la salud física, mental y social de los individuos.

Análisis desde la dimensión general

El extractivismo y las actividades productivas intensivas han generado impactos profundos en los ecosistemas, la biodiversidad y el clima, poniendo en riesgo la sustentabilidad planetaria. Estos impactos pueden analizarse de la siguiente manera.

Pérdida de ecosistemas naturales

La deforestación para la agricultura y la ganadería industrial ha reducido la cobertura vegetal, lo que afecta funciones clave como la regulación del ciclo hídrico y la captura de carbono.

Los humedales y manglares, fundamentales para la biodiversidad y la protección costera, también han sido degradados por actividades como la acuicultura y el desarrollo urbano.

Pérdida de biodiversidad

El uso intensivo de agrotóxicos y monocultivos ha provocado la pérdida de especies, desde insectos polinizadores hasta organismos del suelo.

Esto tiene repercusiones directas sobre la seguridad alimentaria y los servicios ecosistémicos.

La fragmentación de hábitats reduce la capacidad de las especies para adaptarse a cambios climáticos y ambientales, incrementando el riesgo de extinción.

Cambios climáticos locales y globales

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la agricultura industrial, la ganadería y la quema de bosques contribuyen al calentamiento global.

La alteración del microclima por la pérdida de cobertura forestal impacta en la disponibilidad de agua y en los patrones de lluvia, generando sequías o inundaciones.

Contaminación de suelo y agua

Los agrotóxicos no solo degradan la calidad del suelo, sino que también contaminan ríos, lagos y acuíferos, afectando tanto a la fauna como a las comunidades humanas que dependen de estos recursos.

La acumulación de metales pesados y otros contaminantes tiene efectos persistentes en los ecosistemas y la salud humana.

Resiliencia ecosistémica en riesgo

La simplificación de paisajes y la pérdida de diversidad funcional disminuyen la capacidad de los ecosistemas para recuperarse de perturbaciones como incendios, plagas o eventos climáticos extremos.

Relación con las 4S de la vida

Sustentabilidad: Restaurar y proteger ecosistemas degradados; promover técnicas agroecológicas que respeten los ciclos naturales y fomenten la diversidad biológica.

Soberanía: Garantizar la participación de las comunidades locales en la gestión de sus territorios y recursos, empoderándolas para decidir sobre el uso del suelo y los recursos naturales.

Solidaridad: Establecer redes de colaboración entre comunidades, sectores públicos y privados para conservar la biodiversidad y mitigar los impactos climáticos.

Seguridad: Asegurar la protección de los servicios ecosistémicos esenciales para la vida humana, como agua potable y aire limpio, así como la prevención de desastres relacionados con el cambio climático.

Análisis en la dimensión particular: Impactos en comunidades locales

El impacto del extractivismo en las comunidades locales se refleja en procesos de desintegración social, pérdida de medios de vida tradicionales y desigualdades socioeconómicas:

Desplazamiento y pérdida de territorios

Las actividades extractivas como la minería, la agricultura intensiva y los monocultivos frecuentemente desplazan a las comunidades de sus tierras, debilitando sus formas de organización y acceso a recursos.

La pérdida de territorios también implica una ruptura con las tradiciones culturales y espirituales vinculadas al territorio.

Conflictos socioambientales

La competencia por recursos como el agua o la tierra genera tensiones entre comunidades, empresas y gobiernos.

Los movimientos de resistencia se enfrentan a represiones, criminalización y deslegitimación.

Vulnerabilidad económica

La dependencia de economías extractivas crea condiciones laborales precarias y volátiles para los habitantes locales.

La pérdida de biodiversidad limita las opciones de economías alternativas, como el ecoturismo o la agricultura sostenible.

Salud comunitaria

La contaminación de agua y aire afecta directamente la salud de las comunidades locales, aumentando las tasas de enfermedades respiratorias, dermatológicas y gastrointestinales.

La falta de acceso a servicios de salud adecuados agrava esta situación.

Relación con las 4S de la vida

Sustentabilidad: Fomentar economías locales diversificadas y resilientes que no dependan exclusivamente de actividades extractivas.

Soberanía: Fortalecer la autodeterminación de las comunidades en la gestión de sus recursos.

Solidaridad: Crear redes de apoyo que conecten a comunidades afectadas y promuevan una resistencia colectiva.

Seguridad: Garantizar el acceso a recursos básicos como agua, alimentos y vivienda digna.

Análisis en la dimensión individual: Encarnaciones en la salud física, mental y social

Las personas que trabajan y viven en entornos afectados por actividades extractivas experimentan procesos destructivos de la salud considerables y diversos en su bienestar.

Salud física

La exposición a químicos tóxicos y contaminantes aumenta la incidencia de enfermedades crónicas, cáncer y malformaciones congénitas.

Las condiciones laborales peligrosas en sectores extractivos incrementan el riesgo de accidentes y lesiones.

Salud mental

El desplazamiento, la pérdida de medios de vida y los conflictos generan estrés, ansiedad y depresión en los individuos afectados.

Las amenazas y represiones a los líderes comunitarios también tienen un impacto emocional significativo.

Salud social

La desintegración de redes sociales y familiares debido a los desplazamientos forzados afecta el tejido social.

Las desigualdades generadas por el extractivismo intensifican tensiones dentro de las comunidades y familias.

Relación con las 4S de la vida

Sustentabilidad: Implementar programas de educación y salud que promuevan la resiliencia individual y comunitaria.

Soberanía: Brindar herramientas para que los individuos puedan tomar decisiones informadas sobre su salud y su entorno.

Solidaridad: Ofrecer espacios de apoyo psicológico y social para quienes enfrentan el impacto del extractivismo.

Seguridad: Garantizar acceso a servicios de salud integrales y culturalmente pertinentes.

Estos hallazgos se los puede integrar en matrices elaboradas desde la epidemiología crítica: procesos críticos, relaciones y estrategias de intervención, que relaciones las dimensiones: general, particular e individual con las 4S de la vida propuestas por Jaime Breilh.

Tabla 3232
Matriz de análisis de procesos críticos por dimensiones

Dimensión	Proceso Crítico	Descripción	Impactos principales	Acciones prioritarias
General	Expansión de monocultivos	Sustitución de bosques y diversidad por cultivos homogéneos	Pérdida de biodiversidad, degradación del suelo	Promoción de sistemas agroecológicos diversificados
	Uso intensivo de agroquímicos	Aplicación masiva de fertilizantes y pesticidas	Contaminación de agua, suelo y salud humana	Fomento de prácticas agrícolas libres de químicos
Particular	Desplazamiento de comunidades	Reubicación forzada por actividades extractivas	Ruptura social, pérdida de identidad cultural	Garantizar el derecho a consulta previa y compensación
	Infraestructura de transporte extractivo	Construcción de vías y canales para actividades extractivas	Fragmentación de hábitats, contaminación acústica	Evaluación ambiental estricta y mitigación de impactos

Individual	Contaminación por residuos industriales	Descarga de desechos en cuerpos de agua y suelo	Afectación a ecosistemas acuáticos y salud comunitaria	Implementación de tecnologías limpias y regulaciones
-------------------	---	---	--	--

Adaptado de proyecto TEG 3. Para el ejemplo

Tabla 3333

Matriz de relación: Dimensiones y 4S de la Vida

Dimensión	Sustentabilidad	Soberanía	Solidaridad	Seguridad
General	Conservación de recursos naturales	Defensa de la autonomía territorial	Cooperación global por el clima	Mitigación de riesgos climáticos
Particular	Producción agroecológica sostenible	Control local sobre la producción	Redes de apoyo comunitario	Condiciones de vida saludables
Individual	Consumo responsable y equitativo	Autonomía en decisiones de salud	Acceso a servicios de salud	Promoción de bienestar integral

Adaptado de proyecto TEG 3. Para el ejemplo

Estrategias de intervención para el ejemplo del extractivismo agrícola

Tabla 3434

Matriz de estrategias para el extractivismo agrícola

Impactos negativos	Estrategias mitigadoras	Estrategias promotoras
Degradación del suelo	Fomento de técnicas de conservación de suelos	Agroecología y rotación de cultivos
Contaminación del agua	Tratamiento de aguas residuales	Sistemas de riego sostenibles
Pérdida de biodiversidad	Implementación de corredores biológicos	Uso de semillas nativas y biodiversas
Desplazamiento comunitario	Consultas previas y vinculantes	Fortalecimiento de la soberanía alimentaria
Enfermedades ocupacionales	Capacidades preventivas para trabajadores agrícolas	Vigilancia epidemiológica participativa

Adaptado de proyecto TEG 3. Para el ejemplo

Conclusiones del estudio

La crisis ambiental y social actual exige un replanteamiento radical de los enfoques de evaluación de impactos. Integrar las perspectivas de la epidemiología crítica, la determinación social de la salud y la salud colectiva bajo el marco de las 4S de la vida ofrece una metodología transformadora y sostenible. Esta propuesta no solo mitiga los impactos negativos del extractivismo agrícola, sino que también promueve un desarrollo más equitativo, justo y en armonía con la naturaleza.

Una vez realizado el estudio en el reporte se deben incluir todas las fuentes bibliográficas y herramientas empleadas que sustenten el estudio.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

En esta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones de este estudio, las cuales se derivan de los temas tratados. Estos abarcan el desarrollo de los agrotóxicos, su aplicación, y los procesos toxicogénicos que afectan la salud humana y los ecosistemas. Asimismo, se analiza la promulgación y los avances en normativas relacionadas con la protección ambiental, específicamente la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), y su vínculo con organismos internacionales. También se aborda la incidencia de las ideologías políticas en el diseño y aplicación de regulaciones en los diferentes países que adoptaron dichas legislaciones, incorporándolas en sus políticas internas.

También se incluye una revisión de los modelos tradicionales de evaluación ampliamente aplicados, la inclusión de niveles referenciales como los Límites Máximos de Residuos (LMR) y los Límites Máximos Permitidos (LMP), y la propuesta de una evaluación integral basada en las “4S de la vida”. Esta propuesta está fundamentada en los principios de la Epidemiología Crítica, la Determinación Social de la Salud y la Salud Colectiva, buscando un enfoque holístico para abordar los desafíos planteados por el uso de agrotóxicos y los procesos destructivos multidimensionales.

1. Procesos toxicogénicos en el extractivismo agroindustrial: hitos del desarrollo histórico de los principales

El extractivismo agrícola, estrechamente vinculado a la Revolución Verde y sustentado en el uso masivo de agrotóxicos, ha consolidado un modelo de producción intensivo y orientado a la exportación que genera graves impactos ecosistémicos y sociales. Este modelo prioriza la productividad y las ganancias de grandes corporaciones por encima de la salud, la soberanía alimentaria y la justicia social, provocando desplazamientos de campesinos, marginalización, conflictos comunitarios y una creciente dependencia de insumos externos. Al mismo tiempo, degrada los suelos, contamina el agua y el aire, reduce la biodiversidad y expone a las comunidades rurales a enfermedades crónicas y mortales.

Asimismo, los trabajadores agrícolas son los más expuestos y desprotegidos en este sistema. Largas jornadas laborales en condiciones precarias, sumadas a la exposición constante a sustancias altamente tóxicas, incrementan la morbilidad y la mortalidad, afectando de manera particular a mujeres embarazadas, niños y ancianos. Estas poblaciones, además, enfrentan la exclusión del sistema de salud, lo que profundiza las inequidades y agrava los efectos de los procesos toxicogénicos. De esta forma, el extractivismo no solo deteriora la salud y la calidad de vida, sino que también perpetúa círculos de pobreza y vulnerabilidad.

El modelo extractivista ha transformado profundamente al campesinado, subordinando a pequeños productores bajo la lógica de los monocultivos y desmantelando la agricultura familiar, solidaria y agroecológica. Este proceso erosiona la soberanía alimentaria, desplaza cultivos tradicionales, reduce la diversidad nutricional y socava los valores de solidaridad y cohesión social en los territorios rurales. Además, la constante aplicación de agrotóxicos genera un círculo vicioso: plagas más resistentes, mayores dosis de químicos y un incremento sostenido de los daños en salud y los ecosistemas.

En el plano normativo y político, la expansión del extractivismo se ve favorecida por marcos regulatorios internacionales y nacionales diseñados para proteger intereses económicos antes que la vida. Normas como los Límites Máximos de Residuos (LMR) se ajustan a la lógica de los mercados globales y no contemplan la exposición crónica ni la sinergia de múltiples sustancias, perpetuando la vulnerabilidad de trabajadores y consumidores. En Ecuador, la alineación entre autoridades y élites agroexportadoras ha consolidado un modelo que prioriza la rentabilidad sobre la protección socioambiental, limitando la aplicación real de la legislación ambiental y sanitaria.

Para cambiar esta realidad la agroecología se presenta como una alternativa transformadora y necesaria. Este enfoque no solo busca producir alimentos saludables y libres de contaminantes, sino que también propone restaurar ecosistemas degradados, fortalecer la autonomía campesina y garantizar condiciones de vida dignas. Basada en los principios de las “4S de la vida” (sustentabilidad, soberanía, solidaridad y seguridad), la agroecología constituye un camino para superar los límites del extractivismo y construir una agricultura justa, equitativa y resiliente, capaz de proteger la salud de las comunidades y de preservar el futuro de los ecosistemas.

2. Análisis crítico de la evaluación de impacto ambiental (EIA) a escala global y nacional

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), aunque concebida como una herramienta fundamental para la prevención y mitigación de daños, ha demostrado limitaciones significativas en su aplicación, especialmente en países en desarrollo como Ecuador. La falta de seguimiento, la debilidad institucional, la corrupción y la subordinación de la gestión ambiental a los intereses económicos han reducido su efectividad, permitiendo que actividades extractivas y agrícolas intensivas continúen generando procesos tóxicos que deterioran la salud, los ecosistemas y la calidad de vida de las comunidades. Esto evidencia que, en la práctica, la EIA se ha convertido muchas veces en un requisito administrativo que legitima proyectos más que en un verdadero mecanismo de protección socioambiental.

A nivel internacional, los estándares como los Límites Máximos de Residuos (LMR) o los Niveles Máximos Permisibles (NMP) reflejan más intereses comerciales que criterios técnicos, ignorando la exposición crónica, la sinergia entre plaguicidas y las vulnerabilidades específicas de cada región. Esta manipulación de los marcos normativos por parte de gobiernos y corporaciones transnacionales muestra cómo el diseño actual de la legislación ambiental está orientado al modelo global de acumulación de capital antes que a la salud y al ambiente. En Ecuador, esto se traduce en una clara alineación entre autoridades y promotores de proyectos contaminantes, lo que debilita aún más la capacidad de control y sanción.

Por lo tanto, se hace urgente reestructurar la EIA hacia un modelo integral y participativo, capaz de trascender lo técnico y administrativo para convertirse en un verdadero instrumento de justicia socioambiental. Incorporar la perspectiva de la Determinación Social de la Salud y las 4S de la vida (Sustentabilidad, Soberanía, Solidaridad y Seguridad) permitiría recuperar el sentido preventivo de la evaluación, integrando saberes locales, criterios interculturales y mecanismos vinculantes de participación ciudadana. Solo así se podrá garantizar que la protección de la vida y de los ecosistemas prevalezca sobre la rentabilidad de corto plazo, avanzando hacia un horizonte de sustentabilidad y equidad en el que las comunidades sean protagonistas en la defensa de sus territorios y de su salud.

3. Los agrotóxicos y la importancia de incluir en la normativa nacional el análisis de residuos en muestras de alimentos, ecosistemas y humanas

En el Sur Global y particularmente en Ecuador, el uso y la comercialización de agrotóxicos responden a una lógica de captura corporativa ejercida por un reducido grupo de empresas transnacionales —Bayer-Monsanto, ChemChina-Syngenta, Dow-Dupont, UPL Arista y BASF— que controlan no solo los mercados de plaguicidas, sino también los de semillas y transgénicos. Este dominio oligopólico les permite imponer sus intereses por encima de las necesidades de salud y ambiente de las comunidades, aprovechando vacíos y debilidades en las normativas nacionales para mantener procesos destructivos y sustancias peligrosas en circulación. De esta forma, perpetúan un modelo agrícola dependiente, altamente tóxico y generador de inequidades.

Ecuador se ubica entre los países con mayor uso de plaguicidas per cápita en América Latina, impulsado por un modelo agroexportador altamente dependiente de insumos químicos en cultivos como banano, palma africana y flores. Aunque existen marcos regulatorios a cargo de AGROCALIDAD, en el país todavía se comercializan plaguicidas altamente peligrosos prohibidos en otras regiones, lo que ha generado un grave impacto en la salud colectiva y en los ecosistemas, reflejado en intoxicaciones, cáncer, trastornos neurológicos, pérdida de biodiversidad y contaminación del agua y del suelo. El aumento sostenido en su uso, pese a los altos costos económicos y sociales asociados, evidencia la necesidad urgente de transitar hacia modelos productivos alternativos que prioricen la salud, la equidad y la sustentabilidad sobre la dependencia de agrotóxicos.

La Revolución Verde y el uso intensivo de agrotóxicos no han resuelto el hambre en el mundo, sino que han consolidado un modelo agrícola extractivista que privilegia los cultivos de exportación sobre la diversificación y la soberanía alimentaria local. Este modelo, sostenido por el poder de las corporaciones agroindustriales y la ausencia de políticas públicas que impulsen la agroecología y otras formas sanas de producir, prioriza las ganancias inmediatas por encima de la salud humana y de los ecosistemas. A ello se suma el incremento desmedido de moléculas químicas en la agricultura, lo que ha extendido la llamada “docena sucia” hacia una lista creciente de alimentos de consumo cotidiano —como fresas, manzanas, espinacas o uvas— que acumulan residuos de múltiples plaguicidas. Aunque algunos residuos estén dentro de límites normativos, sus efectos combinados generan procesos destructivos graves, desde alteraciones hormonales y daños neurológicos hasta resistencia bacteriana, afectando tanto a los consumidores como a los trabajadores agrícolas y al ambiente.

Muchos problemas de salud relacionados con los agrotóxicos derivan de la falta de conocimiento técnico de los trabajadores agrícolas y las precarias condiciones en las que se realiza la fumigación. La falta de capacitación responsable de las grandes industria productoras y comercializadoras, el acceso limitado a equipos de protección personal (EPP) y la falta de información sobre los riesgos asociados crean escenarios de alta vulnerabilidad, agravados por prácticas como la aplicación en condiciones climáticas desfavorables y la reutilización de envases para otros fines.

El análisis de residuos de agrotóxicos resulta indispensable para garantizar la inocuidad de los alimentos, proteger la salud de los consumidores y evitar daños irreversibles en los ecosistemas. Realizar estos estudios en laboratorios acreditados y experimentados fortalece la transparencia en la cadena agroalimentaria, mejora la competitividad internacional y permite identificar fuentes de contaminación que orienten hacia prácticas agrícolas más responsables. No obstante, este control debe articularse con estrategias preventivas, como el manejo integrado de plagas y la capacitación de agricultores, junto con normativas más estrictas que impulsen la transición hacia modelos agroecológicos, logrando así una producción que priorice la salud, la sostenibilidad y la justicia socioambiental.

Las conclusiones presentadas refuerzan la urgencia de transitar hacia modelos alimentarios soberanos, saludables y sustentables, que prioricen la salud, la justicia socioambiental y la autodeterminación de los territorios por encima de los intereses corporativos. El enfoque de la Epidemiología crítica, la Determinación Social de la Salud, sustentado en las 4S de la vida (Sustentabilidad, Soberanía, Solidaridad y Seguridad), ofrece una alternativa transformadora frente a las limitaciones del marco normativo actual, orientando hacia modelos productivos que garanticen tanto el bienestar humano como el equilibrio ambiental. La participación de los consumidores resulta clave para fortalecer la demanda de alimentos sanos y seguros, impulsando así una agricultura sustentable, soberana, solidaria y segura que, además de mejorar la seguridad alimentaria, contribuya a la protección de la salud colectiva y de los ecosistemas en el largo plazo.

Pero todo este trabajo debe ser reforzado por estrategias de comunicación específicas

4. Limitaciones identificadas para la aplicación del modelo propuestos

La aplicación del modelo puede presentar varios obstáculos relacionados con:

Limitaciones institucionales y políticas. Uno de los principales obstáculos es el predominio de la visión tradicional de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que se centra en la mitigación técnica y en la obtención de permisos administrativos, dejando de lado la salud colectiva, la autodeterminación de las comunidades y la justicia socioambiental. A esto se suma la falta de voluntad política, ya que los gobiernos suelen priorizar la rentabilidad de los sistemas agroexportadores (banano, palma, flores o caña de azúcar) sobre los derechos de las poblaciones rurales. Aunque el Ecuador ha ratificado el Acuerdo de Escazú, en la práctica todavía persisten barreras significativas para garantizar un acceso real y efectivo a la información, a la participación vinculante y a la justicia ambiental, lo cual limita la aplicación de propuestas más integrales y democráticas como la EIIPA.

El modelo agroexportador ecuatoriano se basa en altos niveles de dependencia de insumos químicos y mercados internacionales, lo que genera una resistencia natural por parte de élites económicas y empresas a transitar hacia modelos agroecológicos o menos contaminantes. Además, la implementación de mecanismos de monitoreo participativo, bioensayos comunitarios o alternativas de producción sustentable requiere financiamiento que muchas veces no está contemplado en los presupuestos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) ni en las políticas públicas sectoriales. Otro límite es la concentración de beneficios económicos en pocos actores de la cadena de valor, mientras que los costos sociales y ambientales recaen de forma desproporcionada en las comunidades locales y pequeños productores.

La propuesta EIIPA demanda información sólida sobre agua, suelo, aire, salud comunitaria y biodiversidad, pero en el país existen pocos datos de línea base confiables y accesibles. En muchos territorios rurales, la infraestructura técnica y de laboratorio es insuficiente, y las comunidades carecen de formación para sostener procesos de monitoreo de largo plazo. A esto se añade que la EIIPA plantea una metodología compleja y novedosa, que combina la Determinación Social de la Salud (DSS), las 4S de la vida y métodos de evaluación socioambiental, lo cual puede dificultar su comprensión e implementación en espacios comunitarios e institucionales sin capacitación previa.

En los procesos de evaluación ambiental existe una marcada asimetría de poder en la participación: mujeres, trabajadores agrícolas y pueblos indígenas suelen ser consultados de manera formal, pero rara vez tienen incidencia vinculante en la toma de decisiones. Esto genera desconfianza hacia los procesos participativos, que muchas comunidades perciben como rituales burocráticos para legitimar proyectos ya decididos.

Además, persiste un choque epistemológico entre la ciencia técnica dominante y los saberes ancestrales o campesinos, que en muchos casos son invisibilizados o considerados menos válidos en los procesos de evaluación.

Incluso cuando se logran identificar daños socioambientales en territorios agrícolas, los mecanismos de reparación y compensación suelen ser lentos, burocráticos o inexistentes, lo que genera frustración en las comunidades. También existe el riesgo de cooptación de espacios de participación, donde actores poderosos manipulan o limitan el alcance de las decisiones comunitarias. Finalmente, las desigualdades en la distribución de los procesos destructivos son una constante: mientras las élites se benefician de los ingresos de la agroexportación, los impactos negativos (intoxicaciones, contaminación de agua y aire, pérdida de biodiversidad) recaen de manera desproporcionada sobre los sectores más vulnerables, perpetuando la injusticia socioambiental que justamente la EIIPA busca superar.

5. Propuesta de investigación

Es importante continuar con la investigación de residuos de agrotóxicos y otros contaminantes en alimentos y ambiente, con el objetivo de medir su presencia en agua, suelo, aire y en los principales cultivos agroexportadores como banano, palma, flores y arroz. Estos estudios deben realizarse en laboratorios acreditados, utilizando metodologías adecuadas por ej. cromatografía y espectrometría, pero al mismo tiempo deben complementarse con monitoreo participativo comunitario, como bioensayos con semillas o conteo de polinizadores. Una estrategia comparativa entre sistemas agroindustriales y agroecológicos permitirá generar evidencias para fortalecer la normativa nacional, reducir el uso de agrotóxicos y apoyar la transición hacia modelos productivos más saludables y sostenibles.

La realización de estudios sobre la Determinación Social de la Salud en comunidades agrícolas, con metodologías de epidemiología crítica que vinculen los determinantes estructurales (modelo agroexportador), territoriales (sistemas productivos) e individuales (condiciones de salud de las personas). Estos estudios deben integrar la Vigilancia Epidemiológica Comunitaria en Territorio (VECT), Investigación Acción Participativa (IAP), combinando encuestas, entrevistas y testimonios con estadísticas oficiales de morbilidad. De esta manera, se podrán elaborar mapas de los procesos destructivos sociosanitario que visibilicen intoxicaciones agudas, cánceres y

enfermedades crónicas vinculadas a la exposición a agrotóxicos y otras sustancias tóxicas, fortaleciendo las políticas públicas en salud laboral y comunitaria.

Realizar estudios de impacto socioeconómico e inequidades en la agricultura, orientados a evaluar cómo el extractivismo agrícola concentra beneficios en élites y corporaciones, mientras excluye a campesinos, pueblos indígenas, mujeres y jóvenes. Estos análisis deben basarse en estudios de cadenas de valor, economía política del agro y metodologías de investigación acción participativa (IAP), a través de talleres y cabildos comunitarios. Los resultados permitirán diseñar estrategias para redistribuir beneficios, garantizar condiciones de trabajo dignas y fortalecer las economías locales frente a la dependencia de mercados externos.

Avanzar en estudios de transición agroecológica, mediante ensayos comparativos entre monocultivos con agrotóxicos y prácticas agroecológicas como rotación de cultivos, bioinsumos, barreras vivas o Sistemas Participativos de Garantía (SPG). Estos estudios deben medir indicadores de resiliencia como biodiversidad, materia orgánica en el suelo, diversidad de la dieta y reducción del índice de impacto ambiental (EIQ). Su finalidad es demostrar, con evidencia técnica y social, que la agroecología no solo es viable, sino indispensable para garantizar alimentos saludables, regenerar los ecosistemas y fortalecer la soberanía alimentaria en el país.

Son indispensables los estudios de gobernanza y justicia ambiental, que analicen cómo las comunidades acceden a información, participan en decisiones y acceden a mecanismos de reparación frente a daños socioambientales. Este tipo de investigación debe revisar críticamente el marco legal ecuatoriano (SUIA, COA, normativas de plaguicidas) y confrontarlo con el espíritu del Acuerdo de Escazú, que promueve la participación vinculante y el acceso a la justicia ambiental. De este modo, se podrán plantear reformas normativas e institucionales con enfoque intercultural y comunitario, que garanticen que la protección de la vida y de los territorios prevalezca sobre los intereses económicos de corto plazo.

En un estudio realizado por el CILABSsalud en la producción bananera (Proyecto TEG 3), se realizó el estudio comparativo sobre la producción bananera convencional y agroecológica en tres escenarios, se propone aplicar un piloto de la EIIPA en la producción bananera y compararlos con los EIA presentados ante la autoridad de control.

6. La comunicación un pilar fundamental en la aplicación de la propuesta

Las estrategias de comunicación e información son fundamentales para lograr la Evaluación Integral de Impactos en la Producción Agrícola, a continuación, se presentan algunas estrategias que se deberían aplicar.

Trabajar desde la comunicación popular, a través de radios comunitarias, murales, mingas, ferias agroecológicas y cabildos abiertos. Estas herramientas permiten traducir conceptos técnicos de la EIIPA en mensajes claros, accesibles e interculturales, usando lenguas locales (kichwa, shuar, etc.) y símbolos vinculados a la vida, la tierra y la salud. Aquí es clave resaltar los principios de las 4S de la vida (Sustentabilidad, Soberanía, Solidaridad, Seguridad) como pilares de la propuesta.

Es indispensable producir materiales técnicos (manuales, infografías, guías metodológicas, plataformas digitales de datos abiertos) que permitan a universidades, laboratorios y GADs locales apropiarse de la EIIPA como herramienta de planificación y control. La estrategia debe enfatizar la transparencia y credibilidad, con evidencia científica accesible y comparativa (ej. diferencias entre agroindustria y agroecología en residuos, biodiversidad, salud).

La EIIPA necesita insertarse en la agenda pública y política. Para ello, la estrategia debe incluir incidencia en medios nacionales, posicionando el debate en torno a la salud, la soberanía alimentaria y la justicia socioambiental, no como un tema técnico aislado, sino como un derecho colectivo y constitucional (Derechos de la Naturaleza, Acuerdo de Escazú, DSS). La narrativa debe confrontar el extractivismo agrícola, evidenciar sus daños y presentar la EIIPA como alternativa viable y necesaria.

El uso de redes sociales, podcasts, videos cortos, animaciones y plataformas interactivas es crucial para llegar a jóvenes, consumidores y públicos urbanos. Se puede diseñar una estrategia transmedia que cuente historias de territorios afectados y experiencias agroecológicas exitosas, conectando la problemática de los agrotóxicos con la vida cotidiana (lo que comemos, lo que respiramos, el agua que bebemos). Esto ayuda a generar empatía y presión social hacia políticas públicas.

Más allá de informar, la estrategia debe movilizar y articular actores: campesinos, consumidores, investigadores, organizaciones sociales y autoridades locales. Esto implica generar espacios de co-creación de mensajes y campañas conjuntas, bajo el principio de que la comunicación es también un mecanismo de poder y organización social.

Lista de referencias

- Abdel, Mohamed, Hossam Hawash, y Laila Abdel. 2024. *Artificial Intelligence and Internet of Things in Smart Farming*. Boca Raton: CRC Press. doi:10.1201/9781003400103.
- Abdul, Siti, Sumendra Yogarayan, Md Shohel Sayeed, y Muhammad Mohd. 2024. “Agriculture 5.0 and Explainable AI for Smart Agriculture: A Scoping Review”. *Emerging Science Journal* 8 (2): 744–60. doi:10.28991/ESJ-2024-08-02-024.
- Abdul-Sattar, Nizami. 2007. *Comparative Analysis of the EIA System of Developed and Developing Countries: Cases of Hydroelectric Power Plants*. Göteborg: Environmental System Analysis, Chalmers University of Technology.
- Abubakar, Yusuf, Habibu Tijjani, Chukwuebuka Egbuna, Charles Oluwaseun Adetunji, Smriti Kala, Toskë L. Kryeziu, Jonathan C. Ifemeje, y Kingsley C. Patrick-Iwuanyanwu. 2020. “Pesticides, History, and Classification”. En *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*, 29–42. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-819304-4.00003-8.
- Acción Ecológica. 2022. “Día por el No Uso de Plaguicidas”. *Acción Ecológica*. diciembre 5. <https://www.accionecologica.org/dia-por-el-no-uso-de-plaguicidas/>.
- Ackerman, John. 2021. ¿Por qué el neoliberalismo arrasa con el medio ambiente? https://puedjs.unam.mx/revista_tlattelolco/por-que-el-neoliberalismo-arrasa-con-el-medio-ambiente/.
- ACNUR. 1981. “Ley N° 74 RO/64 de 24 de agosto de 1981 - Ley Forestal y de Conservación de áreas naturales y vida silvestre”. *Refworld*. <https://www.refworld.org/es/leg/legis/acnur/1981/es/130520>.
- Acosta, Alberto. 2002. *Breve historia económica del Ecuador*. 2a ed. actualizada. Biblioteca general de cultura 7. Quito: Corporación ed. nacional.
- . 2012. *Buen Vivir Sumak Kawsay: Una oportunidad para imaginar otros mundos*. Editorial Abya - Yala.
- . 2016. “Maldiciones, herejías y otros milagros de la economía extractivista.” *Tabula Rasa*, n° 24: 25.
- Agejas, María. 2024. “Millones de personas migrantes son víctimas de explotación laboral y abusos de derechos en el sector agrícola europeo”. junio 5. <https://www.oxfamintermon.org/es/nota-de-prensa/millones-migrantes-son-victimas-explotacion-sector-agricola-europe>.
- AgNews. 2025. “Ecuador Pesticides: 4156 Registrations by 168 Companies”. *Grainews*. <https://news.agropages.com/News/Detail-51263.htm>.

- Ahamed, Tofael. 2024. *IoT and AI in Agriculture: Smart Automation Systems for Increasing Agricultural Productivity to Achieve SDGs and Society 5.0*. Singapore: Springer.
- Ahmad, Faruque, Fakhruddin Ahmad, Abdulrahman Alsayegh, Md. Zeyauallah, Abdullah AlShahrani, Khursheed Muzammil, Abdullah Saati, et al. 2024. “Pesticides Impacts on Human Health and the Environment with Their Mechanisms of Action and Possible Countermeasures”. *Heliyon* 10 (7): e29128. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e29128.
- Ahmad, Latief, y Firasath Nabi. 2021. *Agriculture 5.0: artificial intelligence, IOT and machine learning*. 1^a ed. Boca Raton: CRC Press.
- Aktar, Wasim, Dwaipayana Sengupta, y Ashim Chowdhury. 2009. “Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards”. *Interdisciplinary Toxicology* 2 (1): 1–12. doi:10.2478/v10102-009-0001-7.
- Alaña, Tania, Lenny Capa, y Jorge Sotomayor. 2017. “Desarrollo sostenible y evolución de la legislación ambiental en las MIPYMES del Ecuador”. *Revista Universidad y Sociedad* 9 (1). Editorial “Universo Sur”: 91–99.
- Albores, Jorge Martín Guzmán, Manuel de Jesús Matuz Cruz, Julia Yazmín Arana Llanes, Elizabeth López Carrasco, Vidalia Gómez Vázquez, y Noé González Cárdenas. 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. doi:10.29057/xikua.v12i24.12790.
- Albuja, Verónica, y Pablo Dávalos. 2013. “Extractivismo y posneoliberalismo: el caso de Ecuador”. *Estudios Críticos del Desarrollo* 3 (febrero): 83–112. doi:10.35533/ecd.0304.va.pd.
- Alcívar, Juan Rosero. 2020. “El regreso de Ecuador al neoliberalismo: entre la ortodoxia y heterodoxia de su relación financiera con el Fondo Monetario Internacional”. *Revista de Relaciones Internacionales de la UNAM*, n° 137 (junio). <https://www.revistas.unam.mx/index.php/rri/article/view/76201>.
- Aldana, Andrés. 2012. “Análisis crítico de la evaluación de impacto ambiental en el sector eléctrico colombiano y propuesta de mejora”. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11552>.
- Aldridge, W., y L. Magos. 1978. *Carbamates; Thiocarbamates; Dithiocarbamates*. Luxembourg. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3f98b3e2-0b79-47ac-ba88-6fd41fcc331>.
- Algeria Government. 2025. “Loi n° 03-10 relative à la protection de l’environnement dans le cadre du développement durable. | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC041657/>.
- Almeida Filho, Naomar, y Jairnilson Silva Paim. 1999. “La crisis de la salud pública y el movimiento de la salud colectiva en Latinoamérica”. *Cuad. méd. soc. (Ros.)*, 5–30.

- Altieri, Miguel. 1999. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Nordan-Comunidad.
- Altieri, Miguel, y Clara Nicholls. 2000. *Agroecología : teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/18777>.
- . 2005. *Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture*. First. Mexico: United Nations Environment Programme. <http://www.fao.org/agroecology/database/detail/en/c/893010/>.
- Altieri, Miguel, y Victor Toledo. 2011. “The Agroecological Revolution in Latin America: Rescuing Nature, Ensuring Food Sovereignty and Empowering Peasants”. *Journal of Peasant Studies* 38 (3): 587–612. doi:10.1080/03066150.2011.582947.
- Altmann, Philipp. 2016. “Buen Vivir como propuesta política integral: Dimensiones del Sumak Kawsay”. *Mundos Plurales - Revista Latinoamericana de Políticas y Acción Pública* 3 (1). FLACSO ECUADOR: 55–74. doi:10.17141/mundosplurales.1.2016.2318.
- Álvarez, Susana. 2005. “Adopción tecnológica y dimensiones ambientales en un programa de desarrollo rural : estudio de caso PRONADER – Guano”. masterThesis, Quito : FLACSO Sede Ecuador. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/984>.
- ALWSCI Technologies. 2024. “9 tipos de detectores de cromatografía de gases - Noticias de la industria - Noticias - Zhejiang ALWSCI Technologies Co., Ltd”. <https://es.alwsci.com/news/9-types-of-gas-chromatography-detector-62630040.html>.
- American chemical society, ed. 2008. *Synthetic Pyrethroids: Occurrence and Behavior in Aquatic Environments*. ACS Symposium Series 991. Washington (D.C.): American chemical society.
- Anaya Raymundo, Mario Antonio, Fabio Manuel Rangel Morales, José Alberto Iannacone Óliver, Luis Miguel Romero Echevarría, Mario Antonio Anaya Raymundo, Fabio Manuel Rangel Morales, José Alberto Iannacone Óliver, y Luis Miguel Romero Echevarría. 2022. “Metales pesados en hortalizas y suelos agrícolas irrigados con aguas superficiales: una revisión sistemática”. *Idesia (Arica)* 40 (3). Universidad de Tarapacá. Facultad de Ciencias Agronómicas: 33–41. doi:10.4067/S0718-34292022000300033.
- Andreotti, Gabriella, Stella Koutros, Jonathan N Hofmann, Dale P Sandler, Jay H Lubin, Charles F Lynch, Catherine C Lerro, et al. 2018. “Glyphosate Use and Cancer Incidence in the Agricultural Health Study”. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute* 110 (5): 509–16. doi:10.1093/jnci/djx233.
- Angola Government. 2025. “Basic Environmental Law No. 5/98. | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC018069/>.
- Anke, T., F. Oberwinkler, W. Steglich, y G. Schramm. 1977. “THE STROBILURINS -NEW ANTIFUNGAL ANTIBIOTICS FROM THE BASIDIOMYCETE STROBILURUS

- TENACELLUS (PERS. Ex FR.) SING”. *The Journal of Antibiotics* 30 (10). JAPAN ANTIBIOTICS RESEARCH ASSOCIATION: 806–10. doi:10.7164/antibiotics.30.806.
- APEC. 2017. “Directriz sobre LMRs de Importación para plaguicidas - una directriz sobre los posibles enfoques para alcanzar alineamiento de los LMR internacionales”. <https://www.coursehero.com/file/196079038/Import-MRL-Guideline-for-Pesticides-Spanishpdf/>.
- Apolinorio, Rafael, Edison Olivero, y Mariana Alvarado. 2015. “La competitividad del banano ecuatoriano con el uso de tecnologías más limpias en su cultivo”. *Revista Universidad de Guayaquil* 121 (3): 17–22. doi:10.53591/rug.v121i3.377.
- Arboleda, María. 1985. “La agroindustria en el Ecuador”. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/126056-opac>.
- Arenas, Nahuel. 2012. “Post-neoliberalismo en América latina: en busca del paradigma perdido”. *Revista Aportes para la Integración Latinoamericana*, n° 27: 21–46.
- Arévalo, Eduardo Enríquez. 2017. “La derecha latinoamericana bajo el post- neoliberalismo. La derecha ecuatoriana durante la presidencia de Rafael Correa (2007-2017)”. *Revista Andina de Estudios Políticos* 7 (2): 15–40. doi:10.35004/raep.v7i2.101.
- Armas, Fernando, María Posso, Wladimir Puruncajas, y Juan Parise. 2023. “Una mirada a la agricultura en el Ecuador con una perspectiva social”. *Revista Publicando* 10 (38): 14–23. doi:10.51528/rp.vol10.id2374.
- Asamblea Constituyente de Montecristi. 2008. “Constitución de la República del Ecuador”, octubre. Montecristi: Asamblea Constituyente. <http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/4083>.
- Asamblea Nacional. 2017. “El Código Orgánico del Ambiente (COA)”. <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>.
- Asami, Tadao, y Yoshiaki Nakagawa. 2018. “Preface to the Special Issue: Brief review of plant hormones and their utilization in agriculture”. *Journal of Pesticide Science* 43 (3): 154–58. doi:10.1584/jpestics.M18-02.
- ASCA. 2020. “Sulfonylurea Herbicides”. *ASCA GmbH Angewandte Synthesechemie Adlershof*. octubre 27. <https://asca-berlin.de/sulfonylurea-herbicides-2/>.
- ASTAC. 2025. “Historia de ASTAC”. *astac-ecuador*. <https://www.astacecuador.com/historiadeastac>.
- ATSDR. 2003. *Toxicological Profile for Pyrethrins and Pyrethroids*. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- . 2020. “ToxFAQs™: Glifosato (Glyphosate) | ToxFAQ | ATSDR”. agosto 10. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts214.html.
- . 2022a. “2,4-D | ToxFAQs™ | ATSDR”. enero 21. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts210.html.

- . 2022b. “ToxFAQs™ - DDT, DDE y DDD | ATSDR”. junio 27.
https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts35.html.
- Augusto, Lia. 2012. “Agrotóxicos: nuevos y viejos desafíos para la salud colectiva”. *Salud colectiva* 8 (1). UNLa Universidad Nacional de Lanús: 5–8.
- Australian Government. 2025. “Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999 (EPBC Act) - DCCEEW”. Accedido enero 11.
<https://www.dcceew.gov.au/environment/epbc>.
- Austrian Government. 2025. “§ 24 UVP-G 2000 (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000) - JUSLINE Österreich”. Accedido enero 12. <https://www.jusline.at/gesetz/uvp-g/paragraf/24>.
- Avila, Medardo, y Claudia Difilippo. 2014. “Agricultura tóxica y pueblos fumigados en Argentina”. *Crítica y resistencia. Revista de conflictos sociales latinoamericanos* 1 (2): 23–45. doi:10.14409/extension.v1i4.4586.
- Azcarate, Mariela P., Jorgelina C. Montoya, y William C. Koskinen. 2015. “Sorption, Desorption and Leaching Potential of Sulfonylurea Herbicides in Argentinean Soils”. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 50 (4): 229–37.
doi:10.1080/03601234.2015.999583.
- Badii, Mohammad H., Ernesto Cerna Chávez, y Jerónimo Landeros Flores. 2007. “Manejo sustentable de plagas o manejo integral de plagas: un apoyo al desarrollo sustentable”. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica* 4 (23). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez: 2.
- Badillo, Vinicio. 1994. “El neoliberalismo y su influencia en el Ecuador incidencia en el campo económico”, julio. Quito, Ecuador. <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4360>.
- Bag, Dinabandhu. 2000. “Pesticides and Health Risks”. *Economic and Political Weekly* 35 (38). Economic and Political Weekly: 3381–83.
- Balba, Hamdy. 2007. “Review of Strobilurin Fungicide Chemicals”. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* 42 (4): 441–51. doi:10.1080/03601230701316465.
- Ballantine, Larry, Janis McFarland, y Dennis Hackett, eds. 1998. *Triazine herbicides: risk assessment*. ACS symposium series 683. Washington, DC : [New York]: American Chemical Society ; Distributed by Oxford University Press.
- Ballantyne, Bryan, y Timothy C. Marrs, eds. 1992. *Clinical and experimental toxicology of organophosphates and carbamates*. Oxford ; Boston: Butterworth Heinemann.
- Banco Mundial. 2020. *Panoramas alimentarios futuros: reimaginando la agricultura en América Latina y el Caribe*. Text/HTML. Washington, D.C: Banco Mundial.
<https://www.bancomundial.org/es/region/lac/brief/future-foodscapes-re-imagining-agriculture-in-latin-america-and-the-caribbean>.

- Bangladesh Government. 2025. “Bangladesh Environment Conservation Act, 1995. (Act No. 1 of 1995) | FAOLEX”. Accedido enero 11.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC042272/>.
- Baquero, Margarita, y Adriana Lucio Paredes. 2010. “La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo”. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida* 11 (1). Universidad Politécnica Salesiana: 44–46.
- Barnes, J M. 1973. “Toxicology of Agricultural Chemicals”. *Outlook on Agriculture* 7 (3). SAGE Publications Ltd: 97–101. doi:10.1177/003072707300700303.
- Barsky, Osvaldo. 1984. “La reforma agraria ecuatoriana”.
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/106182-opac>.
- Bartett, Dave, John Clough, Chris Godfrey, Jeremy Godwin, Alison Hall, Steve Heaney, y Stephen Maund. 2001. “Understanding the strobilurin fungicides”. *Pesticide Outlook* 12 (noviembre): 143–48. doi:10.1039/b106300f.
- Baryshnikova, N, P Altukhov, N Naidenova, y A Shkryabina. 2022. “Ensuring Global Food Security: Transforming Approaches in the Context of Agriculture 5.0”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 988 (3): 032024. doi:10.1088/1755-1315/988/3/032024.
- Basantes, Ana. 2025. “La guardiana de las papas que rescató la chiwila, la especie ancestral que crece sobre las nubes”. *El País América*. marzo 16. <https://elpais.com/america-futura/2025-03-16/la-guardiana-de-las-papas-que-rescato-la-chiwila-la-especie-ancestral-que-crece-sobre-las-nubes.html>.
- Bassil, K. L., C. Vakil, M. Sanborn, D. C. Cole, J. S. Kaur, y K. J. Kerr. 2007. “Cancer Health Effects of Pesticides: Systematic Review”. *Canadian Family Physician Medecin De Famille Canadien* 53 (10): 1704–11.
- BBC News Mundo*. 2017. “El escándalo de los huevos contaminados con pesticida: la alerta alimentaria que afecta a 17 países y millones de consumidores”, agosto 12.
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40893413>.
- Bebber, Daniel P., Timothy Holmes, y Sarah J. Gurr. 2014. “The Global Spread of Crop Pests and Pathogens”. *Global Ecology and Biogeography* 23 (12): 1398–1407.
 doi:10.1111/geb.12214.
- Bebbington, Anthony, y Denise Bebbington. 2011. “An Andean Avatar: Post-Neoliberal and Neoliberal Strategies for Securing the Unobtainable”. *New Political Economy* 16 (1). Routledge: 131–45. doi:10.1080/13563461003789803.
- Bedmar, Francisco. 2011. “¿Qué son los plaguicidas?” *Informe especial sobre plaguicidas agrícolas* 21 (122): 27.
- Belgique Kingdom. 2025. “Ordonnance relative à l’évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l’environnement (1).” Accedido enero 12.

- <https://www.ecolex.org/fr/details/legislation/ordonnance-relative-a-levaluation-des-incidences-de-certains-plans-et-programmes-sur-lenvironnement-1-lex-faoc045880/>.
- Bert, Federico. 2021. *La Digitalización de La Agricultura Como Determinante Para La Transformación de Los Sistemas Alimentarios: Una Perspectiva Desde Las Américas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/18586>.
- Bertomeu, José. 2019. "Introduction. Pesticides: Past and Present". *HoST - Journal of History of Science and Technology* 13 (1): 1–27. doi:10.2478/host-2019-0001.
- Bhowmik, Prasanta C. 2012. "Introduction to the Symposium: History of Sulfonylurea Herbicide Use in Turfgrass Environments". *Weed Technology* 26 (3). Weed Science Society of America: 575–78. doi:10.1614/WT-D-11-00165.1.
- Bissadu, Kossi Dodzi, Salleh Sonko, y Gahangir Hossain. 2024. "Society 5.0 enabled agriculture: Drivers, enabling technologies, architectures, opportunities, and challenges". *Information Processing in Agriculture*, abril.
doi:10.1016/j.inpa.2024.04.003.
- Blankstein_3, Charles S., y Clarence Zuvekas. 1973. "Agrarian Reform in Ecuador: An Evaluation of past Efforts and the Development of a New Approach". *Economic Development and Cultural Change* 22 (1). University of Chicago Press: 73–94.
- Bobenrieth, Roberto. 1985. "Normalización de Alimentos y Salud Para América Latina y El Caribe. 1. Organización de Servicios de Protección de Alimentos". *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*;99(6),Dic. 1985.
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/16916>.
- Bohme, Susana. 2015. *Toxic Injustice: A Transnational History of Exposure and Struggle*. Oakland: University of California Press.
- Boldt, Tina S, y Carsten S Jacobsen. 1998. "Different toxic effects of the sulfonylurea herbicides metsulfuron methyl, chlorsulfuron and thifensulfuron methyl on fluorescent pseudomonads isolated from an agricultural soil". *FEMS Microbiology Letters* 161 (1): 29–35. doi:10.1111/j.1574-6968.1998.tb12925.x.
- Bomgiovanni, Rodolfo, y J. Lowenberg. 2004. "Precision Agriculture and Sustainability". *Precision Agriculture* 5 (4): 359–87. doi:10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa.
- Borjas, Ricardo, Alberto Julca, y Leonel Alvarado. 2020. "Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura". *Journal of the Selva Andina Biosphere* 8 (2). JOURNAL OF THE SELVA ANDINA BIOSPHERE
Departamento de Enseñanza e Investigación en Bioquímica & Microbiología
Universidad Católica Boliviana
"San Pablo"
Fundación Selva Andina Research Society: 150–64.
- Borón, Atilio. 2012. *América Latina en la Geopolítica del Imperialismo*. Luxemburg.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/187464>.

- Borras, Saturnino, y Jennifer Franco. 2012. "Global Land Grabbing and Trajectories of Agrarian Change: A Preliminary Analysis". *Journal of Agrarian Change* 12 (enero): 34–59. doi:10.1111/j.1471-0366.2011.00339.x.
- Boschin, Giovanna, Alessandra D'Agostina, Anna Arnoldi, Ester Marotta, Elisabetta Zanardini, Marco Negri, Anna Valle, y Claudia Sorlini. 2003. "Biodegradation of Chlorsulfuron and Metsulfuron-Methyl by *Aspergillus Niger* in Laboratory Conditions". *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* 38 (6): 737–46. doi:10.1081/PFC-120025557.
- Botswana Government. 2025. "Environmental Assessment Act, 2011 (No. 10 of 2011). | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC151330/>.
- Boul, H. L. 1995. "DDT Residues in the Environment—A Review with a New Zealand Perspective". *New Zealand Journal of Agricultural Research* 38 (2): 257–77. doi:10.1080/00288233.1995.9513126.
- Brassel, Frank, Jaime Breilh, y Alex Zapatta, eds. 2011. *Agroindustria y soberanía alimentaria? . hacia una ley de agroindustria y empleo agrícola*. Quito, Ecuador: SIPAE, c2011.
- Brassel, Frank, Stalin Herrera, y Michel Laforge, eds. 2008. *¿Reforma agraria en el Ecuador? viejos temas, nuevos argumentos*. Quito: SIPAE [u.a.].
- Bravo, Elizabeth, ed. 2010. "Reflexiones sobre el pasado, el presente y el futuro de la agricultura en el Ecuador." Acción Ecológica.
- , ed. 2017. "La Ecología política de *Jatropha* como cultivo energético". En *Ecología política en la mitad del mundo: luchas ecologistas y reflexiones sobre la naturaleza en el Ecuador*, 1era edición, 379–98. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana : Abya-Yala.
- Brazales, Anabel. 2000. "La Agricultura Sustentable como una alternativa de desarrollo para el sector agrícola ecuatoriano". Quito, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador.
- Breilh, Jaime. 1979. "Community Medicine under Imperialism: A New Medical Police?" *International Journal of Health Services* 9 (1). SAGE Publications Inc: 5–24. doi:10.2190/9UHD-JB3Y-6AWF-J6FE.
- . 1991. "El marxismo en la defensa y la transformación de la vida.", 12.
- . 1992. "Deterioro de la vida en el neoliberalismo: El desconcierto de la salud en América Latina", agosto. Quito : CAAP. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/9139>.
- . 1999. *Nuevos paradigmas en la salud pública*. workingPaper. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3538>.

- . 2001. “Conceptos nuevos y disensos sobre la epidemiología de la toxicidad por agroquímicos en la industria floricultora”.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3522>.
- . 2003. *Epidemiología crítica: ciencia emancipadora e interculturalidad*. 1a. ed. Colección Salud colectiva. Buenos Aires: Lugar Editorial : Universidad Nacional de Lanus, Departamento de Salud Comunitaria, Maestría en Epidemiología, Gestión y Políticas de Salud.
- . 2005. “La floricultura y el dilema de la salud: por una flor justa y ecológica”. En *Observatorio Latinoamericano de Salud; Centro de Estudios y Asesoría en Salud, CEAS, ed. Informe alternativo sobre la salud en América Latina.*, editado por CEAS, 70–83. Quito: CEAS. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3527>.
- . 2007. “Nuevo modelo de acumulación y agroindustria: las implicaciones ecológicas y epidemiológicas de la floricultura en Ecuador”.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3507>.
- , ed. 2010a. “Las tres ‘S’ de la determinación de la vida 10 tesis hacia una visión crítica de la determinación social de la vida y la salud”. En *Determinação social da saúde e reforma sanitária*, 87–125. Coleção Pensar em saúde. Rio de Janeiro, Brazil: Cebes, Centro Brasileiro de Estudos de Saúde.
- . 2010b. “Lo agrario y las tres ‘S’ de la vida”. En *Lo agrario y las tres “S” de la vida*, 1ª ed., 13–23. Quito: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador.
- . 2010c. “La epidemiología crítica: una nueva forma de mirar la salud en el espacio urbano”. *Salud Colectiva* 6 (1): 83. doi:10.18294/sc.2010.359.
- . 2011a. “Aceleración agroindustrial: peligros de la nueva ruralidad del capital”. SIPAE, 171–90.
- . 2011b. “La Codicia Agrícola como Modelo de la Muerte. Prologo”. En *Agrotóxicos, trabalho e saúde: vulnerabilidade e resistencia no contexto da modernizacao agrícola no Baixo Jaguaribe/CE.*, 8. Fortaleza: Ediciones UFC.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3419>.
- . 2013a. “Hacia una redefinición de la soberanía agraria: ¿Es posible la soberanía alimentaria sin cambio civilizatorio y bioseguridad?” Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador, SIPAE.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3417>.
- . 2013b. “La determinación social de la salud como herramienta de ruptura hacia la nueva salud pública (salud colectiva). Epidemiología crítica latinoamericana: raíces, desarrollos recientes y ruptura metodológica”.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3524>.

- . 2015. “Epidemiología del siglo XXI y ciberespacio: repensar la teoría del poder y la determinación social de la salud”. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 18. Associação Brasileira de Saúde Coletiva: 972–82. doi:10.1590/1980-5497201500040025.
- . 2017a. “Caminos hacia una agricultura para la vida: Agroecología y mucho más. Desafíos teórico y políticos en la cuestión agraria. Presentaciones a la tercera edición”. En *El dominio del hambre. Crisis de hegemonía y alimento*, tercera, 17–23. Quito: Quito: Huaponi. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/5785>.
- . 2017b. “El desafío de construir un mundo agrario sustentable, solidario, soberano y seguro (las cuatro ‘S’ de la vida)”. En *Ecología política en la mitad del mundo: luchas ecologistas y reflexiones sobre la naturaleza en el Ecuador*, 1era edición, 299–312. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana : Abya-Yala.
- . 2019a. “Ciencia crítica sobre impactos en la salud colectiva y ecosistemas. Guía investigativa pedagógica: evaluación de las 4 ‘S’ de la vida”. Quito. <https://es.scribd.com/document/647742201/Breilh-2019-Guia-4-S-Breilh-Final-Web-4-19-06-2019>.
- . 2019b. “Ciencia crítica sobre impactos en la salud colectiva y ecosistemas. Guía investigativa pedagógica: evaluación de las 4 ‘S’ de la vida”.
- . 2021. *Critical Epidemiology and the People’s Health*. Editado por Nancy Krieger. 1ª ed. Oxford University Press. doi:10.1093/med/9780190492786.001.0001.
- . 2022. “La determinación social de la salud y la transformación del derecho y la ética: metodología metacrítica para una ciencia responsable y reparadora”. Montevideo, UY: UNESCO / Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9377>.
- . 2023a. *Epidemiología crítica y la salud de los pueblos: ciencia ética y valiente en una civilización malsana*. Editado por Nancy Krieger. Traducido por Cristina Breilh. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador / Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9720>.
- . 2023b. “La determinación social y el repensar de la bioética y el derecho a la salud”, julio. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. Área de Salud. CILAB. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9641>.
- Breilh, Jaime, Marco Campaña, Orlando Felicita, Francisco Hidalgo, María Larrea, Doris Sánchez, Nadine Straka, y Annalee Yassi. 2011. *Consolidación del estudio sobre la relación entre impactos ambientales de la floricultura, patrones de exposición y consecuencias en comunidades de la cuenca del Granobles (Sierra Norte, Ecuador): informe técnico final*. workingPaper. Centro de Estudios y Asesoría en Salud, CEAS. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3500>.

- Breilh, Jaime, Ari Carvalho de Miranda, Anamaría Testa Tambellini, y Josino Costa Moreira. 2010. “La transición hacia un desarrollo sostenible y la soberanía humana: realidades y perspectivas en la región de las Américas”. Organización Panamericana de la Salud, OPS. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/3403>.
- Breilh, Jaime, y Ylonka Tillería. 2009. *Aceleración global y despojo en Ecuador: el retroceso del derecho a la salud en la era neoliberal*. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador / AbyaYala. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7417>.
- Briggs, Shirley . 1992. *Basic guide to pesticides: their characteristics and hazards*. Washington: Hemisphere Pub. Corp.
- Broughton, Edward. 2005. “The Bhopal disaster and its aftermath: A review”. *Environmental health : a global access science source* 4 (febrero): 6. doi:10.1186/1476-069X-4-6.
- Brown, Hugh M. 1990. “Mode of Action, Crop Selectivity, and Soil Relations of the Sulfonilurea Herbicides”. *Pesticide Science* 29 (3): 263–81. doi:10.1002/ps.2780290304.
- Brown, Wendy. 2015. *Undoing the Demos: Neoliberalism’s Stealth Revolution*. Near Futures. Brooklyn (N.Y.): Zone books.
- . 2016. *El pueblo sin atributos*. Ciudad de México: Malpaso Ediciones.
- Brunei Darussalam Government. 2025. “Environmental Protection and Management Order, 2016. | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC162820/>.
- Bujacz, B, P Wiczorek, T Krzysko-Lupicka, Z Golab, B Lejezak, y P Kavfarski. 1995. “Organophosphonate Utilization by the Wild-Type Strain of Penicillium Notatum”. *Applied and Environmental Microbiology* 61 (8): 2905–10. doi:10.1128/aem.61.8.2905-2910.1995.
- Bullivant, C. M. 1966. “Accidental Poisoning by Paraquat: Report of Two Cases in Man”. *Br Med J* 1 (5498). British Medical Journal Publishing Group: 1272–73. doi:10.1136/bmj.1.5498.1272.
- Caboni, Pierluigi, Robert E. Sammelson, y John E. Casida. 2003. “Phenylpyrazole Insecticide Photochemistry, Metabolism, and GABAergic Action: Ethiprole Compared with Fipronil”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (24). American Chemical Society: 7055–61. doi:10.1021/jf030439l.
- CAIC. 2008. *Informe final de la auditoría integral de la deuda ecuatoriana*. Quito: CAIC.
- Calderón, Isabel, Fabian Vera, y Jorge Harnández. 2017. “Efectos en salud en poblaciones expuestas a glifosato: una revisión”, junio. Universidad del Rosario. doi:10.48713/10336_13503.
- Cambodia Kingdom. 2025. “Law on Environmental Protection and Management of Natural Resources - OD Mekong Datahub”. Accedido enero 11.

- https://data.opendevelopmentcambodia.net/laws_record/law-on-environment-protection-and-management-of-natural-resources.
- Cameroun Government. 2025. “Law No. 96-12 on the Framework Law Relating to Environmental Management”. Accedido enero 11.
<https://ampeid.org/documents/cameroon/law-no-96-12-on-the-framework-law-relating-to-environmental-management/>.
- Campañá, Arturo. 2011. “Los agroquímicos: un tóxico para el campo ecuatoriano.” En *¿Agroindustria y soberanía alimentaria? hacia una ley de agroindustria y empleo agrícola*. Quito, Ecuador: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador.
- Canter, Larry. 1998. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas Para La Elaboración de Estudios de Impacto*. Primera español. Colombia.
https://www.academia.edu/1971017/Manual_de_evaluaci%C3%B3n_de_impacto_ambiental_t%C3%A9nicas_para_la_elaboraci%C3%B3n_de_estudios_de_impacto.
- Carmo, Lilian ST, y Mohamed S. Khalil. 2021. “Strobilurins: New Group of Fungicides”. *Journal of Plant Science and Phytopathology* 5 (2): 063–064.
doi:10.29328/journal.jpssp.1001062.
- Carod, E. 2002. “Insecticidas organofosforados: ‘De la guerra química al riesgo laboral y doméstico’”. *Medifam* 12 (5). Arán Ediciones, S. L.: 51–62.
- Carrillo, Rogelio, y María González. 2009. “La nanotecnología en la agricultura y rehabilitación de suelos contaminados”. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología* 2 (2). Universidad Nacional Autónoma de México: 50–63.
- Carson, Rachel. 1962. *Primavera Silenciosa*. 1era ed. New York: Mariner books.
https://www.academia.edu/28078616/Carson_Rachel_Primavera_Silenciosa.
- . 1994. *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin.
- Carvajal, Laura María. 2016. *Extractivismo en América Latina: Impacto en la vida de las mujeres y propuestas de defensa del territorio*. Bogota, Colombia: Fondo Acción Urgente - América Latina. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/lasnoticias/cambio-climatico/2773-extractivismo-en-america-latina-impacto-en-la-vida-de-las-mujeres-y-propuestas-de-defensa-del-territorio>.
- Casas, Alejandro, y Javier Caballero. 2025. “Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica - Revista Ciencias”. Accedido abril 15.
<https://www.revistacienciasunam.com/es/146-revistas/revista-ciencias-40/1196-domesticaci%C3%B3n-de-plantas-y-origen-de-la-agricultura-en-mesoam%C3%A9rica.html>.

- Casida, John E. 2018. "Neonicotinoids and Other Insect Nicotinic Receptor Competitive Modulators: Progress and Prospects". *Annual Review of Entomology* 63 (1): 125–44. doi:10.1146/annurev-ento-020117-043042.
- Castaneda, Jose. 1992. "The World Bank Adopts Environmental Impact Assessments". *Pace International Law Review* 4 (1): 241. doi:10.58948/2331-3536.1107.
- Castanheira, Angélica, Lucia Pinto, Maria Wohlers, y Armi da Nóbrega. 2022. "Exposição infantil aos agrotóxicos: avaliação de alimentos representativos da dieta de crianças do município do Rio de Janeiro". *Saúde em Debate* 46 (julio). Centro Brasileiro de Estudos de Saúde: 190–209. doi:10.1590/0103-11042022E213.
- Castello, José. 2016. "Conservadorismo". En *Ideologias políticas contemporâneas*, 1era ed., 1:171–96. Coimbra: EDIÇÕES ALMEDINA, S.A.
- Castillo, Cecilia, Cecilia Rivas, Rodrigo Fuentes, Omar Pérez Santiago, y Josep A Tur Mari. 2011. "Determinación de residuos de pesticidas en alimentos procesados en Chile". *Rev Esp Nutr Comunitaria* 17 (3): 146–50.
- Castrignano, Annamaria, Gabriele Buttafuoco, Raj Khosla, Dimitrios Moshou, Abdul Mouazen, y Olivier Naud. 2020. *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming*. London: Academic press.
- Castro, Dagoberto. 2017. "Nanotecnología en la agricultura". *Bionatura* 2 (3): 384–89. doi:10.21931/RB/2017.03.03.9.
- Castro H., Guillermo, ed. 2013. *Pobreza, ambiente y cambio climático*. Primera edición en español. Colección CLACSO-CROP. Ciudad de Buenos Aires, Argentina: CLACSO.
- Ceccon, Eliane. 2008. "La revolución verde: tragedia en dos actos". *Ciencias*, nº 091. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/12160>.
- Cedeño, Mg. Sebastiana Del Monserrate Ruiz. 2015. "De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos. Su impacto social". *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 4 (2). doi:10.15640/jaes.v4n2a16.
- Chamorro, Antonio. 2022. "Capítulo 16 Modernización Agraria en Ecuador". En , 186–95.
- Chaparro, Alejandro. 2011. "Cultivos transgénicos: entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos". *Acta Biológica Colombiana* 16 (3). Universidad Nacional de Colombia: 231–52.
- Chavas, Jean-Paul, y Céline Nauges. 2020. "Uncertainty, Learning, and Technology Adoption in Agriculture". *Applied Economic Perspectives and Policy* 42 (1): 42–53. doi:10.1002/aep.13003.
- Chequia Government. 2025. "Act amending Act on Environmental Impact Assessment. | FAOLEX". Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC174711/>.

- China Government. 2025. “Law of People’s Republic of China on Environmental Impact Appraisal”. Accedido enero 11.
https://english.mee.gov.cn/Resources/laws/environmental_laws/202012/t20201204_811509.shtml.
- Choudhury, Amitava, Arindam Biswas, T. P. Singh, y Santanu Kumar Ghosh, eds. 2021. *Smart Agriculture Automation Using Advanced Technologies: Data Analytics and Machine Learning, Cloud Architecture, Automation and IoT*. Transactions on Computer Systems and Networks. Singapore: Springer Singapore. doi:10.1007/978-981-16-6124-2.
- Cicek, Semra, y Hayrunnisa Nadaroglu. 2015. “The Use of Nanotechnology in the Agriculture”. *Advances in Nano Research* 3 (4). Techno-Press: 207–23.
 doi:10.12989/anr.2015.3.4.207.
- Citizens for Science in Pesticide Regulation. 2018. “Citizens for Science in Pesticide Regulation: New Coalition Calls for a Higher Level of Protection from Pesticides”. *PAN Europe*. octubre 31. <https://www.pan-europe.info/press-releases/2018/10/citizens-science-pesticide-regulation-new-coalition-calls-higher-level>.
- CLACSO. 2022. *Extractivismo agrario en América Latina*. Calgary, Canada, Buenos Aires: University of Calgary : Social Sciences and Humanities Research Council of Canada, Conseil de recherches en sciences humaines du Canada ; CLACSO.
- Clínica U. Navarra. 2025. “¿Qué es tiabendazol? | Diccionario médico Clínica U. Navarra”.
<https://www.cun.es>. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tiabendazol>.
- Codex Alimentarius. 1995. “CXS 193-1995 - Norma General Para los Contaminantes y las Toxinas Presentes en los Alimentos y - Studocu”.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/nutricion-y-alimentacion/cxs-193-1995-norma-general-para-los-contaminantes-y-las-toxinas-presentes-en-los-alimentos-y-piensos-2019/86904523>.
- . 2024. “Límites máximos de residuos (LMR) | CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO”. Accedido junio 13. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>.
- Colón, Marcos. 2020. “Inquietudes Ambientales, Humanas y Sociales: una Entrevista con Enrique Leff”. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC) revista de la Solcha* 10 (2): 336–49. doi:10.32991/2237-2717.2020v10i2.p336-349.
- Colussi, Marcelo. 2018. “Influencia Del Neoliberalismo En Las Nuevas Generaciones”. *Educere* 22 (72): 439–46.
- Comunicacion Baseis. 2019. “Sojeros continúan utilizando agrotóxicos altamente peligrosos”. [baseis.org.py](https://www.baseis.org.py). mayo 22. <https://www.baseis.org.py/sojeros-continuan-utilizando-agrotoxicos-altamente-peligrosos/>.

- Conesa, Vicente. 2010. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Cuarta. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- CONFENIAE. 2025. “Quiénes Somos – CONFENIAE”. <https://confeniae.net/quienes-somos/>.
- Congreso Nacional. 1992. “Ley N° 8 - Crea el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN). | FAOLEX”. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC140436/>.
- Consejo de Iglesias de Carolina del Norte. 2023. “Los trabajadores agrícolas y la salud”. *Farmworker Advocacy Network*. Accedido agosto 27. <https://ncfan.org/es/resources/los-trabajadores-agricolas-y-la-salud/>.
- Copeland_0, Claudia. 2008. “Air Quality Issues and Animal Agriculture”. En *Animal Agriculture Research Progress*. Nova Publishers.
- Corbella, Hug March. 2013. “Neoliberalismo y medio ambiente: una aproximación desde la geografía crítica”. *Documents d’anàlisi geogràfica* 59 (1). Departament de Geografia: 137–53.
- Cornish, Lisa. 2018. “What the ‘Big Six’ Agricultural Biotech Companies Think about the GMO Debate”. *Genetic Literacy Project*. mayo 16. <https://geneticliteracyproject.org/2018/05/16/what-big-six-agricultural-biotech-companies-think-about-gmo-debate/>.
- Corte Constitucional del Ecuador. 2023. “Inconstitucionalidad por la forma del Decreto 754”. *Corte Constitucional del Ecuador*. noviembre 17. <https://www.corteconstitucional.gob.ec/inconstitucionalidad-por-la-forma-del-decreto-754/>.
- Costa, Lucio G., Corrado L. Galli, y Sheldon D. Murphy, eds. 1987. *Toxicology of Pesticides: Experimental, Clinical and Regulatory Perspectives*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-70898-5.
- Cresswell, James. 2014. “On the Natural History of Neonicotinoids and Bees”. *Functional Ecology* 28 (6): 1311–12. doi:10.1111/1365-2435.12319.
- Cruz, Germán, Carine Julcour, y Ulises Jáuregui. 2017. “El Estado actual y perspectivas de la degradación de pesticidas por procesos avanzados de oxidación”. *Revista Cubana de Química* 29 (3). Ediciones UO, Universidad de Oriente: 492–516.
- Cuesta, Gabriel. 2017. “¿Qué es el fipronil y para qué se utiliza?” *El Correo*. agosto 12. <https://www.elcorreo.com/sociedad/peligroso-fipronil-20170812112237-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elcorreo.com%2Fsociedad%2Fpeligroso-fipronil-20170812112237-nt.html>.
- Damalas, Christos A., y Ilias G. Eleftherohorinos. 2011. “Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators”. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8 (5): 1402–19. doi:10.3390/ijerph8051402.

- Dana, Pusta, I. Pasca, Rodica Sobolu, R. Morar, Adel Ersek, y Camelia Răducu. 2008. “Genetic Modified Organisms and Their Influence on the Environment and Human Health”. | *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine* 65 (1): 8. doi:10.15835/buasvmcn-vm:65:1:444.
- Danchi, Henry, y Richard J. Chen. 2024. “Agent Orange Toxicity”. En *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK594243/>.
- Davies, TG, LM Field, PN Usherwood, y MS Williamson. 2007. “DDT, Pyrethrins, Pyrethroids and Insect Sodium Channels”. *IUBMB Life* 59 (3): 151–62. doi:10.1080/15216540701352042.
- Davies, William. 2019. “El nuevo neoliberalismo”. <https://biblioteca.hegoa.ehu.es/registros/20908>.
- Davis, Frederick. 2014. *Banned: A History of Pesticides and the Science of Toxicology*. New Haven: Yale University Press.
- Daza, Esteban. 2021. “Soberanía alimentaria ante la arremetida neoliberal: Propuestas campesinas para la agenda legislativa”. *Ocaru*. octubre 7. <https://ocaru.org.ec/soberania-alimentaria-ante-la-arremetida-neoliberal-propuestas-campesinas-para-la-agenda-legislativa/>.
- De la Maza, Carmen. 2007. “Evaluación de Impactos Ambientales”, 579–609.
- Deblonde, Tiphanie, Carole Cossu, y Philippe Harteman. 2011. “Emerging Pollutants in Wastewater: A Review of the Literature”. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 214 (6). Urban & Fischer: 442–48. doi:10.1016/j.ijheh.2011.08.002.
- Delgado, María, María Moreira, Diana Vidal, Yomaly Andrade, y Enrique Richard. 2020. “Educación ambiental para el manejo apropiado de agrotóxicos en comunidades rurales de Manabí.” *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, diciembre, 110–24. doi:10.46380/rias.v3i2.95.
- Denmark Government. 2025. “Act on environmental assessment of plans and programs (No. 4 of 2023). | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC163960/>.
- Departamento de Reglamentación de Pesticidas. 2017. “Una Breve Historia de la Reglamentacion de Pesticidas”, 8.
- DeRosa, Maria C., Carlos Monreal, Morris Schnitzer, Ryan Walsh, y Yasir Sultan. 2010. “Nanotechnology in Fertilizers”. *Nature Nanotechnology* 5 (2). Nature Publishing Group: 91–91. doi:10.1038/nnano.2010.2.
- Diaz, Julio. 2025. “Agricultura Maya: Conexión con la Naturaleza”. <https://www.sembrarsaber.com.ar/agricultura-maya/>.

- Dileep K. Singh. 2012. "Metabolism or Degradation of Pesticides: Phase I and Phase II Reactions". En *Toxicology: Agriculture And Environment: Pesticide Chemistry And Toxicology*, 1, March 13:62.
- D'Onofrio, Paula. 2014. "Impactos ambientales de la agricultura : Enfoques desde el sistema de información contable." Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas.
http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/econ/collection/tesis/document/1501-1242_DOnofrioPA.
- Duran, Sixto. 1994. "Decreto N° 1.802 - Políticas básicas ambientales." <https://www.ecolex.org/es/details/legislation/decreto-no-1802-politicas-basicas-ambientales-lex-faoc011582/>.
- Echezuría, César. 2023. "Cosmovisión kichwa, sistemas agroforestales y alternativas sustentables para la Amazonía. La experiencia del Grupo chakra en Archidona, Ecuador". *Entorno Geográfico*, n° 25 (enero): e21912613–e21912613.
doi:10.25100/eg.v0i25.12613.
- Ecosystems United. 2025. "Los orígenes y la historia de la agroindustria". marzo 8.
<https://ecosystemsunited.com/the-origins-and-history-of-agribusiness/>.
- Ecuador. 1976. "Decreto Supremo N° 374 - Ley de prevención y control de contaminación ambiental." <https://www.ecolex.org/details/legislation/decreto-supremo-no-374-ley-de-prevencion-y-control-de-contaminacion-ambiental-lex-faoc077094/>.
- Ecuador WEB. 2022. "El Neoliberalismo en el Ecuador - Causas, consecuencias y características del Modelo Neoliberal". enero 14. <https://ecuadorweb.net/el-neoliberalismo-en-el-ecuador-causas-consecuencias-y-caracteristicas-del-modelo-neoliberal/>.
- Eddleston_0, Michael. 2016. "Bipyridyl Herbicides". En *Critical Care Toxicology*, editado por Jeffrey Brent, Keith Burkhart, Paul Dargan, Benjamin Hatten, Bruno Megarbane, y Robert Palmer, 1–20. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-20790-2_100-1.
- Editorial Etecé. 2025. "¿Cuáles fueron las primeras civilizaciones agrícolas?" <https://concepto.de/>. Accedido abril 15. <https://concepto.de/primeras-civilizaciones-agricolas/>.
- EFSA. 2024. "Glifosato | EFSA". marzo 21.
<https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/glyphosate>.
- Egas, Juan, Olga Shik, Marisol Inurritegui, y Carmine Paolo De De Salvo. 2018. "Análisis de políticas agropecuarias en Ecuador". *IDB Publications*, diciembre. Inter-American Development Bank. doi:10.18235/0001526.

- Egea, Ana, y María del Campo. 2023. “Estilos de vida, sostenibilidad y salud planetaria”. *Revista Clínica de Medicina de Familia* 16 (2). Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria: 106–15. doi:10.55783/rcmf.160208.
- Egypt Government. 2025. “Law No. 4 of 1994 on Environment. | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC004984/>.
- Eljarrat, Ethel, ed. 2020. *Pyrethroid Insecticides*. The Handbook of Environmental Chemistry / Founding Editor: Otto Hutzinger, volume 92. Cham: Springer.
- Elliott, Michael, ed. 1977. *Synthetic Pyrethroids: A Symp. Spons. by the Div. of Pest. Chem. at the 172nd Meeting of the Amer. Chem. Soc. San Francisco, Calif, Auf. 30 - 31, 1976*. ACS Symposium Series 42. Washington, D.C: American Chemical Society.
- Engels, Bettina, y Kristina Dietz, eds. 2017. *Contested Extractivism, Society and the State: Struggles over Mining and Land*. Development, Justice and Citizenship. London: Palgrave Macmillan imprint is published by Springer Nature.
- England Government. 2025. “Town and Country Planning (Environmental Impact Assessment) (England and Wales) Regulations 1999. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC015802/>.
- EPA. 2017. “Interim Registration Review Decision for 22 Sulfonylurea Pesticides; Notice of Availability”. *Federal Register*. septiembre 20. <https://www.federalregister.gov/documents/2017/09/20/2017-19458/interim-registration-review-decision-for-22-sulfonylurea-pesticides-notice-of-availability>.
- Equipo de Redacción Chakana News. 2021. “MOVIMIENTO INDÍGENA ECUATORIANO Y SU HISTORIA”. *Chakana News*. septiembre 2. <https://www.chakananews.com/movimiento-indigena-ecuadoriano-y-su-historia/>.
- Eslava Castañeda, Juan Carlos. 2017. “Pensando la determinación social del proceso salud-enfermedad”. *Revista de Salud Pública* 19 (3): 396–403. doi:10.15446/rsap.v19n3.68467.
- Espinoza, Guillermo. 2006. *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago - Chile.
- Ethiopia Government. 2025. “Environmental Impact Assessment Proclamation (No. 299 of 2002). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC044281/>.
- European Union. 2024. “El Acta Única Europea | EUR-Lex”. Accedido diciembre 9. <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/the-single-european-act.html>.
- European Union. 1985. *Council Directive 85/337/EEC of 27 June 1985 on the Assessment of the Effects of Certain Public and Private Projects on the Environment*. OJ L. Vol. 175. <http://data.europa.eu/eli/dir/1985/337/oj/eng>.

- Falconí, Encalada, y Karla Monserrath. 2016. “Teorías y paradojas del postneoliberalismo en América Latina: redistribución estatal y acumulación por desposesión de los indígenas Kichwa en la Amazonía Ecuatoriana”. CLACSO. <https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/handle/CLACSO/11185>.
- FAO. 2007. “Declaración de Nyéléni | FAO”. <http://www.fao.org/agroecology/database/detail/es/c/1253619/>.
- . 2009. “ECUADOR - Nota de análisis sectorial Agricultura y Desarrollo Rural”. <https://www.fao.org/4/ak168s/ak168s00.htm>.
- . 2016a. “Canada Agricultural Products Act (R.S.C. 1985, c. 20) (4th Supp.) | FAOLEX”. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC023170/>.
- . 2016b. “El Estado Mundial de La Agricultura y La Alimentación 2016: Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria - World | ReliefWeb”. octubre 18. <https://reliefweb.int/report/world/el-estado-mundial-de-la-agricultura-y-la-alimentaci-n-2016-cambio-clim-tico-agricultura>.
- . 2017a. *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición. Actas del Simposio Internacional de la FAO. 18-19 de septiembre de 2014, Roma, Italia: La biodiversidad y los servicios ecosistémicos en los sistemas de producción agrícola*. Rome, Italy: FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/1df54cc1-7cc5-4e38-bd10-496b43048b2c>.
- . 2017b. *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- . 2024a. “Inicio | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura”. *FAOHome*. <https://www.fao.org/home/es>.
- . 2024b. “The Amazonian Chakra, a traditional agroforestry system managed by Indigenous communities in Napo province, Ecuador”. *Agroforestry*. <https://www.fao.org/agroforestry/activities/faos-work/article-detail/the-amazonian-chakra--a-traditional-agroforestry-system-managed-by-indigenous-communities-in-napo-province--ecuador/es>.
- FAO/WHO. 2008. “Directrices sobre opciones de manejo de envases vacíos de plaguicidas”. FAO/WHO ;, 50.
- Fedoroff, Nina. 2004. *Mendel in the Kitchen: Scientist's View of Genetically Modified Food*. DC: Joseph Henry Press.
- Felicita, Orlando. 2018. “Estudio de presencia de contaminantes (metales pesados y agrotóxicos) en agua, suelo y alimentos en los cantones Riobamba y Guano de la provincia de Chimborazo y su posible relación con el espectro autista”. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6711>.

- . 2022. “Los agrotóxicos y la importancia del análisis de residuos en muestras ambientales y humanas”. *Revista de Investigación Talentos* 9 (2): 1–19. doi:10.33789/talentos.9.2.166.
- Feng, Yanmei, Yaohua Huang, Hui Zhan, Pankaj Bhatt, y Shaohua Chen. 2020. “An Overview of Strobilurin Fungicide Degradation: Current Status and Future Perspective”. *Frontiers in Microbiology* 11 (marzo): 389. doi:10.3389/fmicb.2020.00389.
- Fernández, Víctor Ramiro, y Carolina Teresita Lauxmann. 2019. “¿Estado post-neoliberal y desarrollo en América Latina? Un análisis del caso argentino”. *Desenvolvimento em Questão* 17 (48): 9–33. doi:10.21527/2237-6453.2019.48.9-33.
- Fernández y Rodríguez, Obdulio, y Carlota Capdevila. 1944. “El pelitre español. ‘Pyrethrum cinerariaefolium’ Vis”. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 4 (1). Real Jardín Botánico: 31–55.
- Fernicola, Nilda de. 1985. “Toxicología de Los Insecticidas Organoclorados”. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*;98(1), Ene. 1985, 10.
- Ferreira, Fernando, Lia da Silva, Raquel Rigotto, Karen Friedrich, y André Campos, eds. 2016. *Dossier ABRASCO: Una alerta sobre los impactos de los agrotóxicos en la salud*. Rio de Janeiro : São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio ; Expressão Popular.
- Ferrer, Yiezenia. 2015. “Seguimiento en el tiempo de la evaluación de impacto ambiental en proyectos mineros”. *Luna Azul*, nº 42 (diciembre): 256–69. doi:10.17151/luaz.2016.42.16.
- FIAN Brasil. 2021. *Agrotóxicos en América Latina: Violaciones del Derecho a la Alimentación y la Nutrición Adecuadas*. Informe Regional 2020. <https://fianecuador.org.ec/informe-y-materiales-agrotoxicos-en-america-latina-violaciones-del-derecho-a-la-alimentacion-y-la-nutricion-adecuadas/>.
- Fiji Government. 2025. “Environment Management Act 2005 (No. 1 of 2005). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/lex-faoc088449/>.
- Filipinas Government. 2025. “Presidential Decree No. 1586 establishing an environmental impact statement system. | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC019235/>.
- FIOCRUZ. 2015. “Entrevista: Jaime Breilh”. *Trabalho, Educação e Saúde* 13 (2): 533–40. doi:10.1590/1981-7746-sip00071.
- Flint, Mary, y Robert Bosch. 1981a. “A History of Pest Control”. En *Introduction to Integrated Pest Management*, 246. Boston, MA: Springer US.
- . 1981b. *Introduction to Integrated Pest Management*. Boston, MA: Springer US.

- Flores, Enith. 2020. "El modelo extractivista y los peligros para la soberanía alimentaria en el caso ecuatoriano". *SaberEs* 12 (1). Facultad de Ciencias Económicas y Estadística. Universidad Nacional de Rosario: 01–19.
- Foladori, Guillermo. 2000. "El pensamiento ambientalista". *Tópicos en educación ambiental* 2 (5). Universidad de Guadalajara: 21–38.
- Foladori, Guillermo, y Noela Invernizzi. 2008. *Nanotecnologías en la alimentación y agricultura*. Universidad de la República.
- Foladori, Guillermo, y Naína Pierri, eds. 2005. *¿Sustentabilidad? desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. 1. ed. Conocer para decidir. México, D.F: Cámara de Diputados, LIX Legislatura, Estados Unidos Mexicanos : Universidad Autónoma de Zacatecas : M.A. Porrúa.
- Forero, Jorge. 2023. "Extractivismo: contexto histórico, fuentes analíticas y desafíos conceptuales". *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, n° 34 (septiembre). FLACSO ECUADOR: 180–200.
doi:10.17141/letrasverdes.34.2023.5940.
- Foster, Bellamy. 2000. *Marx's Ecology: Materialism and Nature*. New York (N.Y.).
- Fountas, Spyros, Borja Espejo-García, Aikaterini Kasimati, Marilena Gemtou, Hercules Panoutsopoulos, y Evangelos Anastasiou. 2024. "Agriculture 5.0: Cutting-Edge Technologies, Trends, and Challenges". *IT Professional* 26 (1): 40–47.
doi:10.1109/MITP.2024.3358972.
- Freitas, Lucinéia Miranda de, Renato Bonfatti, y Luiz Carlos Fadel de Vasconcellos. 2022. "Impactos da pulverização aérea de agrotóxicos em uma comunidade rural em contexto de conflito". *Saúde em Debate* 46 (julio). Centro Brasileiro de Estudos de Saúde: 224–35. doi:10.1590/0103-11042022E215.
- Friedrich, Karen, Aline Gurgel, Marcia Sarpa, Cheila Bedor, Marílla Siqueira, Idê Gurgel, y Lia Augusto. 2022. "Toxicología crítica aplicada a los agrotóxicos y en defensa de la vida". *Surcos*, septiembre 20.
- Gaibor, Juan. 2018. "Desarrollo de la agroindustria en la transformación de los sistemas productivos, modos de vida y la salud en la región agraria sur occidental del Ecuador. Caso: cantón Ventanas, provincia de Los Ríos". doctoralThesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6219>.
- Gallardo, Eugenia, y Mário Barroso, eds. 2022. *Pesticide Toxicology*. 1st ed. 2022. Methods in Pharmacology and Toxicology. New York, NY: Springer US. doi:10.1007/978-1-0716-1928-5.
- García, Dolores, y Héctor Serrano. 2011. "La Revolución Verde y sus consecuencias." *TecnoAgro*. <https://tecnoagro.com.mx/no.-72/la-revolucion-verde-y-sus-consecuencias>.

- García, Leidy. 2016. “Desastre de Flixborough”.
https://www.academia.edu/27773365/Desastre_de_Flixborough.
- García, Luís. 2004. “Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales”. *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Doctoral thesis, Universitat Politècnica de Catalunya. doi:10.5821/dissertation-2117-94140.
- García, Mario, Tamara Forbe, y Eric Gonzalez. 2010. “Potential Applications of Nanotechnology in the Agro-Food Sector”. *Food Science and Technology* 30 (septiembre). Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos: 573–81. doi:10.1590/S0101-20612010000300002.
- García, Milagros. 2017. “La construcción de los agrotóxicos como un riesgo en la escena pública internacional. Un análisis desde la psicología social discursiva.” *FERMENTUM*, n° 45. SABER ULA: 209–55.
- García, Montserrat. 2006. “Enfermedades profesionales de los agricultores: del carbunco al cáncer; pasando por el dolor de espalda”. *La Mutua (Madrid)*, n° 16. Fraternidad-Muprespa: 11–34.
- García_1, Carmiña, Claudia Heredia, Pamela Flores, y Cinthia Parra. 2016. “El uso de los agrotoxicos y su afectación al sistema inmune: un tema de interés actual”. *Revista CON-CIENCIA* 4 (2): 61–70.
- Garmendia, Alfonso, Adela Salvador, Cristina Crespo, y Luis Garmendia. 2005. *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Pearson Educación S.A.
https://www.academia.edu/39847378/Evaluacion_de_impacto_ambiental_garmendia.
- Gaybor, Antonio, Carlos Nieto, y Ramiro Velasteguí. 2006. *TLC y plaguicidas: impactos en los mercados y la agricultura ecuatoriana*. Quito, Ecuador: SIPAE.
- Germany Government. 2025. “UVPG - Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung”.
 Accedido enero 12. <https://www.gesetze-im-internet.de/uvpg/BJNR102050990.html>.
- Ghana Government. 2025. “Environmental Protection Agency Act, 1994. | FAOLEX”.
 Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC013234/>.
- Ghormade, Vandana, Mukund Deshpande, y Kishore Paknikar. 2011. “Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants”. *Biotechnology Advances* 29 (6): 792–803. doi:10.1016/j.biotechadv.2011.06.007.
- Glasson, John. 1998. *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Hoboken: Taylor & Francis Ltd.
- Glasson, John, Riki Therivel, y Andrew Chadwick. 2005. *Introduction to Environmental Impact Assessment*. 3rd ed. The Natural and Built Environment Series. London ; New York: Routledge.
- . 2012. *Introduction to Environmental Impact Assessment*. 4th ed. The Natural and Built Environment Series. Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York: Routledge.

- Gliessman, Stephen R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*.
Turriabla, C.R.: CATIE.
- Gliessman, Stephen S. 2002. “Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible.”
Red de Agroecología en Acción.
<http://agroecored.ecologistasenaccion.org/2017/08/agroecologia-procesos-ecologicos-en.html>.
- Gobierno de Argentina. 2025. “Ley 25.675 General del Ambiente | Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo”. Accedido enero 12.
<https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/marcos-regulatorios/ley-25675-general-del-ambiente>.
- Gobierno de Bolivia. 2025. “Ley N° 1333 - Ley del Medio Ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC006919/>.
- Gobierno de Brasil. 2025. “Ley sobre la Política Nacional de Medio Ambiente (Lei No. 6.938) | Observatorio del Principio 10”. Accedido enero 12.
<https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumento/ley-la-politica-nacional-medio-ambiente-lei-no-6938>.
- Gobierno de Chile. 2025. “Ley N° 19.300 - Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC004873/>.
- Gobierno de Colombia. 2025. “Decreto 1753 de 1994 - Gestor Normativo”. Accedido enero 12.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1299>.
- Gobierno de Costa Rica. 2025. “Ley N° 7554 - Ley Orgánica del Medio Ambiente. | FAOLEX”.
Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC007804/>.
- Gobierno de Cuba. 2025. “Ley N° 81 - Ley del Medio Ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC011846/>.
- Gobierno de El Salvador. 2025. “Decreto Legislativo N° 233 - Ley del Medio Ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC014872/>.
- Gobierno de Finlandia. 2025. “FINLEX ® - Säädökset alkuperäisinä: Laki ympäristövaikutusten... 468/1994”. Oikeusministeriö. Accedido enero 12.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940468>.
- Gobierno de Guatemala. 2025. “Decreto N° 68-86 - Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC004640/>.
- Gobierno de Honduras. 2025. “Decreto N° 104-93 - Ley General del Medio Ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC004880/>.

- Gobierno de México. 2025. “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC005750/>.
- Gobierno de Nicaragua. 2025. “Ley General del Ambiente y los Recursos Naturales (Ley No. 217) | Observatorio del Principio 10”. Accedido enero 12. <https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumento/ley-general-ambiente-recursos-naturales-ley-no-217>.
- Gobierno de Panamá. 2025. “Ley N° 41 - Texto Único de la Ley General de Ambiente. Texto refundido. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC014803/>.
- Gobierno de Paraguay. 2025. “Decreto N° 1.428/96 - Reglamenta la Ley N° 294/93, sobre Evaluación de Impacto Ambiental. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC023957/>.
- Gobierno de Perú. 2025. “Ley N° 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC026820/>.
- Gobierno de Suecia. 2025. “Swedish Environmental Code (1998:808).” Accedido enero 12. <https://www.ecolex.org/es/details/legislation/swedish-environmental-code-1998808-lex-faoc050970/>.
- Gobierno de Uruguay. 2025. “Ley N° 16.466 - Declara de interés general la protección del medio ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC014221/>.
- Gobierno de Venezuela. 2025. “Ley Orgánica del Ambiente. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC069651>.
- Godfray, Charles, John Beddington, Ian Crute, Lawrence Haddad, David Lawrence, James Muir, Jules Pretty, Sherman Robinson, Sandy Thomas, y Camilla Toulmin. 2010. “Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People”. *Science* 327 (5967). American Association for the Advancement of Science: 812–18. doi:10.1126/science.1185383.
- Gomes, Gerson, y Antonio Pérez. 1979. “El proceso de modernización de la agricultura latinoamericana”, agosto. <https://hdl.handle.net/11362/11645>.
- Gomez, Domingo. 1999. *Evaluación de Impacto Ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Mexico: Ediciones Mundi-Prensa.
- Gondard, Pierre, y Pierre Gasselín. 1999. “Panorama histórico de la agricultura en el Ecuador”. En *Paisajes Agrarios del Ecuador*, IRD, 21–30. Ecuador: PUCE.
- Gondard, Pierre, Juan León, y Paola Sylva. 1988. *Transformaciones agrarias en el Ecuador*. CEDIG.

- González, Luis. 1996. “Marxismo analítico: ¿una alternativa a la crisis teórica del marxismo?” *Realidad, revista de ciencias sociales y humanidades*, n° 49 (febrero): 135–52. doi:10.5377/realidad.v0i49.5104.
- González, Tomás. 2023. “Las prácticas agrícolas tradicionales de los Mayas de la Península de Yucatán | UNESCO”. <https://www.unesco.org/es/articulos/las-practicas-agricolas-tradicionales-de-los-mayas-de-la-peninsula-de-yucatan>.
- Goulson, Dave. 2013. “Review: An Overview of the Environmental Risks Posed by Neonicotinoid Insecticides”, agosto. University of Sussex. doi:10.1111/1365-2664.12111%5D.
- Government of India. 2025. “CPCB | Central Pollution Control Board”. Accedido enero 13. <https://cpcb.nic.in/env-protection-act/>.
- Government of Ivory Coast. 2025. “Framework Law No. 96-766 Establishing the Environmental Code”. Accedido enero 13. <https://ampeid.org/documents/c%C3%B4te-d'ivoire/framework-law-no-96-766-establishing-the-environmental-code/>.
- Government of Portuguese. 2025. “Decree-Law No. 151-B/2013 establishing the legal regime of environmental impact assessment. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC132059/>.
- GRAIN. 2012. “Extractivismo y agricultura industrial o como convertir suelos fértiles en territorios mineros”. *ecología Política*.
- Greece Government. 2025. “Law No. 4014 on the environmental licensing of works and activities, regulation of illegal constructions in connection with environmental stability and other provisions falling under the competence of the Ministry of Environment. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC108645/>.
- Group, Environmental Working. 2024. “Dirty Dozen™ Fruits and Vegetables with the Most Pesticides”. <https://www.ewg.org/foodnews/dirty-dozen.php>.
- Growing To Give. 2025. “Permacultura: Un camino hacia la agricultura sostenible”. *Growing To Give*. <https://growingtogive.org/blog-posts-pagina-y-ocho.html>.
- Gudaynas, Eduardo. 2012. “Desarrollo, derechos de la naturaleza y buen vivir después de Montecristi”. https://guao.org/biblioteca/desarrollo_derechos_de_la_naturaleza_y_buen_vivir_despues_de_montecristi.
- Gudynas, Eduardo. 2010. “Agropecuaria y nuevo extractivismo bajo los gobiernos progresistas de América del Sur”. *Revista Territorios. Instituto de Estudios Agrarios y Rurales – CONGCOOP, Guatemala*, n° 5: 37–54.
- . 2012. “Estado compensador y nuevos extractivismos: Las ambivalencias del progresismo sudamericano”. *Nueva sociedad*, n° 237. Nueva sociedad: 128–46.

- . 2013. “Extracciones, extractivismos, y extrahecciones un marco conceptual sobre la apropiación de recursos naturales”. *Observatorio del desarrollo*.
- Guerrero, Jairo Arturo. 2003. “Estudio de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas en áreas específicas de Colombia”, 13.
- Guilcamaigua, Doris. 2022. “Evaluación de las 4 ‘S’ para la transición agroecológica: determinación social en la propuesta de un sistema de evaluación crítico e intercultural y su aplicación en el valle agrícola de Cotopaxi”. doctoralThesis, Quito: Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/8988>.
- Gupta, Ramesh C., ed. 2011. *Reproductive and developmental toxicology*. 1st ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier/Academic Press.
- Gupta, Ramesh C., y James W. Crissman. 2013. “Agricultural Chemicals”. En *Haschek and Rousseaux’s Handbook of Toxicologic Pathology*, 1349–72. Elsevier.
doi:10.1016/B978-0-12-415759-0.00042-X.
- Gupta, Ramesh, y Robin Doss. 2022. “Phenylpyrazole (Fipronil) Toxicosis in Animals - Toxicology”. *MSD Veterinary Manual*. agosto.
<https://www.msdsvetmanual.com/toxicology/insecticide-and-acaricide-organic-toxicity/phenylpyrazole-fipronil-toxicosis-in-animals>.
- Gupta, Sheetanshu, Wajid Hasan, Shivom Singh, Dharendra Kumar, Mohammad Javed Ansari, y Shabistana Nisar. 2024. *Agriculture 4.0: Smart Farming with IoT and Artificial Intelligence*. 1ª ed. London: CRC Press. doi:10.1201/9781003570219.
- Guzmán, Paulina, Rubén Guevara, José Olguín, y Oscar Mancilla. 2016. “Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos”. *Idesia (Arica)* 34 (3). Universidad de Tarapacá. Facultad de Ciencias Agronómicas: 69–80.
doi:10.4067/S0718-34292016000300009.
- Guzmán, Ricardo. 2013. “Ética ambiental y desarrollo: participación democrática para una sociedad sostenible”. *Polis. Revista Latinoamericana*, n° 34 (abril). Centro de Investigación Sociedad y Políticas Públicas (CISPO).
<https://journals.openedition.org/polis/8951>.
- H. Congreso Nacional. 2004. “Ley de Desarrollo Agrario 2004-02”.
- Haeuber, Richard. 1992. “The World Bank and Environmental Assessment: The Role of Nongovernmental Organizations”. *Environmental Impact Assessment Review* 12 (4): 331–47. doi:10.1016/0195-9255(92)90025-S.
- Halford, Nigel G. 2003. *Genetically Modified Crops*. First published 2003. London: Imperial College Press.

- Haloui, Doha, Kenza Oufaska, Mustapha Oudani, y Khalid El Yassini. 2024. "Bridging Industry 5.0 and Agriculture 5.0: Historical Perspectives, Opportunities, and Future Perspectives". *Sustainability* 16 (9): 3507. doi:10.3390/su16093507.
- Harvey, David. 2005. *A brief history of neoliberalism*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Haschek, Wanda, Colin Rousseaux, Matthew . Wallig, y Brad Bolon, eds. 2023. *Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology*. Fourth Edition. Vol. 3. London: Academic Press.
- Hassan, S., Y. Jesse, y B. Gabdo. 2007. "Pesticides Utilization in Mubi Area and Associated Health Hazards: A Survey". *J. of Sustainable Development in Agriculture & Environment* 3: 89–95.
- Hay, James V. 1990. "Chemistry of Sulfonylurea Herbicides". *Pesticide Science* 29 (3): 247–61. doi:10.1002/ps.2780290303.
- Hayes, Velma E.A., Nigel G. Ternan, y Geoffrey McMullan. 2000. "Organophosphate metabolism by a moderately halophilic bacterial isolate". *FEMS Microbiology Letters* 186 (2): 171–75. doi:10.1111/j.1574-6968.2000.tb09099.x.
- Health Canada. 2020. "Glyphosate in Canada". Guidance. septiembre 10. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/reports-publications/pesticides-pest-management/fact-sheets-other-resources/glyphosate.html>.
- . 2021. "Neonicotinoids in Canada". Transparency - other. junio 29. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/reports-publications/pesticides-pest-management/fact-sheets-other-resources/neonicotinoids-in-canada.html>.
- Henao, Samuel, y Oscar Nieto. 1999. "Diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas: Herbicidas bipiridilos y clorofenoxiles". <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/353260-diagnostico-tratamiento-y-prevencion-de-intoxicaciones-agudas-causadas-por-plaguicidas-herbicidas-bipiridilos-y-clorofenoxiles>.
- Hens, L., y B. Nath. 2003. "The Johannesburg Conference". *Environment, Development and Sustainability* 5 (1): 7–39. doi:10.1023/A:1025303511864.
- Herbas, Estela, y Camila Linera. 2023. "Análisis multicriterio para la evaluación integrada de impactos sociales y ambientales en proyectos hidroeléctricos en Bolivia: bases conceptuales y metodológicas". *Acta Nova* 11 (2). Universidad Católica Boliviana: 209–26. doi:10.35319/acta-nova.20239.
- Hermosín, M. C. 2011. *Agricultura y plaguicidas*. Real Academia Sevillana de Ciencias. <https://digital.csic.es/handle/10261/74351>.

- Herrschel, Tassilo, y Timothy Forsyth. 2001. "Constructing a New Understanding of the Environment under Postsocialism". *Environment and Planning A: Economy and Space* 33 (4): 573–87. doi:10.1068/a3391.
- Hester, Ronald, y Roy Harrison, eds. 1996. *Agricultural Chemicals and the Environment*. Issues in Environmental Science and Technology 5. Cambridge, U.K: Royal Society of Chemistry, Information Services.
- Heynen, Nik, ed. 2007. *Neoliberal environments: false promises and unnatural consequences*. London ; New York: Routledge.
- Heywood, Andrew. 2017. *Political Ideologies: An Introduction*. 6th ed. London: Palgrave.
- Hites, Ronald. 2021. "The Rise and Fall of Chlorpyrifos in the United States". *Environmental Science & Technology* 55 (3): 1354–58. doi:10.1021/acs.est.0c06579.
- Hodgson, Ernest, ed. 2004. *A textbook of modern toxicology*. 3rd ed. Hoboken, N.J: John Wiley.
- Holmgren, David. 2011. *Permaculture: Principles & Pathways beyond Sustainability*. 1st UK ed. East Meon: Permanent Publications.
- Holzinger, Andreas, Iztok Fister, Iztok Fister, Hans-Peter Kaul, y Senthold Asseng. 2024. "Human-Centered AI in Smart Farming: Toward Agriculture 5.0". *IEEE Access* 12: 62199–214. doi:10.1109/ACCESS.2024.3395532.
- Homologa. 2025. "The Global Crop Protection Database | Homologa". <https://homologa.com/>.
- Hopkins, Matt. 2024. "AgbioInvestor: Total GM Crop Areas Increased in 2023". *AgriBusiness Global*. febrero 1. <https://www.agribusinessglobal.com/agrochemicals/seeds-traits/agbioinvestor-total-gm-crop-areas-increased-in-2023/>.
- Hughes, Sally Smith. 2011. *Genentech: the beginnings of biotech*. Synthesis. Chicago ; London: University of Chicago Press.
- Hungarian Government. 2025. "Act No. LXXXV of 2011 on environmental protection fee. | FAOLEX". Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC106203/>.
- Hursthouse, Andrew, y George Kowalczyk. 2009. "Transport and Dynamics of Toxic Pollutants in the Natural Environment and Their Effect on Human Health: Research Gaps and Challenge". *Environmental Geochemistry and Health* 31 (2): 165–87. doi:10.1007/s10653-008-9213-6.
- Huttel, Charles, Claude Zebrowski, y Pierre Gondard. 1999. *Paisajes agrarios del Ecuador*. Geografía básica del Ecuador 2. Lima Paris: Institut français d'études andines Institut de recherche pour le développement.
- IAAC. 2020. "Impact Assessment Agency of Canada". Navigation page - institutional profile. septiembre 17. <https://www.canada.ca/en/impact-assessment-agency.html>.
- IAIA. 2024. "IAIA The leading global network on impact assessment". <https://www.iaia.org/>.

- IARC. 2017. *Some Organophosphate Insecticides and Herbicides*. Vol. 112. LYON, FRANCE.
<https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Some-Organophosphate-Insecticides-And-Herbicides-2017>.
- Iavicoli, Ivo, Veruscka Leso, Donald H. Beezhold, y Anna A. Shvedova. 2017.
 “Nanotechnology in Agriculture: Opportunities, Toxicological Implications, and Occupational Risks”. *Toxicology and Applied Pharmacology* 329 (mayo): 96.
 doi:10.1016/j.taap.2017.05.025.
- Idrovo, Jorge. 2016. “Transformaciones rurales y agrarias en Ecuador”. Rimisp.
https://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1466656003179EcuadorESTUDIOTransformacionesRuralesyAgrariasenEcuadorJorgeIdrovo_editado.pdf.
- IISD. 2022. “EIA – ¿Qué es? ¿Por qué? ¿Cómo? – Plataforma en Línea para la EIA”.
International Institute for Sustainable Development (IISD).
<https://www.iisd.org/learning/eia/es/eia-essentials/what-why-when/>.
- Indonesia Government. 2025. “Law No. 32/2009 on Environmental Protection and Management. | FAOLEX”. Accedido enero 11.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC097643/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2019. “Información Agroambiental y Tecnificación Agropecuaria-2019”. *Instituto Nacional de Estadística y Censos*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-agroambiental-y-tecnificacion-agropecuaria-2019/>.
- . 2023. “Estadísticas Agropecuarias”. *Instituto Nacional de Estadística y Censos*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
- Ireland Government. 2025. “Planning and Development Act, 2000 (Act No. 30 of 2000). | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC035571>.
- Italy Government. 2025. “DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale. (GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96)”.
 Accedido enero 12. <https://www.gazzettaufficiale.it/dettaglio/codici/materiaAmbientale>.
- Japan Government. 2025. “Environmental Impact Assessment Law (Act No. 81 of 1997) . | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC047159/>.
- Johansen, Bruce E. 2003. *The Dirty Dozen: Toxic Chemicals and the Earth’s Future*. Westport, Conn.: Praeger.
- Joint FAO/WHO Meeting y on Pesticide Residues. 1993. *Pesticide Residues in Food - 1993: Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food*

- and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues, Geneva, 20-29 September 1993.* FAO.
- Jordan, Meguel, y José Casaretto. 2007. “Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas”. En *Libro de Fisiología Vegetal*, Primera edición, 28. Chile: Ediciones Universidad de La Serena. <http://www.biouls.cl/librofv/web/index03.php>.
- Juan Carlos I. 2025. “BOE-A-2013-12913 Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.” Accedido enero 12. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12913>.
- Kaloianova, Fina, y Mostafa A. El-Batawi. 2019. *Human Toxicology of Pesticides*. Place of publication not identified: CRC Press.
- Kamanna, Kantharaju. 2019. “Synthesis and Pharmacological Profile of Benzimidazoles”. En *Chemistry and Applications of Benzimidazole and Its Derivatives*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.85229.
- Kampouraki, Maria, Konstantina Mavridou, Maria Bakola, Konstantina Soutana Kitsou, y Dimitris Karanasios. 2023. “Can Sulfonylureas for Agricultural Use Cause Diabetes? A Report of Three Cases”. *Cureus* 15 (3): e35938. doi:10.7759/cureus.35938.
- Kauffer, Edith. 2018. “Pensar el extractivismo en relación con el agua en América Latina: hacia la definición de un fenómeno sociopolítico contemporáneo multiforme”. *Sociedad y Ambiente*, n° 16 (marzo): 33–57. doi:10.31840/sya.v0i16.1812.
- Kaymak, Güllü, ed. 2022. *The Science of Carbamates*. Chemistry Research and Applications. Nova Science Publishers. doi:10.52305/MADK9545.
- Kazakhstan Government. 2025. “Ecological code of the Republic of Kazakhstan”. Accedido enero 11. <https://cis-legislation.com/document.fwx?rgn=15027>.
- Kenya Government. 2025. “Environmental Management and Co-ordination Act, 1999 (Cap. 387). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC041653/>.
- Khode, Dipali, Ankita Hapat, Abhay Mudey, y Abhishek Joshi. 2024. “Health-Related Challenges and Programs Among Agriculture Workers: A Narrative Review”. *Cureus*, marzo. doi:10.7759/cureus.57222.
- Khot, Lav R., Sindhuja Sankaran, Joe Mari Maja, Reza Ehsani, y Edmund W. Schuster. 2012. “Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review”. *Crop Protection* 35 (mayo): 64–70. doi:10.1016/j.cropro.2012.01.007.
- Kiribati Government. 2025. “Environment Act 1999 (Act No. 9 of 1999). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC035369/>.
- Klein, Naomi. 2007. *The Shock Doctrine: The Rise of Disaster Capitalism*. Metropolitan Books. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=319874>.

- Klein_0, Naomi. 2007. *The Shock Doctrine: The Rise of Disaster Capitalism*. Metropolitan Books. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=319874>.
- Klerkx, Laurens, Emma Jakku, y Pierre Labarthe. 2019. “A Review of Social Science on Digital Agriculture, Smart Farming and Agriculture 4.0: New Contributions and a Future Research Agenda”. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91 (1): 1–16. doi:10.1016/j.njas.2019.100315.
- Klis, Sjaak F. L., Henk P. M. Vijverberg, y Joep van der Bercken. 1991. “Phenylpyrazoles, a new class of pesticides: An electrophysiological investigation into basic effects”. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 39 (3): 210–18. doi:10.1016/0048-3575(91)90116-4.
- Koehlin, Tim. 2012. “Los ricos se hacen más ricos: El neoliberalismo y la desigualdad galopante en Estados Unidos”. *Revista de Economía Crítica*, nº 14: 203–24.
- Köhler, Heinz, y Rita Triebkorn. 2013. “Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond?” *Science* 341 (6147): 759–65. doi:10.1126/science.1237591.
- Koppenberg, Maximilian, Stefan Hirsch, y Robert Finger. 2023. “Effects of the debate on glyphosate’s carcinogenic risk on pesticide producers’ share prices”. *Ecological Economics* 212 (octubre): 107925. doi:10.1016/j.ecolecon.2023.107925.
- Krieger, Robert, ed. 2001. *Handbook of Pesticide Toxicology*. San Diego: Academic Press.
- , ed. 2010. *Hayes’ handbook of pesticide toxicology*. Third edition. Amsterdam ; Boston: Elsevier/AP.
- Kuiken, Todd, y Jennifer Kuzma. 2021. “Edición génica aplicada a la agricultura: resumen del marco regulatorio regional en América Latina”. *IDB Publications*, julio. Inter-American Development Bank. doi:10.18235/0003410.
- Laos Government. 2025. “Environmental Protection Law 2013 (Revised Version No. 29/NA). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC151747/>.
- Larrea, Fernando. 2008. “Los campesinos diversificados en procesos de transición agroecológica hacia la Soberanía Alimentaria”. En *Formas de explotación y condiciones de reproducción de las economías campesinas en el Ecuador*, 1. ed. Semillas, estudios agrarios 2. Quito: Ediciones Tierra : Fundación Heifer Ecuador.
- Latorre, Sara, ed. 2015. *Extractivismo al debate aportes para los Gobiernos autónomos descentralizados*. Primera edición. Territorios en debate 3. Quito-Ecuador: Ediciones Abya-Yala.
- LeBaron, Homer, Janis McFarland, y Orvin Burnside, eds. 2008. *The triazine herbicides: 50 years revolutionizing agriculture*. 1st ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier.

- Lechón, Wilson, y Jenny Chicaiza. 2019. “De la agricultura familiar campesina a las microempresas de monocultivo. Reestructura socio-territorial en la Sierra norte del Ecuador.” *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, n° 15 (junio): 193–210. doi:10.17141/eutopia.15.2019.3875.
- Leff, Enrique. 1986. “Ecología y Capital. Hacia Una Perspectiva Ambiental Del Desarrollo”. *ECOLOGIA y CAPITAL. Hacia Una Perspectiva Ambiental Del Desarrollo*, enero. https://www.academia.edu/81503379/Leff_ECOLOGIA_y_CAPITAL_Hacia_una_perspectiva_ambiental_del_desarrollo.
- . 2003. “La ecología política en América Latina: un campo en construcción”. *Sociedade e Estado* 18 (1–2): 17–40. doi:10.1590/S0102-69922003000100003.
- . 2004a. *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*. Primera. Mexico: siglo xxi editores, s.a. de c.v. <https://ru.iis.sociales.unam.mx/handle/IIS/4937>.
- . 2004b. “Racionalidad ambiental y diálogo de saberes”. *Polis. Revista Latinoamericana*, n° 7 (abril). Centro de Investigación Sociedad y Políticas Públicas (CISPO). <https://journals.openedition.org/polis/6232>.
- . 2014. *La apuesta por la vida. Imaginación sociológica e imaginarios sociales en territorios ambientales del sur*. Primera. Mexico: VOZES EDITORA. <https://journals.openedition.org/polis/18227>.
- Legislative Services Branch. 2012. “Consolidated Federal Laws of Canada, Canadian Environmental Assessment Act”. julio 6. <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/c-15.2/>.
- Leguizamon, John, Andrés Vela, María Arias, y Luis Cifuentes. 2018. “Panorama general de los organismos genéticamente modificados en Colombia y en el mundo: Capacidad nacional de detección”. *Revista Colombiana de Biotecnología* 20 (2). Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia: 101–16. doi:10.15446/rev.colomb.biote.v20n2.77080.
- León, Xavier, y María Yumbla. 2010. *El agronegocio en Ecuador: el caso de la cadena del maíz y la empresa PRONACA*.
- Leopold, Luna, Frank Clarke, Bruce Hanshaw, y James Balsley. 1971. *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. Circular 645. Circular. Washington, D.C: U.S. Geological Survey.
- Lerro, Catherine, Jonathan N Hofmann, Gabriella Andreotti, Stella Koutros, Christine Parks, Aaron Blair, Paul Albert, Jay Lubin, Dale Sandler, y Laura Beane. 2020. “Dicamba use and cancer incidence in the agricultural health study: an updated analysis”. *International Journal of Epidemiology*, mayo. doi:10.1093/ije/dyaa066.
- Levine, Marvin J. 2007. *Pesticides: a toxic time bomb in our midst*. Westport, Conn: Praeger Publishers.

- Lewis, William, James Saunders, David. Crumpacker, y Charles M. Brendecke. 1984. *Eutrophication and Land Use: Lake Dillon, Colorado*. Vol. 46. Ecological Studies. New York, NY: Springer New York. doi:10.1007/978-1-4613-8277-5.
- Liang, George H., y Daniel Z. Skinner. 2004. *Genetically Modified Crops: Their Development, Uses, and Risks*. New York: Food Products Press.
- Lindwal, Courtney. 2022. “Effects of Neonicotinoids on Humans and Bees”. mayo 25. <https://www.nrdc.org/es/stories/neonicotinoides-101-efectos-humanos-abejas>.
- Lira, Ricardo, Bulmaro Méndez, Gladys Santos, y Ileana Vera. 2018. “Potencial de la nanotecnología en la agricultura”. *Acta universitaria* 28 (2). Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y Posgrado: 9–24. doi:10.15174/au.2018.1575.
- Liverman, Diana. 2004. “Who Governs, at What Scale and at What Price? Geography, Environmental Governance, and the Commodification of Nature”. *Annals of the Association of American Geographers* 94 (4): 734–38. doi:10.1111/j.1467-8306.2004.00428.x.
- London, Leslie, Sylvie De Grosbois, Catharina Wesseling, Sophia Kisting, Hanna Rother, y Donna Mergler. 2002. “Pesticide Usage and Health Consequences for Women in Developing Countries: Out of Sight Out of Mind?” *International journal of occupational and environmental health* 8 (enero): 46–59. doi:10.1179/oe.2002.8.1.46.
- Loor, Jorge. 2000. “Campesinos ecuatorianos frente a la revolución verde”. *Ecología Política*, n° 19. Icaria Editorial: 142–44.
- López, Óscar, y José Fernández. 2011. *Green Trends in Insect Control*. RSC Green Chemistry 11. Cambridge: Royal society of chemistry.
- Losch_0, Edaciano, Caroline Bedin, Giuliano Pereira, Marília De Mello, y Patrizia Bricarello. 2022. “Os agrotóxicos no contexto da Saúde Única”. *Saúde em Debate* 46 (spe2): 438–54. doi:10.1590/0103-11042022e229.
- Loukos, Panos, y Leslie Arathoon. 2021. “Panorama del ecosistema agrotecnológico para los pequeños agricultores de América Latina y el Caribe”. *IDB Publications*, febrero. Inter-American Development Bank. doi:10.18235/0003027.
- MAATE. 2021. “El Acuerdo Regional Escazú, una prioridad de gestión ambiental y derechos humanos para el país – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica”. <https://www.ambiente.gob.ec/el-acuerdo-regional-escazu-una-prioridad-de-gestion-ambiental-y-derechos-humanos-para-el-pais/>.
- Macor, Claudio Fernández. 2016. “Desarrollo capitalista y degradación ambiental: un enfoque marxista”. *Revista de Economía Crítica*, n° 22: 3–13.
- Madrid, Tito. 2018. “La política agraria en Ecuador 1965-2015.” *Revista Propuestas para el Desarrollo*, n° II: 37–48.

- . 2020. “La modalidad posneoliberal de intervención en el agro: el Estado para los agroexportadores y agroindustriales”. *Siembra* 7 (1). Universidad Central del Ecuador: 12–26. doi:10.29166/siembra.v7i1.1629.
- MAE. 2013. “Acuerdo Ministerial No. 021 Instructivo para la gestión integral de desechos plásticos de uso agrícola - Repositorio digital”.
<https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/acuerdo-ministerial-no-021-instructivo-para-la-gestion-integral-de-desechos-plasticos-de-uso-agricola/>.
- MAG. 2023. “El reciclaje de envases vacíos de agroquímicos se socializa en Pindal y Zapotillo – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca”.
<https://www.agricultura.gob.ec/el-reciclaje-de-envases-vacios-de-agroquimicos-se-socializa-en-pindal-y-zapotillo/>.
- MAGAP. 2016. *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2016.
- Magnusson, Maria. 2004. “Consumer Perception of Organic and Genetically Modified Foods : Health and Environmental Considerations”. Acta Universitatis Upsaliensis.
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-4218>.
- Maienfisch, Peter, y Thomas M. Stevenson, eds. 2015. *Discovery and synthesis of crop protection products*. ACS symposium series 1204. Washington, DC: American Chemical Society.
- Malaysia Government. 2025. “Environmental Quality Act 1974 (No. 127 of 1974). | FAOLEX”.
 Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC013278/>.
- Maldonado, Yohanna, Lida Maldonado, María Rivera, y Luz Caballero. 2016. “Estado del arte de los métodos para detección de pesticidas organoclorados en frutas.” *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria* 14 (2): 103–28. doi:10.24054/limentech.v14i2.819.
- Mali Government. 2025. “The National Policy for the Protection of the Environment - Climate Change Laws of the World”. Accedido enero 13. https://climate-laws.org/documents/the-national-policy-for-the-protection-of-the-environment_f280.
- Mansilla, H. C. F. 1997. “La situación actual del medio ambiente, el neoliberalismo y la ética de la responsabilidad”. *Revista de Estudios Políticos*, nº 95.
<https://recyt.fecyt.es/index.php/RevEsPol/article/view/45527>.
- Manzur, María, y María Cárcamo, eds. 2014. *América Latina: La transgénesis de un continente. Visión crítica de una expansión descontrolada*. Segunda. Uruguay: Boll.
<https://cl.boell.org/es/2014/08/13/america-latina-la-transgenesis-de-un-continente-vision-critica-de-una-expansion>.

- March, Guillermo. 2014. *Agricultura y plaguicidas : un análisis global*. Primera edición. Argentina: Rio Cuarto. <https://fundacionfada.org/informes/agricultura-y-plaguicidas-un-analisis-global/>.
- Mareddy, Anji. 2017. *Environmental Impact Assessment: Theory and Practice*. Kidlington, Oxford Cambridge, MA s.l: Elsevier Ltd.
- Marín, Higinio. 2009. “Los hábitos del corazón | Fundación Juan March”. <https://www.march.es/es/madrid/conferencia/habitos-corazon-13940>.
- Marín, Mateo, y Marie Berrouet. 2016. “Intoxicación por paraquat”. *CES Medicina* 30 (1). Universidad CES: 114–21.
- Marrs, Timothy C., y Bryan Ballantyne, eds. 2004. *Pesticide toxicology and international regulation*. Current toxicology series. Chichester, West Sussex, England ; Hoboken, N.J: J. Wiley.
- Marshall Islands Government. 2025. “National Environmental Protection Act 1984.” Accedido enero 11. <https://www.ecolex.org/details/legislation/national-environmental-protection-act-1984-lex-faoc049860/>.
- Martín, Fernando. 2009. “Estado y Mercado En La Historia de Ecuador. Desde Los Años 50 Hasta El Gobierno de Rafael Correa”. *Nueva Sociedad*, n° 221: 120–36.
- Martin, Santiago Andrés. 2021. “Producir común, ejercer salud: Una aproximación a la dinámica extractivista en clave de salud colectiva”. *Algarrobo-MEL* 10: 1–12.
- Martínez, Andrés. 2021. “La evolución de la regulación del agua en Ecuador hasta su declaratoria como derecho humano y fundamental.” *Revista de la Facultad de Derecho de México* 71 (280–1): 153. doi:10.22201/fder.24488933e.2021.280-1.78081.
- Martinez, Ayda, y Kleyla Huerta. 2018. “La revolución verde”. *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.* 4 (8): 1040–52. doi:10.5377/ribcc.v4i8.6717.
- Martínez, Joan. 2009. *El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. 3. ed. ampl. Antrazyt 207. Barcelona: Icaria.
- Martínez, Luciano, ed. 2000. *Antología de estudios rurales*. Serie Antología Ciencias sociales. Quito: Fac. Latinoamericana de Ciencias Sociales - FLACSO, Sede Ecuador.
- . 2019. “Clientelismo En Los Agronegocios de Ecuador: Empresarios y Trabajadores Rurales”. *European Review of Latin American and Caribbean Studies* 0 (107). doi:10.32992/erlacs.10415.
- Martos, Vanesa, Ali Ahmad, Pedro Cartujo, y Javier Ordoñez. 2021. “Ensuring Agricultural Sustainability through Remote Sensing in the Era of Agriculture 5.0”. *Applied Sciences* 11 (13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 5911. doi:10.3390/app11135911.
- Marx, Karl. 2009. *Elementos fundamentales para la crítica de la economía política: borrador 1857 - 1858*. Editado por José Aricó y Miguel Murmis. Traducido por Pedro Scaron.

- Biblioteca del pensamiento socialista Serie Los clásicos. México Madrid, España: Siglo Veintiuno Ed.
- Matabanchoy, Johana, y Fátima Díaz. 2021. “Riesgos laborales en trabajadores latinoamericanos del sector agrícola: Una revisión sistemática”. *Universidad y Salud* 23 (3). Universidad de Nariño: 337–50. doi:10.22267/rus.212303.248.
- Mateo, Tomás. 2023. “Agricultura 4.0: Una revisión de tecnologías disruptivas y su impacto en la producción agrícola sos by Horticultura & Poscosecha - Issuu”. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/agricultura_4.0.
- Matsuo, Noritada. 2019. “Discovery and development of pyrethroid insecticides”. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences* 95 (7): 378–400. doi:10.2183/pjab.95.027.
- Matsuo, Noritada, y P. J. Campbell, eds. 2012. *Pyrethroids: from chrysanthemum to modern industrial insecticide*. Topics in current chemistry 314. Heidelberg ; New York: Springer.
- Matthews, Graham. 2018. *A History of Pesticides*. Wallingford Boston, MA: CABI.
- Maza, Carmen de la. 2007. “Evaluación de Impactos Ambientales”. En *Biodiversidad: Manejo Y Conservación De Recursos Forestales*, 1. ed, 803. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120397>.
- Mazoyer, Marcel, y Laurence Roudart. 2006. *A History of World Agriculture: From the Neolithic Age to the Current Crisis*. Traducido por James H. Membrez. New York, NY: Monthly Review Press.
- McCauley, Linda A., W. Kent Anger, Matthew Keifer, Rick Langley, Mark G. Robson, y Diane Rohlman. 2006. “Studying Health Outcomes in Farmworker Populations Exposed to Pesticides”. *Environmental Health Perspectives* 114 (6): 953. doi:10.1289/ehp.8526.
- McDonagh, Brian J., y John Martin. 1970. “Paraquat Poisoning in Children”. *Archives of Disease in Childhood* 45 (241). BMJ Publishing Group Ltd: 425–27. doi:10.1136/adc.45.241.425.
- McGrath, John W., Jason P. Chin, y John P. Quinn. 2013. “Organophosphonates Revealed: New Insights into the Microbial Metabolism of Ancient Molecules”. *Nature Reviews Microbiology* 11 (6). Nature Publishing Group: 412–19. doi:10.1038/nrmicro3011.
- McManus, Patricia. 1999. “Uso de antibióticos en el control de enfermedades de las plantas”. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología* 19 (4): 192–96.
- McMichael, Philip. 2017. *Development and Social Change: A Global Perspective*. Sixth edition. Los Angeles: SAGE.
- Medo, Juraj, Nikola Hricáková, Jana Maková, Janka Medová, Radoslav Omelka, y Soňa Javoreková. 2020. “Effects of Sulfonylurea Herbicides Chlorsulfuron and Sulfosulfuron on Enzymatic Activities and Microbial Communities in Two Agricultural Soils”.

- Environmental Science and Pollution Research International* 27 (33): 41265–78.
doi:10.1007/s11356-020-10063-0.
- Meftaul, Islam Md., Kadiyala Venkateswarlu, Rajarathnam Dharmarajan, Prasath Annamalai, Md Asaduzzaman, Aney Parven, y Mallavarapu Megharaj. 2020. “Controversies over Human Health and Ecological Impacts of Glyphosate: Is It to Be Banned in Modern Agriculture?” *Environmental Pollution* 263 (agosto): 114372.
doi:10.1016/j.envpol.2020.114372.
- Melgarejo, Leonardo, Valeria Amaral, Lucas Alegretti, Nayara Côrtes, y Juan Morales. 2020. *Agrotóxicos en América Latina: Violaciones del derecho a la alimentación y la nutrición adecuadas*. Brasília, DF: FIAN Brasil.
- Mellón, Joan Antón. 2002. *Las ideas políticas en el siglo XXI*. Ariel España.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=2407>.
- Mesías-Ruiz, Gustavo A., María Pérez-Ortiz, José Dorado, Ana I. De Castro, y José M. Peña. 2023. “Boosting precision crop protection towards agriculture 5.0 via machine learning and emerging technologies: A contextual review”. *Frontiers in Plant Science* 14 (marzo): 1143326. doi:10.3389/fpls.2023.1143326.
- Mesnager, Robin, y Michael N. Antoniou. 2017. “Facts and Fallacies in the Debate on Glyphosate Toxicity”. *Frontiers in Public Health* 5 (noviembre): 316.
doi:10.3389/fpubh.2017.00316.
- Meybeck, Alexandre, Cristel Cederberg, Jenny Gustavsson, Robert van Otterdijk, y Ulf Sonesson. 2011. *Global Food Losses and Food Waste*. FAO ;
<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i2697e>.
- Michaelis, Peter. 1992. “Environmental Policy in OECD Countries: Lessons for ASEAN”. *ASEAN Economic Bulletin* 9 (2). Institute of Southeast Asian Studies (ISEAS): 169–86.
- Micronesia Government. 2025. “Subtitle 1 of Title 25 of the Code of Federated States of Micronesia - Trust Territory Environmental Quality Protection Act. | FAOLEX”.
Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC078921/>.
- Miranda, Leticia, Roald Gómez, Gerardo Rojas, Ibis Cruz, Lisbeth Berrueta, Siham Salmen, Melisa Colmenares, et al. 2013. “Occupational Exposure to Organophosphate and Carbamate Pesticides Affects Sperm Chromatin Integrity and Reproductive Hormone Levels among Venezuelan Farm Workers”. *Journal of occupational health* 55 (febrero).
doi:10.1539/joh.12-0144-FS.
- Miro, Manuel, y Antoni Tulla. 1989. “Métodos de evaluación de impactos medioambientales”. *Norba: Revista de geografía*, nº 8. Servicio de Publicaciones: 389–420.
- Mishra, Nitesh, Nabin Bhandari, Tek Maraseni, Niranjana Devkota, Ghanashyam Khanal, Biswash Bhusal, Devid Kumar Basyal, Udaya Raj Paudel, y Ranjana Kumari Danuwar. 2024. “Technology in Farming: Unleashing Farmers’ Behavioral Intention for the

- Adoption of Agriculture 5.0". Editado por Md. Monirul Islam. *PLOS ONE* 19 (8): e0308883. doi:10.1371/journal.pone.0308883.
- Mitchell, Donald. 2008. "A Note on Rising Food Prices". *Policy Research Working Paper Series*, Policy Research Working Paper Series, , julio. The World Bank. <https://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/4682.html>.
- Mollocana, Evelyn, y Fernando Gonzales. 2020. "Control of pesticides in Ecuador: An underrated problem?" *Bionatura* 5 (3): 1257–63. doi:10.21931/RB/2020.05.03.17.
- Mollocana_0, Evelyn, y Fernando Gonzales. 2020. "Control of pesticides in Ecuador: An underrated problem?" *Bionatura* 5 (3): 1257–63. doi:10.21931/RB/2020.05.03.17.
- Mongolia Government. 2025. "Law on Environmental Impact Assessments (Revised). | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC167129/>.
- Morales Borrero, María Carolina. 2017. *Salud colectiva y salud pública: ¿Se está hablando de lo mismo?* Primera edición. Cuadernos del doctorado 18. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Moreano, Gabriel, Julio Cajamarca, y Alex Tenicota. 2019. "Agricultura de Precisión: Preprocesamiento y Segmentación de Imágenes para Obtención de una Ruta de Navegación Autónoma Terrestre". *Revista Politécnica* 44 (2). Escuela Politécnica Nacional: 43–50. doi:10.33333/rp.vol44n2.05.
- Moreano, Melissa, ed. 2017. "Socio Bosque y el capitalismo verde". En *Ecología política en la mitad del mundo: luchas ecologistas y reflexiones sobre la naturaleza en el Ecuador*, 1era edición, 399–418. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana : Abya-Yala.
- Moreira, Paulo, y Josimar Ribeiro, eds. 2008. *Análisis y evaluaciones de impactos ambientales*. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/914>.
- Moro, Miguel. 2011. *Agricultura campesina y capitalismo | katakrak*. https://katakrak.net/cas/lib/agricultura-campesina-y-capitalismo?utm_source=pagina_categorias&utm_medium=web&utm_content=titulo&utm_campaign=libros.
- Morocco Government. 2025. "Dahir n° 1-03-60 portant promulgation de la loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement. | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC042768/>.
- Morris, Peter, y Riki Therivel, eds. 2009. *Methods of Environmental Impact Assessment*. 3. ed. The Natural and Built Environment Series. London: Routledge.
- Morton, V., y T. Staub. 2008. "A Short History of Fungicides." *APSnet Feature Articles*. doi:10.1094/APSnetFeature-2008-0308.

- Mossa, Abdel-Tawab H., Eman S. Swelam, y Samia M. M. Mohafrash. 2015. “Sub-chronic exposure to fipronil induced oxidative stress, biochemical and histopathological changes in the liver and kidney of male albino rats”. *Toxicology Reports* 2 (enero): 775–84. doi:10.1016/j.toxrep.2015.02.009.
- Mostafalou, Sara, y Mohammad Abdollahi. 2017. “Pesticides: An Update of Human Exposure and Toxicity”. *Archives of Toxicology* 91 (2): 549–99. doi:10.1007/s00204-016-1849-x.
- Mousavi, Sayed Roholla, y Maryam Rezaei. 2011. “Nanotechnology in Agriculture and Food Production”. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 1 (enero): 414–19.
- Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. 2004. “La colonización y el papel de la agricultura en pocas palabras”. <https://www.wrm.org.uy/es/articulos-del-boletin/la-colonizacion-y-el-papel-de-la-agricultura-en-pocas-palabras>.
- Mozambique Government. 2025. “Law No. 20/97 approving the Environment Act. | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC015370/>.
- Muir, Cameron. 2014. *The broken promise of agricultural progress: an environmental history*. Routledge environmental humanities. London ; New York: Routledge, Taylor & Francis Group/Earthscan from Routledge.
- Muzlera, José, y Alejandra Salomón, eds. 2021. *Diccionario del agro iberoamericano*. Segunda edición ampliada. CABA: publisher not identified.
- Naikwade, Rohan, Vishwesh Joshi, N. Pagar, Saurabh Hirwe, y B. Patle. 2021. “Agriculture 5.0: Future of Smart Farming”. En , 6. Maharashtra. <https://www.semanticscholar.org/paper/Agriculture-5.0%3A-Future-of-Smart-Farming-Naikwade-B.K.Patle/e7df3e017639a28ac86a2f05e781f7b030b4eb10>.
- Namibia Government. 2025. “Environmental Management Act, 2007 (No. 7 of 2007). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC082643/>.
- Nandula, Vijay K., ed. 2010. *Glyphosate resistance in crops and weeds: history, development, and management*. Hoboken, N.J: Wiley.
- Naranjo, Alexander. 2017. *La otra guerra. Situación de los plaguicidas en Ecuador*. Quito: Tegantai. <https://www.accionecologica.org/la-otra-guerra-situacion-de-los-plaguicidas-en-ecuador/>.
- . 2020a. “El gatopardismo en el campo: Soberanía alimentaria y la omnipresencia de los plaguicidas altamente peligrosos”. En *Cambio climático, biodiversidad y sistemas agroalimentarios: avances y retos a 10 años de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en Ecuador*, 233–44. Quito Ecuador: Editorial Abya-Yala. doi:10.7476/9789978105689.

- . 2020b. “Soberanía alimentaria, sustentabilidad y cambio climático El gatopardismo en el campo: Soberanía alimentaria y la omnipresencia de los plaguicidas altamente peligrosos.” En *Cambio climático, biodiversidad y sistemas agroalimentarios: avances y retos a 10 años de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en Ecuador*, 233–44. Quito: Editorial Abya-Yala. doi:10.7476/9789978105689.
- Naranjo, Alexander, y Elizabeth Bravo. 2021. “De república bananera a república agrotóxica”. *Biodiversidad en América Latina*. mayo 12.
<https://www.biodiversidadla.org/Documentos/De-republica-bananera-a-republica-agrotoxica>.
- Naranjo, Alexander, y Mario Macías. 2022. *Las Cadenas de los Agrotoxicos: Salud y Soberanía alimentaria en los territorios maiceros y arroceros del Ecuador*. Primera edición. Derechos Campesinos 1. Quito Ecuador. <https://fianecuador.org.ec/las-cadenas-de-los-agrotoxicos-salud-y-soberania-alimentaria-en-los-territorios-maiceros-y-arroceros-del-ecuador/>.
- Narváez, Iván. 2004. *Derecho ambiental y temas de sociología ambiental: conflictos socio-ambientales en el sector extractivo: enfoque político*. 1. ed. Quito, Ecuador: Librería Jurídica Cevallos.
- Nel, Andre, Tian Xia, Lutz Mädler, y Ning Li. 2006. “Toxic Potential of Materials at the Nanolevel”. *Science (New York, N.Y.)* 311 (5761): 622–27.
doi:10.1126/science.1114397.
- Neme, Kumera, Ayman Nafady, Siraj Uddin, y Yetenayet B. Tola. 2021. “Application of Nanotechnology in Agriculture, Postharvest Loss Reduction and Food Processing: Food Security Implication and Challenges”. *Heliyon* 7 (12): e08539.
doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08539.
- NEPA. 2022. “NEPA | National Environmental Policy Act”. <https://ceq.doe.gov/>.
- Nepal Government. 2025. “Environment Protection Act, 2019 (2076). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC202860/>.
- Netherlands Commission for Environmental Assessment. 2022. “Home - Eia.nl”.
<https://www.eia.nl/en>.
- Netherlands Kingdom. 2025. “results | FAOLEX Database | Food and Agriculture Organization of the United Nations”. Accedido enero 12.
<https://www.fao.org/faolex/results/en/?query=paises%20bajos#querystring=c2VhcmNoPVdldCBtaWxpZXViZWhlZXImeWVhckZyb209JnllyXJUbz0mZW5kc3RyaW5nPT E=>.
- New Zealand The Parliamentary Counsel Office. 2025. “Resource Management Act 1991 No 69 (as at 25 October 2024), Public Act Contents – New Zealand Legislation”. Accedido

- enero 11.
<https://www.legislation.govt.nz/act/public/1991/0069/latest/DLM230265.html>.
- Niell, Silvina, Verónica Cesio, Julia Hepperle, Daniela Roux, Larissa Kirsch, Diana Kolberg, Michelangelo Anastassiades, y Horacio Heinzen. 2013. “Análisis multiresiduo de 45 pesticidas en productos de la colmena: aplicación de un método sencillo de extracción”. En . <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26394>.
- Nigeria Government. 2025. “Environmental Impact Assessment Act 1992. | FAOLEX”.
 Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC018378/>.
- Noormans, Aidanko. 2010. “Impacto de la Nanotecnología en la Producción de Alimentos”.
Lámpsakos (revista descontinuada), nº 4 (julio): 28–35. doi:10.21501/21454086.801.
- Norway Government. 2025. “Regulation No. 931 on Pollution Control (Pollution Control Regulation).” Accedido enero 12.
<https://www.ecolex.org/es/details/legislation/regulation-no-931-on-pollution-control-pollution-control-regulation-lex-faoc117840/>.
- Oberemok, Volodymyr, Kateryna Laikova, Yuri Gninenko, Aleksei Zaitsev, Palmah Nyadar, y Tajudeen Adeyemi. 2015. “A short history of insecticides”. *Journal of Plant Protection Research* 55 (3): 221–26. doi:10.1515/jppr-2015-0033.
- Ocampo, Virginia, Andrea Rojas, y Ana Villagómez. 2022. “Breve historia de la agricultura”.
 En *Manejo del estrés vegetal como una estrategia para una agricultura sostenible, 2022, ISBN 978-84-1351-153-5, págs. 13-52*, 13–52. Editorial Universidad de Almería (edual). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8798629>.
- O’Connor, James R. 1998. *Natural Causes: Essays in Ecological Marxism*. Guilford Press.
- OECD. 2008. *The Polluter Pays Principle: Definition, Analysis, Implementation*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/the-polluter-pays-principle_9789264044845-en.
- OIT. 2000. “Un asunto clave: la salud y la seguridad en la agricultura”. Libro. enero 2.
http://www.ilo.org/actrav/pubs/WCMS_117508/lang--es/index.htm.
- Oliveira, Andressa de. 2013. “La evaluación de impacto ambiental en Brasil ante el reto de alcanzar un desarrollo sostenible.” Toledo: UNIVERSIDAD DE CASTILLA–LA MANCHA. <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/3832>.
- Olmo, Guillermo. 2024. “Yasuní: por qué Ecuador sigue explotando petróleo en el parque nacional un año después del histórico referendo en el que se votó a favor de prohibirlo”. *BBC News Mundo*. septiembre 26.
<https://www.bbc.com/mundo/articles/cvgw4y122z4o>.
- Ongley, E. D. 1997a. *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Estudio FAO 55. Roma: FAO.

- . 1997b. *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Estudio FAO 55. Roma: FAO.
- Onyon, Lesley J., y Glyn N. Volans. 1987. “The Epidemiology and Prevention of Paraquat Poisoning”. *Human Toxicology* 6 (1). SAGE Publications: 19–29.
doi:10.1177/096032718700600104.
- Ornelas, Jaime. 2016. “Sociedades Posneoliberales En América Latina y Persistencia Del Extractivismo”. *Economía Informa* 396 (enero). No longer published by Elsevier: 84–95. doi:10.1016/j.ecin.2016.01.005.
- Orozco, Rafael. 2022. “Agricultura bajo contrato en Ecuador, 1995-2016.: Una aproximación desde la Economía Política Agraria”. [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad Complutense de Madrid. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=318005>.
- Ortega, Guillermo. 2009. “Agroecología vs. Agricultura Convencional”. Base Investigaciones Sociales. <http://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2014/03/1395155082.pdf>.
- Ortega_2, Guillermo. 2009. “Agroecología vs. Agricultura Convencional | FAO”.
<https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/335401/>.
- Osorio, Álvaro. 2017. “Evaluación de impacto ambiental y ordenación del territorio”. En *Medio ambiente y ordenación del territorio*, 38. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2017. <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/2356>.
- O’Sullivan, Noel, ed. 2013. “Conservatism”. En *The Oxford Handbook of Political Ideologies*, First edition, 385–408. Oxford Handbooks in Politics & International Relations. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- Owens, Patrick. 1951. “Los insecticidas: Historia y desarrollo”. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*; 31(1), jul. 1951, 28–38.
- Padilla, Ana, Emilio Moyano, José Padilla Villacís, Ana del Rosario Padilla Oquendo, Emilio Moyano Díaz, y José Padilla. 2017. “El camino del Sumak Kawsay hacia la Constitución del Ecuador del 2008: el rol del movimiento indígena”. *Estado & comunes, revista de políticas y problemas públicos* 2 (5). Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN): 95–118. doi:10.37228/estado_comunes.v2.n5.2017.54.
- Pakistan Government. 2025. “Pakistan Environmental Protection Act, 1997 (Act No. XXXIV of 1997). | FAOLEX”. Accedido enero 11.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC115821/>.
- Palacios, Tania. 2024. “Evolución del Impacto Ambiental timeline.” *Timetoast Timelines*.
<https://www.timetoast.com/timelines/evolucion-del-impacto-ambiental>.
- Palau Government. 2025. “Environmental Quality Protection Act (Chapter 1 of Title 24 of Palau National Code). | FAOLEX”. Accedido enero 11.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC006997/>.

- Parliament of Australia. 2015. "ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT". Text. Australia.
https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Environment_and_Communications/Completed_inquiries/1999-02/enviropowers/report/c05.
- Panpatte, Deepak G, y Yogeshvari K Jhala, eds. 2019. *Nanotechnology for Agriculture: Advances for Sustainable Agriculture*. Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-32-9370-0.
- Paporisch, Amit, Yael Laor, Baruch Rubin, y Hanan Eizenberg. 2020. "Effect of Repeated Application of Sulfonylurea Herbicides on Sulfosulfuron Dissipation Rate in Soil". *Agronomy* 10 (11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 1724. doi:10.3390/agronomy10111724.
- Papua New Guinea Government. 2025. "Environment Act 2000 (No. 64 of 2000). | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC070607/>.
- Pareja, Francisco. 1992. "La evolución socio-económica del Ecuador: modernización sin desarrollo", diciembre. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/28238>.
- Park, Bosoon, y Michael Appell. 2013. *Advances in Applied Nanotechnology for Agriculture*. ACS Symposium Series 1143. Washington: American chemical society.
- Parque Bambú. 2025. "Parque Bambú | Granja Orgánica Especializada en Permacultura Ecuador". *Parque Bambú | A Permaculture Farmstay in Ecuador | Bospas*. <https://bospas.org/es/parque-bambu-granja-organica-especializada-en-permacultura-en-ecuador/>.
- Pástor, Carlos, ed. 2019. *Atlas: los grupos económicos agroalimentarios del Ecuador: ¿Quién decide lo que producimos, exportamos y consumimos?* Quito: Ediciones La Tierra.
- Pathak_0, Vinay, Vijay Nandula, Balwant Rawat, Baljinder Kaur, Neelesh Babu, Akansha Sharma, Seeta Dewali, et al. 2022. "Current Status of Pesticide Effects on Environment, Human Health and It's Eco-Friendly Management as Bioremediation: A Comprehensive Review". *Frontiers in Microbiology* 13 (agosto): 29. doi:10.3389/fmicb.2022.962619.
- Paz y Miño, Juan. 2021. "El neoliberalismo en Ecuador – Rebelion". *Rebelión*. marzo 31. <https://rebelion.org/el-neoliberalismo-en-ecuador-iii/>.
- Pereyra, Horacio, Lisandro Ferrazini, Damián Verzeñassi, y Gabriel Keppl. 2023. "Extractivismos y sus implicancias en la salud, ambiente y territorios en Latinoamérica y el Caribe", marzo. FLACSO República Dominicana. <https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/handle/CLACSO/248242>.
- Pérez, Antonia, Hermilio Navarro, y Edith Miranda. 2013. "Residuos de plaguicidas en hortalizas: problemática y riesgo en México". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29: 45–64.

- Pérez, Arturo, y Cesáreo Landeros. 2009. "Agricultura y deterioro ambiental". *Elementos ISSN 0187-9073* 16 (enero): 19–25.
- Pérez, Hermes, Fernando López, Antonio Juárez, Alonso Méndez, César Sarabia, Selvia García, Andrés Torres, Jessica Valle, y Andrea Pérez. 2024. "Implicaciones de los nanomateriales utilizados en la agricultura: una revisión de literatura de los beneficios y riesgos para la sustentabilidad". *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología* 17 (32). Universidad Nacional Autónoma de México. doi:10.22201/ceiich.24485691e.2024.32.69720.
- Pérez, Luz, y Mónica Izurieta. 2023. "Espacios sociales de producción agroecológica generados por mujeres indígenas de México y Ecuador: Reivindicando modos de vida enraizados". *Tlalli. Revista de Investigación en Geografía*, n° 8: 140–64. doi:10.22201/fyl.26832275e.2022.8.1832.
- Perry, Albert., Izuru Yamamoto, Isaac Ishaaya, y Rika Y. Perry. 2014. *Insecticides in Agriculture and Environment Retrospects and Prospects*. Softcover reprint of the original 1st ed. 1998. Berlin: Springer Berlin.
- Phatty, Abbie. 2020. *Digital Agriculture Maps 2020 state of the sector in low and middle-income countries*. Reporte. London: GSMA. <https://www.findevgateway.org/paper/2020/09/digital-agriculture-maps>.
- Pignati, Wanderlei, Marcia Montaniri, Luis Da Costa, Marta Pignati, y Jorge Huet. 2021. *Desastres sócio-sanitário-ambientais do agronegócio e resistências agroecológicas no Brasil*. 1a. edição. São Paulo, SP: Outras Expressões.
- Pimentel, David, H. Acquay, M. Biltonen, P. Rice, M. Silva, J. Nelson, V. Lipner, S. Giordano, A. Horowitz, y M. D'Amore. 1992. "Environmental and Economic Costs of Pesticide Use". *BioScience* 42 (10). [American Institute of Biological Sciences, Oxford University Press]: 750–60. doi:10.2307/1311994.
- Pimentel, David, y Hugh Lehman, eds. 1993. *The Pesticide question: environment, economics, and ethics*. New York: Chapman & Hall.
- Piracón, John Alexander Benavides, y Thereza Christina Bahia Coelho. 2022. "Agrotóxicos y Agroindustrias: Discursos para una vida tóxica. Análisis desde la determinación social de la salud". *Ciência & Saúde Coletiva* 27 (agosto). ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva: 3647–58. doi:10.1590/1413-8123202279.01882022.
- PLANV. 2018. "Vivir y morir del banano - Plan V". marzo 12. <https://planv.com.ec/investigacion/vivir-y-morir-del-banano/>.
- planV. 2018. "El estudio que busca determinar el alcance de la contaminación de alimentos en el Ecuador - Plan V". octubre 14. <https://planv.com.ec/historias/el-estudio-que-busca-determinar-el-alcance-la-contaminacion-alimentos-el-ecuador/>.

- Polo, Patricia. 2020. "Determinación social de la salud en el territorio: miradas de los trabajadores bananeros en Tenguel (Ecuador)". *Revista Ciencias de la Salud* 18 (SPE). Universidad del Rosario: 152–73.
doi:10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.9073.
- Polymeni, Sofia, Stefanos Plastras, Dimitrios N. Skoutas, Georgios Kormentzas, y Charalabos Skianis. 2023. "The Impact of 6G-IoT Technologies on the Development of Agriculture 5.0: A Review". *Electronics* 12 (12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 2651. doi:10.3390/electronics12122651.
- Popkova, Elena G., y Bruno S. Sergi. 2023. *Food Security in the Economy of the Future: Transition from Digital Agriculture to Agriculture 4.0 Based on Deep Learning*. Springer Nature.
- Posey, Darrell. 1985. "Indigenous Management of Tropical Forest Ecosystems: The Case of the Kayapó Indians of the Brazilian Amazon". *Agroforestry Systems* 3 (2): 139–58.
doi:10.1007/BF00122640.
- Prager, Martín, José Restrepo, Diego Ángel, Ricardo Malagón, y Adriana Zamorano. 2002. *Agroecología : Una disciplina para el Estudio y Desarrollo de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Palmira, Colombia: Impresora Feriva S.A.
- Prasad, Ram. 2017. *Fungal Nanotechnology: Applications in Agriculture, Industry, and Medicine*. Fungal Biology. Cham: Springer International Publishing AG.
- Prasad, Ram, Atanu Bhattacharyya, y Quang Nguyen. 2017. "Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives". *Frontiers in Microbiology* 8: 1014. doi:10.3389/fmicb.2017.01014.
- Proaño, María. 2012. "Gobernanza ambiental : uso y efectividad de las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) como instrumento de gestión ambiental, en el caso de la actividad petrolera ecuatoriana". *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. bachelorThesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/7569>.
- Programme international sur la sécurité des substances chimiques, ed. 1990. *Cyhalothrin*. Environmental Health Criteria 99. Geneva: World health organization.
- Puello, Elsy, Jose Ramos, y Camilo Madariaga. 2012. "Condiciones laborales de los trabajadores agrícolas del municipio de Montería, Colombia". *Temas Agrarios* 17 (1): 20–31. doi:10.21897/rta.v17i1.693.
- Puello, José, Lucas Castiglioni, Lila Molinier, Alejandro Bolaños, Marcelo Carcanholo, Fernando Romero, y Antonio Elías. 2015. *Neoliberalismo en América Latina Crisis, tendencias y alternativas*. 1a ed. Asunción: CLACSO.
https://www.academia.edu/19725143/Neoliberalismo_en_Am%C3%A9rica_Latina_Crisis_tendencias_y_alternativas.

- Puente, Lorenzo de la. 2008. “La industria y la rigidez actual en la aplicación de los límites máximos permisibles: caben excepciones”. *THĒMIS-Revista de Derecho; Núm. 56 (2008): Derecho Ambiental*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/107438>.
- Puente, María. 1998. “Plan de medidas preventivas, mitigadoras y compensadoras de protección ambiental del Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA)”, enero. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://hdl.handle.net/11324/10032>.
- Quevedo, Tomás. 2013a. *Agroindustria y concentración de la propiedad de la tierra*. Ecuador: Flacso Ecuador. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/141008-opac>.
- . 2013b. “Agroindustria y concentración de la propiedad de la tierra: elementos para su definición y caracterización en el Ecuador”.
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/141008-opac>.
- Quinde, Victor, Rina Bucaram, Martha Bucaram, y Carla Silvera. 2018. “Antecedentes de la Política Agrícola Ecuatoriana. Deuda Histórica con el Pequeño Agricultor Familiar Campesino”. *INNOVA Research Journal* 3 (10): 115–33.
doi:10.33890/innova.v3.n10.2018.675.
- Raghav, Shweta, y Pragya Rathore. 2014. “Nanotechnology Pros and Cons to Agriculture: A Review”. *International Journal of current microbiology and applied sciences* 3 (marzo): 43–55. doi:10.13140/2.1.1648.1926.
- Rajak, Prem, Abhratanu Ganguly, Satadal Adhikary, y Suchandra Bhattacharya. 2023. “Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges”. *Journal of Agriculture and Food Research* 14 (diciembre): 100776.
doi:10.1016/j.jafr.2023.100776.
- Rakholia_1, Rajnish, Jinal Tailor, Mitul Prajapati, Manan Shah, y Jatinderkumar R. Saini. 2024. “Emerging technology adoption for sustainable agriculture in India– a pilot study”. *Journal of Agriculture and Food Research* 17 (septiembre): 101238.
doi:10.1016/j.jafr.2024.101238.
- Ramírez, J. A., y M. Lacasaña. 2001. “Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición”. *Arch. prev. riesgos labor. (Ed. impr.)*, 67–75.
- Ramírez, Marco. 2018. “El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental”. *Revista Enfermería la Vanguardia* 6 (2): 40–47. doi:10.35563/revan.v6i2.210.
- Rathi, Arjun. 2021. *Handbook of Environmental Impact Assessment: Concepts and Practice*. Newcastle-upon-Tyne: Cambridge Scholars Publisher.
- Rathore, Hamir Singh, y Leo M. L. Nollet, eds. 2012. *Pesticides: evaluation of environmental pollution*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.

- Rattner, Barnett A. 2009. "History of Wildlife Toxicology". *Ecotoxicology* 18 (7): 773–83. doi:10.1007/s10646-009-0354-x.
- Re, Paula, y Gabriela Levato. 2021. "Salud y poder: ¿cuerpos y territorios sacrificados?" *Ecología Política. Cuadernos de debate internacional*, n° 61 (junio): 10–15. doi:10.53368/EP61FCop01.
- REDTECLA. 2020. "Impactos de la era digital | REDTECLA". septiembre 15. <https://www.redtecla.org/node/167>.
- Reganold, John, y Jonathan Wachter. 2016. "Organic Agriculture in the Twenty-First Century". *Nature Plants* 2 (2). Nature Publishing Group: 1–8. doi:10.1038/nplants.2015.221.
- Republic of Korea. 2025. "Environmental Impact Assessment Act. | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC167970/>.
- Republic of the Union of Myanmar. 2025. "Pyidaungsu Hluttaw Law No. 9/2012 - Environmental Conservation Law (Burmese and English) - Myanmar Law Library". Accedido enero 13. <https://www.myanmar-law-library.org/law-library/laws-and-regulations/laws/myanmar-laws-1988-until-now/union-solidarity-and-development-party-laws-2012-2016/myanmar-laws-2012/pyidaungsu-hluttaw-law-no-9-2012-environmental-conservation-law-english.html>.
- República de Francia. 2025. "Code de l'environnement - Légifrance". Accedido enero 12. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006074220/.
- Ribadeneira, Mónica. 2019. "¿Es el Código Orgánico del Ambiente el nuevo driver contra la conservación de la biodiversidad?" *USFQ Law Review* 6 (1): 181–200. doi:10.18272/lr.v6i1.1404.
- Ribeiro, Silvia. 2014. "De la revolución verde a las nuevas tecnologías". *Biodiversidad en América Latina*. junio 5. https://www.biodiversidadla.org/Documentos/De_la_revolucion_verde_a_las_nuevas_tecnologias_-_Silvia_Ribeiro.
- Riedel, Ramona, Isaac Bryant, Mbir Bryant, y Marion Martienssen. 2019. "Unreactive Phosphorus - Organophosphonates (mini review) Organic Compounds". En *Organic compounds*, 1–22.
- Rincon, Gabriel, Alfredo Reyes, Zahaed Evangelista, Evangelina Quiñones, y Luis López. 2015. "Lucha entre microbios: una herramienta para el control de enfermedades de plantas". *Revista Digital Universitaria* 16 (11): 19.
- Rivera, Sulay. 2015. "El registro de plaguicidas en el Ecuador :un estudio desde la perspectiva de la agroecología". masterThesis. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9021>.
- Robinson, Laura. 2019. *A practical guide to toxicology and human health risk assessment*. Hoboken, NJ: Wiley.

- Robles, F. K. Cano, y A. Mendoza Cantú. s. f. “Nanoplaguicidas, ¿un verdadero avance para la agricultura?” *Revista Bio Ciencias* 4 (3): 164–78. doi:10.15741/revbio.04.03.03.
- Robles, Lucia. 2009. “Análisis de las políticas agrícolas aplicadas en el Ecuador en los noventas desde la perspectiva de la soberanía alimentaria”. masterThesis, Quito : FLACSO Sede Ecuador. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/1131>.
- Rodríguez, Adriana, y Felipe Castro. 2025. “Los derechos de la naturaleza y los movimientos sociales en Ecuador*”. *Andares: Revista de Derechos Humanos y de la Naturaleza*, n° 7 (enero): 78–80. doi:10.32719/29536782.2025.1.8.
- Rodríguez, José, Esther Padrón, Jana Aufartová, y Zoraida Ferrera. 2010. “Benzimidazole Fungicides in Environmental Samples: Extraction and Determination Procedures”. En *Fungicides*. IntechOpen. doi:10.5772/10481.
- Rodríguez, Tania, y Delphine Prunier. 2020. “Extractivismo agrícola, frontera y fuerza de trabajo migrante: La expansión del monocultivo de piña en Costa Rica”. *Frontera norte* 32 (enero): 1–25. doi:10.33679/rfn.v1i1.1983.
- Romania Government. 2025. “Emergency Ordinance no. 195 of 22 December 2005 on environmental protection. | FAOLEX”. Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC197188/>.
- Rosas, João, Miguel Cardina, José Soeiro, João Valente Aguiar, Orlando Samoes, José Tomaz Castello-Branco, y Ana Rita Ferreira. 2016. *Ideologias Políticas Contemporâneas*. Coimbra: EDIÇÕES ALMEDINA, S.A.
- Rose, David Christian, Rebecca Wheeler, Michael Winter, Matt Loble, y Charlotte-Anne Chivers. 2021. “Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet”. *Land Use Policy* 100 (enero): 104933. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104933.
- Rosset, Peter, y Miguel Altieri. 2018. *Agroecología: Ciencia y política*. Tercera. Riobamba - Ecuador: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).
- Rubio, Blanca. 2009. *Explotados y Excluidos. Los campesinos latinoamericanos en la fase agroexportadora neoliberal*. Tercera. Ecuador: Plaza y Valdés, S.A. de C.V. <https://ru.iis.sociales.unam.mx/handle/IIS/2888>.
- . 2017. *El dominio del hambre. Tercera edición*. Quito. <http://repositoriointerculturalidad.ec/jspui/handle/123456789/32640>.
- Ruschmann, Paul. 2009. *Environmental regulations and global warming. Point/counterpoint*. New York: Chelsea House Publishers.
- Rytwo, Giora, y Mordechai Tavasi. 2003. “Addition of a Monovalent Cationic Pesticide to Improve Efficacy of Bipyrindyl Herbicides in Hulah Valley Soils”. *Pest Management Science* 59 (11): 1265–70. doi:10.1002/ps.732.

- Saborío, Ishtar, Mónica Mora, y María Durán. 2019. “Intoxicación por organofosforados”. *Medicina Legal de Costa Rica* 36 (1). <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>: 110–17.
- Sachs, Jeffrey. 2005. *The End of Poverty: Economic Possibilities for Our Time*. Vol. 60. <http://www.jstor.org/stable/10.2307/40204067?origin=crossref>.
- Saiz, Verónica, y Francisco Rovira. 2020. “From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management”. *Agronomy* 10 (2): 207. doi:10.3390/agronomy10020207.
- Samoa Government. 2025. “Lands, Surveys and Environment Act 1989.” Accedido enero 11. <https://www.ecolex.org/es/details/legislation/lands-surveys-and-environment-act-1989-lex-faoc037633/>.
- Sanchez, Álvaro. 2024. “Alternativas al modelo extractivista: El territorio en re-existencia del Chocó Andino”. *L'Ordinaire des Amériques*, n° 232 (julio). Université de Toulouse 2 - Le Mirail; Institut pluridisciplinaire pour les études sur les Amériques à Toulouse (IPEAT). doi:10.4000/123fp.
- Sánchez, Luis. 2010. *Evaluación de impacto ambiental conceptos y métodos*. Español. Sao Paulo: Oficina de Textos.
- Sanchez, Luis, y Jenny Chicaiza. 2019. “De la agricultura familiar campesina a las microempresas de monocultivo. Reestructura socio-territorial en la Sierra norte del Ecuador.” *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, n° 15 (junio). FLACSO ECUADOR: 193–210. doi:10.17141/eutopia.15.2019.3875.
- Sánchez, Luis, Fernando Martínez, Sinthya Torres, Ariana Lascano, y Geanella Terán. 2024. “Agricultura de Precisión en El Ecuador”. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 8 (1): 1532–42. doi:10.37811/cl_rcm.v8i1.9547.
- Sánchez, Saúl, José Rodríguez, Anhely Sánchez, Karen Bustos, Marcela Vargas, Lourdes Cruz, Julieta Torres, y Sonia Ramírez. 2024. “Tendencias en el uso de nanopartículas en la agricultura”. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica* 6 (11): 20–39. doi:10.5281/zenodo.12686022.
- Santamaría, Guido. 2024. “Biodiversidad alimentaria en Ecuador. Un análisis desde la globalización”. *Gestión Joven* 25 (1). Agrupación Joven Iberoamericana de Contabilidad y Administración de Empresas (AJOICA): 46–53.
- Santos, Santiago, y Josef Kienzle. 2021. *Agricultura 4.0 - Robótica agrícola y equipos automatizados para la producción agrícola sostenible*. Gestion integrada de cultivos. Roma, Italia: FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb2186es>.
- Sarmah, Ajit K, y Jean Sabadie. 2002. “Hydrolysis of Sulfonyleurea Herbicides in Soils and Aqueous Solutions: a Review”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (22). American Chemical Society: 6253–65. doi:10.1021/jf025575p.

- Savci, Serpil. 2012. "Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment". *APCBEE Procedia* 1 (enero). No longer published by Elsevier: 287–92.
doi:10.1016/j.apcbee.2012.03.047.
- Schaefer, Coby. 2019. *Environmental Protection Agency (EPA). Environmental Remediation Technologies, Regulations and Safety Ser.* New York: Nova Science Publishers, Incorporated.
- Schaper, Marianne, y Soledad Parada. 2001. *Organismos genéticamente modificados: su impacto socioeconómico en la agricultura de los países de la Comunidad Andina, MERCOSUR y Chile.* Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5737-organismos-geneticamente-modificados-su-impacto-socioeconomico-la-agricultura>.
- Science Unfiltered. 2024. "Diferentes Tipos de Detectores de HPLC". *Phenomenex*. mayo 23.
<https://phenomenex.blog/2024/05/23/diferentes-tipos-de-detectores-de-hplc/>.
- Scruton, Roger, y Roger Scruton. 2012. *How to think seriously about the planet: the case for an environmental conservatism.* New York: Oxford University Press.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2008. *La Biodiversidad y la Agricultura. Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo.* Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Semmartín, María. 2011. "Informe Especial Sobre Plaguicidas Agrícolas". *Scribd*.
<https://es.scribd.com/document/337730936/CH-21-122-9a35-Informe-Especial-Sobre-Plaguicidas-Agricolas-Maria-Semmartin>.
- Seneff, Stephanie. 2021. *Toxic legacy: how the weedkiller glyphosate is destroying our health and the environment.* White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing.
- Senegal Government. 2025. "Environment Code (Law 2001-01) - Climate Change Laws of the World". Accedido enero 11. https://climate-laws.org/document/environment-code-law-2001-01_7bb0.
- Seoane, José. 2017. *Las [Re] configuraciones neoliberales de la cuestión ambiental.* !!A ed. Buenos Aires: Ediciones Luxemburg.
<https://edicionesluxemburg.blogspot.com/2017/06/las-re-configuraciones-neoliberales-de.html>.
- Serrano, Felipe Victoriano. 2010. "Estado, golpes de Estado y militarización en América Latina: una reflexión histórico política". *Argumentos* 23 (64). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco: 175–93.
- Sharma, Anket, Vinod Kumar, Babar Shahzad, Mohsin Tanveer, Gagan Sidhu, Neha Handa, Sukhmeen Kohli, et al. 2019. "Worldwide Pesticide Usage and Its Impacts on Ecosystem". *SN Applied Sciences* 1 (11): 1446. doi:10.1007/s42452-019-1485-1.

- Sherwood, Stephen G. 2009. *Learning from Carchi: agricultural modernisation and the production of decline*. Wageningen University and Research.
<https://search.proquest.com/openview/fdd40c8232057dd1173511ce22877b4b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>.
- Shiva, Vandana. 2016a. *Stolen Harvest: The Hijacking of the Global Food Supply*. University Press of Kentucky. doi:10.2307/j.ctt19dzdd6.
- . 2016b. *The Violence of the Green Revolution: Third World Agriculture, Ecology and Politics*. Culture of the Land a Series in the New Agrarianism. Lexington: University Press of Kentucky.
- Shrawankar, Urmila, Latesh Malik, y Sandhya Arora, eds. 2022. *Cloud computing technologies for smart agriculture and healthcare*. First edition. Chapman & Hall CRC cloud computing for society 5.0. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press.
- Silveira, Franco, y Fernando Amaral. 2022. “Agriculture 4.0”. En , 5. doi:10.1007/978-3-030-89123-7_207-1.
- Simbaña, Floresmilo. 2021. “Memorias del primer levantamiento indígena ecuatoriano – Rebelion”. marzo 31. <https://rebellion.org/memorias-del-primer-levantamiento-indigena-ecuatoriano/>.
- Simó, Jorge. 2018. “Métodos de extracción y determinación de plaguicidas por cromatografía de gases masas (GC-MS/MS) en muestras de origen vegetal”, octubre. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Facultad de Ciencias. Departamento de Química Analítica. <https://hdl.handle.net/20.500.14468/21442>.
- Singapore Government. 2025. “Environmental Protection and Management Act 1999 - Singapore Statutes Online”. Accedido enero 11.
<https://sso.agc.gov.sg:5443/Act/EPMA1999>.
- Singh, Dileep K. 2012. *Pesticide Chemistry and Toxicology*. Toxicology : Agriculture and Environment. Singapore: Bentham Science Publ.
- Singh, Omender, y Deven Juneja. 2019. *Principles and Practice of Critical Care Toxicology*. jaypee. <https://www.jaypeedigital.com/book/9789352706747>.
- Sköld, Ola. 2011. *Antibiotics and Antibiotic Resistance*. Hoboken, N.J: Wiley.
- Smallops. 2024. “Aplicaciones de la nanotecnología en la agricultura”. *SMALLOPS*. mayo 23.
<https://smallops.eu/aplicaciones-de-la-nanotecnologia-en-la-agricultura/>.
- Solano, Vicente, y Marco Marín. 2024. “Derechos de la Naturaleza y la jurisprudencia constitucional en Ecuador”. *Foro: Revista de Derecho*, n° 41 (enero): 7–27.
doi:10.32719/26312484.2024.41.1.
- Solomon Islands Government. 2025. “Environment Act, 1998 (No. 8 of 1998). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC065422/>.

- Soto, Diana. 2019. “Guía metodológica para el Estudio de Impactos Ambientales (ESIA) en proyectos agrícolas”. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2812>.
- Soto-Benavente, Margarita, Liset Rodriguez-Achata, Martha Olivera, Victor Arostegui Sanchez, Cesar Colina Nano, Jorge Garate Quispe, Margarita Soto-Benavente, et al. 2020. “Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana”. *Scientia Agropecuaria* 11 (1). Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias: 49–59. doi:10.17268/sci.agropecu.2020.01.06.
- South African Government. 2025. “National Environmental Management Act 107 of 1998 | South African Government”. Accedido enero 11. <https://www.gov.za/documents/national-environmental-management-act>.
- Sparemberger, Raquel, y Elisa Hartwig. 2023. “La tensión entre el desarrollo neoliberal y el derecho a un medio ambiente ecológicamente equilibrado”. *Veredas do Direito Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*, abril, 1–23. doi:10.18623/rvd.v20.2441-esp.
- SPREP. 2018. “Review of natural resource and environment related legislation : Nauru | Battler Resource Base”. https://brb.sprep.org/content/review-natural-resource-and-environment-related-legislation-nauru?language_content_entity=en.
- Sri Lanka Government. 2025. “National Environmental Act 1980 (No. 47 of 1980). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC013492/>.
- Stackelberg, Katherine von. 2013. “A Systematic Review of Carcinogenic Outcomes and Potential Mechanisms from Exposure to 2,4-D and MCPA in the Environment”. *Journal of Toxicology* 2013: 371610. doi:10.1155/2013/371610.
- Stenersen, Jørgen. 2004. *Chemical pesticides: mode of action and toxicology*. Boca Raton: CRC Press.
- Stetter, J. 1994. *Herbicides Inhibiting Branched-Chain Amino Acid Biosynthesis: Recent Developments*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Stiglitz, Joseph. 2003. “Globalization and Its Discontents”. *ResearchGate*, 12.
- Strungaru, Ștefan-Adrian, Mircea Nicoara, Madalina Robea, Gabriel Plavan, y Alin Ciobica. 2018. “Fipronil: mechanisms of action on various organisms and future relevance for animal models studies”. *Journal of Survey in Fisheries Sciences* 5 (agosto): 20–31. doi:10.18331/SFS2018.5.1.3.
- Sudan Government. 2025. “Environmental Protection Act of 2001. | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC054089/>.

- Svampa, Maristella. 2012. "Resource Extractivism and Alternatives: Latin American Perspectives on Development". *Journal Für Entwicklungspolitik* 28 (3): 43–73. doi:10.20446/JEP-2414-3197-28-3-43.
- Svampa, Maristella Noemi. 2013. "Consenso de los commodities y lenguajes de valoración en América Latina", abril. Fundación Friedrich Ebert. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/6451>.
- Swiss Government. 2025. "Loi d'application de la loi fédérale sur la protection de l'environnement. | FAOLEX". Accedido enero 12. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC053596/>.
- Tanzania Government. 2025. "Environmental Management Act, 2004 (No. 20 of 2004). | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC061491/>.
- Tapia García, Guillermo Adrián. 2020. "Comentario de actualidad : el post-neoliberalismo en México: ¿Un movimiento fuera del péndulo político ideológico latinoamericano?" Universidad Iberoamericana León. <https://repositorio.iberoleon.mx/handle/20.500.12152/1774>.
- Tarkowski, S. M. 2007. "Environmental Health Research in Europe Bibliometric Analysis". *The European Journal of Public Health* 17 (Supplement 1): 14–18. doi:10.1093/eurpub/ckm065.
- Telégrafo, El. 2018. "Río Muchacho, referente nacional de permacultura". *El Telégrafo*. junio 11. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimo/1/rio-muchacho-referente-nacional-de-permacultura>.
- Tepan, Diara, y María Molina. 2024. "Evaluación de la efectividad de los instrumentos legales para la protección de la naturaleza". *593 Digital Publisher CEIT* 9 (6): 356–71. doi:10.33386/593dp.2024.6.2744.
- Ternan, Nigel, JW McGrath, Geoffrey McMullan, y JP Quinn. 1998. "Organophosphonates: occurrence, synthesis and biodegradation by microorganisms". *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 14 (5): 635–47. doi:10.1023/A:1008848401799.
- Thailand Government. 2025. "Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act, B.E. 2535. | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC019415/>.
- Thangadurai, Devarajan, Jeyabalan Sangeetha, y Ram Prasad. 2020. *Nanotechnology for Food, Agriculture, and Environment*. Nanotechnology in the Life Sciences. Cham: Springer International Publishing AG.
- Thatikayala, Mahender, Anil Kumar Garige, Hemalatha Gadegoni, Mahender Thatikayala, Anil Kumar Garige, y Hemalatha Gadegoni. 2022. "Benzimidazole: Pharmacological Profile". En *Benzimidazole*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.102091.

- The European Commission. 2013. “Implementing Regulation - 485/2013 - EN - EUR-Lex”.
https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2013/485/oj.
- . 2018. *Commission Implementing Regulation (EU) 2018/783 of 29 May 2018 Amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011 as Regards the Conditions of Approval of the Active Substance Imidacloprid (Text with EEA Relevance.)*. *OJ L*. Vol. 132.
http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2018/783/oj/eng.
- The European Parliament and The Council Of The European Union. 2009. *Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 Concerning the Placing of Plant Protection Products on the Market and Repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC*. *OJ L*. Vol. 309.
<http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1107/oj/eng>.
- ThermoFisher. 2024. “HPLC and UHPLC Detectors - IE”. Accedido diciembre 28.
<https://www.thermofisher.com/tr/en/home/industrial/chromatography/liquid-chromatography-lc/hplc-uhplc-components/hplc-uhplc-detectors.html>.
- Tilman, David, Kenneth Cassman, Pamela Matson, Rosamond Naylor, y Stephen Polasky. 2002. “Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices”. *Nature* 418 (6898): 671–77. doi:10.1038/nature01014.
- Timor-Laste Government. 2025. “Decree-Law No. 5/2011 on the Environmental Licensing System. | FAOLEX”. Accedido enero 11.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC119382/>.
- Tobar, Byron, y María Moran. 2022. “Agricultura de precisión y redes de sensores inalámbricos, análisis de su implementación y ventajas en el Ecuador”. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas* 15 (6): 54–69.
- Toledo, Víctor M. 2013. “El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica”, 31.
- Tonga Government. 2025. “Environmental Impact Assessment Act 2003 (Act No. 16 of 2003). | FAOLEX”. Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC049306/>.
- Torres, Carolina, y Leonardo Galetto. 2023. “Consecuencias de la expansión de los agronegocios en los Bosques Chaqueños de Argentina: efectos del glifosato en la supervivencia de las plantas nativas - Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal”. abril 12. <https://imbiv.conicet.unc.edu.ar/consecuencias-de-la-expansion-de-los-agronegocios-en-los-bosques-chaquenos-de-argentina-efectos-del-glifosato-en-la-supervivencia-de-las-plantas-nativas/>, <https://imbiv.conicet.unc.edu.ar/consecuencias-de-la-expansion-de-los-agronegocios-en-los-bosques-chaquenos-de-argentina-efectos-del-glifosato-en-la-supervivencia-de-las-plantas-nativas/>.

- Torres, Felipe, y Yolanda Trápaga, eds. 1997. *La agricultura orgánica: una alternativa para la economía campesina de la globalización*. México, D.F: Plaza y Valdés : Universidad Nacional Autónoma de México.
- Torres, Henry. 2019. “La Operación Cóndor y el terrorismo de Estado”. *Revista eleuthera* 20 (enero). Universidad de Caldas: 114–34. doi:10.17151/eleu.2019.20.7.
- Torres, Obdulía, y Carmen Rodríguez. 2022. “El debate sobre el glifosato en Colombia: controversia científico-tecnológica y ciencia regulativa”. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS* 17 (49).
<https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/260>.
- Tovar, Ana. 2023. “Agricultura 4.0: uso de tecnologías de precisión y aplicación para pequeños productores”. *Informador Técnico* 87 (2). doi:10.23850/22565035.5536.
- Trendov, N. M. 2019. *Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales: Documento de orientación*. Rome, Italy: FAO.
<https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA4887ES/>.
- Tsatsakis, Aristidis M., Muhammad Amjad Nawaz, Demetrios Kouretas, Georgios Balias, Kai Savolainen, Victor A. Tutelyan, Kirill S. Golokhvast, Jeong Dong Lee, Seung Hwan Yang, y Gyuhwa Chung. 2017. “Environmental Impacts of Genetically Modified Plants: A Review”. *Environmental Research* 156 (julio): 818–33.
 doi:10.1016/j.envres.2017.03.011.
- Tuvalu Government. 2025. “Environment Protection Act 2008 (Cap. 30.25). | FAOLEX”.
 Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC099601/>.
- U. S. EPA. 2013. *Recognition and Management of Pesticide Poisonings*.
- Uganda Government. 2025. “National Environment Act, 2019. | FAOLEX”. Accedido enero 11.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC192395/>.
- UNEP. 1987. “Environmental impact assessment.” UNEP.,
<https://digitallibrary.un.org/record/42521>.
- . 2000. “Malmö Ministerial Declaration”. <https://digitallibrary.un.org/record/666264>.
- . 2024. “UNEP - UN Environment Programme”. <https://www.unep.org/node>.
- UNEP y FLACSO, eds. 2008. *GEO Ecuador 2008: informe sobre el estado del medio ambiente*. Quito, Ecuador : [Ciudad de Panamá, Panamá]: FLACSO Ecuador : Ministerio del Ambiente ; PNUMA.
- UNFCCC. 2005. “Status of ratification of the Convention and its Kyoto Protocol.”
<https://unfccc.int/documents/3993>.
- Unión Europea. 2005. “Reglamento (CE) n° 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo.” <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2005-80504>.

- . 2025. “Polonia | EUR-Lex”. Accedido enero 12. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=legissum:e15106>.
- United Nations. 1973. “Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, 5-16 June 1972”. En . UN,. <https://digitallibrary.un.org/record/523249>.
- . 1982. “World Charter for Nature.”, noviembre. UN,. <https://digitallibrary.un.org/record/39295>.
- . 1992. “Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil, 3-14 de junio de 1992 | Naciones Unidas”. *United Nations*. United Nations. <https://www.un.org/es/conferences/environment/rio1992>.
- . 1997. “Special Session of the UN General Assembly to Review and Appraise the Implementation of Agenda 21, New York, 23-27 June 1997”. *United Nations*. United Nations. <https://www.un.org/en/conferences/environment/newyork1997>.
- . 1998. “UNFCCC”. <https://unfccc.int/>.
- . 2000. “Millennium Declaration”, septiembre. UN,. <https://digitallibrary.un.org/record/422015>.
- . 2012. “Rio+20 Outcome Document “The Future We Want | UNEP - UN Environment Programme”. junio 19. <https://www.unep.org/resources/report/rio20-outcome-document-future-we-want>.
- . 2015. “Transforming our world : the 2030 Agenda for Sustainable Development :: resolution /: adopted by the General Assembly”, octubre. UN,. <https://digitallibrary.un.org/record/3923923>.
- . 2017. “Report of the Special Rapporteur on the Right to Food”. *Refworld*. enero 24. <https://www.refworld.org/reference/themreport/unhrc/2017/en/115614>.
- . 2024a. “Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context”. https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-4&chapter=27&clang=_en.
- . 2024b. “History of the United Nations”. *United Nations*. United Nations. <https://www.un.org/en/about-us/history-of-the-un>.
- . 2024. “Convention on Biological Diversity and its protocols”. Accedido diciembre 9. <https://www.un.org/ldcportal/content/convention-biological-diversity-and-its-protocols>.
- Universidad de Guayaquil. 2022. “LEY DE Gestion Ambiental - LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION Codificación 19 Registro Oficial”. *StuDocu*. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/derecho/ley-de-gestion-ambiental/21300980>.

- Universidade Estadual de Goiás. 2019. “Agrotóxicos e agroecologia: enfrentamentos científicos, jurídicos, políticos e socioambientais”. *Universidade Estadual de Goiás*.
<http://www.editora.ueg.br/referencia/11101>.
- Uriarte, Julia. 2019. “Conservadurismo: valores, clasificación y características”.
Características. <https://www.caracteristicas.co/conservadurismo/>.
- . 2020. “10 Características del Liberalismo”. *Características*.
<https://www.caracteristicas.co/liberalismo/>.
- US EPA. 2024. “The Environmental Protection Agency (EPA)”. *Plymovent*.
<https://www.plymovent.com/es/vision-general/noticias-y-articulos/la-agencia-de-proteccion-ambiental>.
- US EPA, OA. 2013. “U.S. Environmental Protection Agency”. Collections and Lists. marzo 20.
<https://www.epa.gov/home>.
- US EPA, OCSPP. 2014. “Glyphosate”. Overviews and Factsheets. septiembre 18.
<https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/glyphosate>.
- US EPA, OP. 2013. “What Is the National Environmental Policy Act?” Overviews and Factsheets. julio 31. <https://www.epa.gov/nepa/what-national-environmental-policy-act>.
- Valenzuela, Jesús, Blanca de la Peña, y Tomás Gaytán. 2022. “Agricultura 4.0”. *Agraria*, n° SE1: 3–3. doi:10.59741/agraria.v19iSE1.4.
- Van, Neal, ed. 2014. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. Amsterdam: Elsevier, Academic Press.
- Vanghele, N.A., A.A. Petre, A. Matache, y M.M. Stanciu. 2020. “AGRICULTURE 5.0 - REVIEW”. *Annals of the University of Craiova - Agriculture Montanology Cadastre Series* 51 (2): 576–83. doi:10.52846/AAMC.2021.02.67.
- Vanuatu Government. 2025. “Environmental Management and Conservation Act - Act 12 of 2002 (Cap. 283) | FAOLEX”. Accedido enero 11.
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC053103/>.
- Varona_2, Marcela E, y Alvaro J. Idrovo. 2016. “Determinantes sociales de la intoxicación por plaguicidas entre cultivadores de arroz en Colombia”. *Revista de Salud Pública* 18 (4): 617. doi:10.15446/rsap.v18n4.52617.
- Velasco, Fernando. 1979. *Reforma agraria y movimiento campesino indígena de la sierra: hipótesis para una investigación*. Quito: El Conejo.
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/6357-opac>.
- . 1981. *Ecuador: subdesarrollo y dependencia*. Quito: El Conejo.
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/9343-opac>.
- Verzeñassi, Damián. 2014. “Repensando la Etica en contextos de extractivismo”. *Bioética Latinoamericana*, noviembre 27.

- Verzeñassi, Damián, Lucía Enríquez, Alejandro Vallini, y Gabriel Kepl. 2022. “Soberanía Alimentaria, una estrategia terapéutica para recuperar la salud ante el avance del extractivismo agroindustrial”. *Saúde em Debate* 46 (julio). Centro Brasileiro de Estudos de Saúde: 316–26. doi:10.1590/0103-11042022e221.
- Vía Campesina. 2018. “Una breve historia de los orígenes de la agricultura, la domesticación y la diversidad de los cultivos”. *GRAIN*. noviembre 20. <https://grain.org/es/entries/6080-una-breve-historia-de-los-origenes-de-la-agricultura-la-domesticacion-y-la-diversidad-de-los-cultivos>.
- Vidau, Cyril, Jean-Luc Brunet, Alexandra Badiou, y Luc P. Belzunces. 2009. “Phenylpyrazole Insecticides Induce Cytotoxicity by Altering Mechanisms Involved in Cellular Energy Supply in the Human Epithelial Cell Model Caco-2”. *Toxicology in Vitro: An International Journal Published in Association with BIBRA* 23 (4): 589–97. doi:10.1016/j.tiv.2009.01.017.
- Viet Nam Government. 2025. “Law on Environmental Protection No. 55/2014/QH13.” Accedido enero 11. <https://www.ecolex.org/details/legislation/law-on-environmental-protection-no-552014qh13-lex-faoc168513/>.
- Villacís, Milton. 2023. “Diseño de una granja urbana para la producción de hortalizas usando principios de permacultura”. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/7126>.
- Vincent, Andrew. 2010. *Modern Political Ideologies*. 3rd ed. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Wagner, Lucrecia. 2020. “Extractivismo (América Latina, 2000-2020)”. *Diccionario del Agro Iberoamericano*, enero, 5.
- Walenta, Constantin A., Fang Xu, Celine Tesvara, Christopher R. O’Connor, Philippe Sautet, y Cynthia M. Friend. 2020. “Facile Decomposition of Organophosphonates by Dual Lewis Sites on a Fe₃O₄(111) Film”. *The Journal of Physical Chemistry C* 124 (23). American Chemical Society: 12432–41. doi:10.1021/acs.jpcc.0c01708.
- Walsh, Catherine. 2009. *Interculturalidad, estado, sociedad: luchas (de)coloniales de nuestra época*. 1. ed. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador : Abya-Yala.
- Wandel Marroquín, Marion. 2021. “Nuevas tecnologías y agricultura 4.0: Impacto en los recursos humanos de la industria agrícola en Centroamérica”. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/46846>.
- Wang, Xiaohong, Xiaoyu Li, Yue Wang, Yingju Qin, Bing Yan, y Christopher J. Martyniuk. 2021. “A comprehensive review of strobilurin fungicide toxicity in aquatic species: Emphasis on mode of action from the zebrafish model”. *Environmental Pollution* 275 (abril): 116671. doi:10.1016/j.envpol.2021.116671.
- Wang, Zhanyun, Glen W. Walker, Derek C. G. Muir, y Kakuko Nagatani-Yoshida. 2020. “Toward a Global Understanding of Chemical Pollution: A First Comprehensive

- Analysis of National and Regional Chemical Inventories”. *Environmental Science & Technology* 54 (5). American Chemical Society: 2575–84. doi:10.1021/acs.est.9b06379.
- Warren, John, Clare Lawson, y Kenneth Ward Belcher. 2008. *The agri-environment*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Waxman, Michael F. 1998. *Agrochemical and pesticide safety handbook*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- WECD. 1987. “1987: Brundtland Report”. <https://www.are.admin.ch/are/en/home/medien-und-publikationen/publikationen/nachhaltige-entwicklung/brundtland-report.html>.
- Wei, Qi, Xi-Chao Mu, Shun-Fan Wu, Li-Xiang Wang, y Cong-Fen Gao. 2017. “Cross-resistance to Three Phenylpyrazole Insecticides and A2N Mutation Detection of GABA Receptor Subunit in Fipronil-resistant *Laodelphax Striatellus* (Hemiptera: Delphacidae)”. *Pest Management Science* 73 (8): 1618–24. doi:10.1002/ps.4498.
- Wexler, Philip, y Bruce Anderson, eds. 2014. *Encyclopedia of toxicology*. Third edition. Amsterdam ; Boston: Elsevier/AP, Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Wayne, Jeannie, ed. 2024. *The Oxford Handbook of Agricultural History*. 1^a ed. Oxford University Press. doi:10.1093/oxfordhb/9780190924164.001.0001.
- WHO, ed. 1986. *Carbamate Pesticides: A General Introduction*. Environmental Health Criteria 64. Geneva: World health organization.
- Willow, Anna J. 2018. *Understanding Extractivism: Culture and Power in Natural Resource Disputes*. Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge.
- Wilson, D. F. 1969. “Use of Bipyridyl Herbicides in Forestry”. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 20 (8): 506–8. doi:10.1002/jsfa.2740200814.
- Wolfert_1, Sjaak, Lan Ge, Cor Verdouw, y Marc-Jeroen Bogaardt. 2017. “Big Data in Smart Farming – A review”. *Agricultural Systems* 153 (mayo): 69–80. doi:10.1016/j.agsy.2017.01.023.
- Woodbine, Malcolm, ed. 1984. *Antimicrobials and agriculture: the proceedings of the 4th International Symposium on Antibiotics in Agriculture: Benefits and Malefits*. Studies in the agricultural and food sciences. London ; Boston: Butterworths.
- World Bank. 2007. “Republic of Ecuador - Environmental Quality and Natural Resource Management for Sustained Economic Growth and Poverty Alleviation : Country Environmental Analysis”. Text/HTML. *World Bank*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/en/912341468234842128>.
- YAKUNINA. 2025. “Permacultura”. <https://www.yakunina.com/permacultura2/>.
- Yamamoto, Izuru, y John E. Casida, eds. 1999. *Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor*. Tokyo: Springer Japan. doi:10.1007/978-4-431-67933-2.

- Zambia Government. 2025. "Environmental Management Act, 2011 (No. 12 of 2011). | FAOLEX". Accedido enero 11. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC117523/>.
- Zambrano, William. 2022. "Avances en el análisis de plaguicidas en alimentos". *Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología* 21 (junio).
<http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/agrollania/article/view/1581>.
- Zamora, Giannina. 2022. "El espacio socialmente producido y el espacio en la determinación social de la salud: agroindustria bananera 1948-2018; Costa sur". doctoralThesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/8691>.
- Zamosc, Leon. 1986. *The Agrarian Question and the Peasant Movement in Colombia: Struggles of the National Peasant Association, 1967–1981*. Cambridge Latin American Studies. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511558948.
- Zamudio, Adriana, Nicolás Vanoy, Consuelo Díaz, y Diego Ahumada. 2017. "Desarrollo y validación de un método multiresiduo para el análisis de plaguicidas en miel por UFLC-MS". *Revista Colombiana de Química* 46 (2): 24–36.
- Zanardini, E., Anna Arnoldi, Giovanna Boschin, Alessandra D'Agostina, Marco Negri, y Claudia Sorlini. 2002. "Degradation Pathways of Chlorsulfuron and Metsulfuron-Methyl by a *Pseudomonas fluorescens* Strain". *Annals of Microbiology* 52 (enero).
- Zaragoza, Adrián, Benjamín Valladares, César Ortega, José Zamora, Valente Velázquez, y José Aparicio. 2016. "Repercusiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública". *Abanico veterinario* 6 (1). Sergio Martínez González: 43–55.
- Zavala, Ruth. 2012. "Influencia empresarial en la política de cambio climático de Estados Unidos". *Norteamérica* 7 (SPE). Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones sobre América del Norte: 37–77.
- Zhang, Peng, Zhiling Guo, Sami Ullah, Georgia Melagraki, Antreas Afantitis, y Iseult Lynch. 2021. "Nanotechnology and Artificial Intelligence to Enable Sustainable and Precision Agriculture". *Nature Plants* 7 (7). Nature Publishing Group: 864–76.
doi:10.1038/s41477-021-00946-6.
- Zhang, Zhaoxian, Zhiqiang Wang, Qing X. Li, Rimao Hua, y Xiangwei Wu. 2021. "Enantioselective metabolism of phenylpyrazole insecticides by rat liver microsomal CYP3A1, CYP2E1 and CYP2D2". *Pesticide Biochemistry and Physiology* 176 (julio): 104861. doi:10.1016/j.pestbp.2021.104861.
- Zhao, Qiqi, Yongqiang Li, Lixia Xiong, y Qingmin Wang. 2010. "Design, Synthesis and Insecticidal Activity of Novel Phenylpyrazoles Containing a 2,2,2-Trichloro-1-Alkoxyethyl Moiety". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58 (8): 4992–98.
doi:10.1021/jf1001793.

- Zhao, Qiqi, Ranfeng Sun, Yuxiu Liu, Peiqi Chen, Yongqiang Li, Shaoxiang Yang, y Qingmin Wang. 2019. "Synthesis and Insecticidal Activity Studies of Novel Phenylpyrazole Derivatives Containing Arylimine or Carbimide Moiety". *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 27 (21): 115092. doi:10.1016/j.bmc.2019.115092.
- Zizumbo, Daniel, y Patricia García. 2008. "El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica". *Revista de Geografía Agrícola*, n° 41: 85–113.
- Zumárraga, Hugo Aldemar. 2009. "Plaguicidas: verdades, evidencias y alternativas de cambio". masterThesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador; Corporación Editora Nacional; Ediciones Abya Yala. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/1165>.
- Zweig, Gunter, ed. 1984. *Synthetic Pyrethroids and Other Pesticides*. Analytical Methods for Pesticides and Plant Growth Regulators 13. Orlando: Acad. Pr.

Anexos

Anexo 1: Normativa relacionada con la EIA en diferentes países por continentes

En las tablas a continuación se presenta una visión general de las principales normativas de EIA a nivel mundial organizada por continentes, junto con los organismos responsables de su aplicación e implementación y las referencias para acceder a los textos legales completos. Es importante destacar que la implementación y el rigor de estas normativas varía entre países, el año corresponde a la fecha de promulgación o la última actualización dependiendo de las reformas realizadas en cada país.

Tabla 1
Normativas relacionadas a la EIA en América

País	Normativa	Año	Organismo estatal de control	Referencias
Estados Unidos	National Environmental Policy Act (NEPA)	1970	Environmental Protection Agency (EPA)	(NEPA 2022)
Canadá	Canadian Environmental Assessment Act	1992	Canadian Environmental Assessment Agency	(Legislative Services Branch 2012)
México	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	1988	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	(Gobierno de México 2025)
Brasil	Lei nº 6.938 - Política Nacional do Meio Ambiente	1981	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)	(Gobierno de Brasil 2025)
Argentina	Ley General del Ambiente Nº 25.675	2002	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable	(Gobierno de Argentina 2025)
Chile	Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente	1994	Servicio de Evaluación Ambiental	(Gobierno de Chile 2025)
Colombia	Decreto 1753 de 1994	1994	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	(Gobierno de Colombia 2025)
Perú	Ley Nº 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental	2001	Ministerio del Ambiente	(Gobierno de Perú 2025)
Venezuela	Ley Orgánica del Ambiente	2006	Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo	(Gobierno de Venezuela 2025)

Ecuador	Ley de Gestión Ambiental	1999	Ministerio del Ambiente	Ley de Gestión Ambiental
Uruguay	Ley N° 16.466 de Evaluación de Impacto Ambiental	1994	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente	(Gobierno de Uruguay 2025)
Paraguay	Ley N° 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental	1993	Secretaría del Ambiente	(Gobierno de Paraguay 2025)
Bolivia	Ley del Medio Ambiente N° 1333	1992	Ministerio de Medio Ambiente y Agua	(Gobierno de Bolivia 2025)
Costa Rica	Ley Orgánica del Ambiente N° 7554	1995	Ministerio de Ambiente y Energía	(Gobierno de Costa Rica 2025)
Panamá	Ley General de Ambiente N° 41	1998	Ministerio de Ambiente	(Gobierno de Panamá 2025)
Cuba	Ley del Medio Ambiente N° 81	1997	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	(Gobierno de Cuba 2025)
Guatemala	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto N° 68-86	1986	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	(Gobierno de Guatemala 2025)
Honduras	Ley General del Ambiente Decreto N° 104-93	1993	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente	(Gobierno de Honduras 2025)
El Salvador	Ley del Medio Ambiente	1998	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	(Gobierno de El Salvador 2025)
Nicaragua	Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Ley N° 217	1996	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales	(Gobierno de Nicaragua 2025)

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

Tabla 2
Normativas relacionadas a la EIA en Europa

País	Normativa	Año	Organismo Estatal de Control	Referencias
Alemania	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)	1990	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)	(Germany Government 2025)
Francia	Code de l'environnement, Livre Ier, Titre II	1976	Ministère de la Transition écologique	(República de Francia 2025)
Reino Unido	Town and Country Planning (Environmental Impact Assessment) Regulations	1999	Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA)	(England Government 2025)

Italia	Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale	2006	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare	(Italy Government 2025)
España	Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental	2013	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	(Juan Carlos I 2025)
Países Bajos	Wet milieubeheer	1993	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	(Netherlands Kingdom 2025)
Suecia	Miljöbalken (Código Ambiental)	1999	Naturvårdsverket	(Gobierno de Suecia 2025)
Polonia	Ustawa o ocenach oddziaływania na środowisko	2008	Ministerstwo Klimatu i Środowiska	(Unión Europea 2025)
Bélgica	Ordonnance relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement	1999	Service Public de Wallonie	(Belgique Kingdom 2025)
Austria	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVP-G)	2000	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie	(Austrian Government 2025)
Portugal	Decreto-Lei n.º 151-B/2013	2013	Agência Portuguesa do Ambiente	(Government of Portuguese 2025)
Grecia	Νόμος 4014/2011	2011	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας	(Greece Government 2025)
Finlandia	Ympäristövaikutusten arviointimenettelylaki	1994	Ympäristöministeriö	(Gobierno de Finlandia 2025)
Dinamarca	Lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter	2017	Miljøstyrelsen	(Denmark Government 2025)
Hungría	Környezetvédelmi törvény	1995	Innovációs és Technológiai Minisztérium	(Hungarian Government 2025)
República Checa	Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí	2001	Ministerstvo životního prostředí	(Chequia Governmenmt 2025)
Noruega	Regulation No. 931 on Pollution Control (Pollution Control Regulation)	2004	Klima- og miljødepartementet	(Norway Governmenmt 2025)
Irlanda	Planning and Development Act	2000	Environmental Protection Agency (EPA)	(Ireland Government 2025)
Suiza	Loi fédérale sur la protection de l'environnement	1983	Office fédéral de l'environnement	(Swiss Government 2025)

Rumanía	Ordonanța de urgență nr. 195/2005 privind protecția	2025	National Environmental Protection Agency	(Romania Government 2025)
----------------	---	------	--	---------------------------

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

Tabla 3
Normativas relacionadas a la EIA en Oceanía

País	Normativa	Año	Organismo estatal de control	Referencias
Australia	Environment Protection and Biodiversity Conservation Act	1999	Department of Agriculture, Water and the Environment	(Australian Government 2025)
Nueva Zelanda	Resource Management Act	1991	Ministry for the Environment	(New Zealand The Parliamentary Counsel Office 2025)
Papúa Nueva Guinea	Environment Act	2000	Conservation and Environment Protection Authority	(Papua New Guinea Government 2025)
Fiji	Environment Management Act	2005	Department of Environment	(Fiji Government 2025)
Samoa	Lands, Surveys and Environment Act	1989	Ministry of Natural Resources and Environment	(Samoa Government 2025)
Vanuatu	Environmental Management and Conservation Act	2002	Department of Environmental Protection and Conservation	(Vanuatu Government 2025)
Islas Salomón	Environment Act	1998	Ministry of Environment, Climate Change, Disaster Management and Meteorology	(Solomon Islands Government 2025)
Tonga	Environmental Impact Assessment Act	2003	Ministry of Environment and Climate Change	(Tonga Government 2025)
Kiribati	Environment Act	1999	Environment and Conservation Division	(Kiribati Government 2025)
Micronesia	Code of Federated States of Micronesia - Trust Territory Environmental Quality Protection Act	1980	Office of Environment and Emergency Management	(Micronesia Government 2025)
Nauru	Environment Management Act	2010	Department of Commerce, Industry and Environment	(SPREP 2018)
Palau	Environmental Quality Protection Act	1994	Environmental Quality Protection Board	(Palau Government 2025)

Tuvalu	Environment Protection Act	2008	Department of Environment	(Tuvalu Government 2025)
Islas Marshall	National Environmental Protection Act	1984	Environmental Protection Authority	(Marshall Islands Government 2025)
Timor-Leste	Environmental Licensing Law	2011	Secretary of State for the Environment	(Timor-Laste Government 2025)

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

Tabla 4
Normativas relacionadas a la EIA en África

País	Normativa	Año	Organismo estatal de control	Referencias
Sudáfrica	National Environmental Management Act (NEMA)	1998	Department of Environmental Affairs	(South African Government 2025)
Nigeria	Environmental Impact Assessment Act	1992	Federal Ministry of Environment	(Nigeria Government 2025)
Egipto	Environmental Protection Law No. 4	1994	Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA)	(Egypt Government 2025)
Kenia	Environmental Management and Co-ordination Act (EMCA)	1999	National Environment Management Authority (NEMA)	(Kenya Government 2025)
Etiopía	Environmental Impact Assessment Proclamation No. 299	2002	Environment, Forest and Climate Change Commission	(Ethiopia Government 2025)
Ghana	Environmental Protection Agency Act	1994	Environmental Protection Agency	(Ghana Government 2025)
Argelia	Law No. 03-10 on Environmental Protection	2003	Ministry of Environment and Renewable Energies	(Algeria Government 2025)
Marruecos	Law No. 12-03 on Environmental Impact Studies	2003	Ministry of Energy, Mines and Environment	(Morocco Government 2025)
Uganda	National Environment Act	1995	National Environment Management Authority (NEMA)	(Uganda Government 2025)
Tanzania	Environmental Management Act	2004	National Environment Management Council (NEMC)	(Tanzania Government 2025)
Angola	Environmental Framework Law	1998	Ministry of Environment	(Angola Government 2025)
Mozambique	Environmental Law No. 20/97	1997	Ministry of Land, Environment and Rural Development	(Mozambique Government 2025)
Zambia	Environmental Management Act	2011	Zambia Environmental Management Agency (ZEMA)	(Zambia Government 2025)

Senegal	Environmental Code	2001	Ministry of Environment and Sustainable Development	(Senegal Government 2025)
Sudán	Environmental Protection Act	2001	Higher Council for Environment and Natural Resources	(Sudan Government 2025)
Camerún	Environmental Management Law	1996	Ministry of Environment, Protection of Nature and Sustainable Development	(Cameroun Government 2025)
Costa de Marfil	Environmental Code	1996	Ministry of Environment and Sustainable Development	(Government of Ivory Coast 2025)
Botsuana	Environmental Assessment Act	2011	Department of Environmental Affairs	(Botswana Government 2025)
Namibia	Environmental Management Act	2007	Ministry of Environment, Forestry and Tourism	(Namibia Government 2025)
Malí	Environmental Protection Law	2001	Ministry of Environment, Sanitation and Sustainable Development	(Mali Government 2025)

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

Tabla 5
Normativas relacionadas a la EIA en Asia

País	Normativa	Año	Organismo Estatal de Control	Referencias
Malasia	Environmental Quality Act	1974	Department of Environment	(Malaysia Government 2025)
Filipinas	Presidential Decree No. 1586 Establishing an Environmental Impact Statement System	1978	Department of Environment and Natural Resources	(Filipinas Government 2025)
Sri Lanka	National Environmental Act	1980	Central Environmental Authority	(Sri Lanka Government 2025)
Tailandia	Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act	1992	Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning	(Thailand Government 2025)
Corea del Sur	Environmental Impact Assessment Act	1993	Ministry of Environment	(Republic of Korea 2025)
Bangladés	Environment Conservation Act	1995	Department of Environment	(Bangladesh Government 2025)

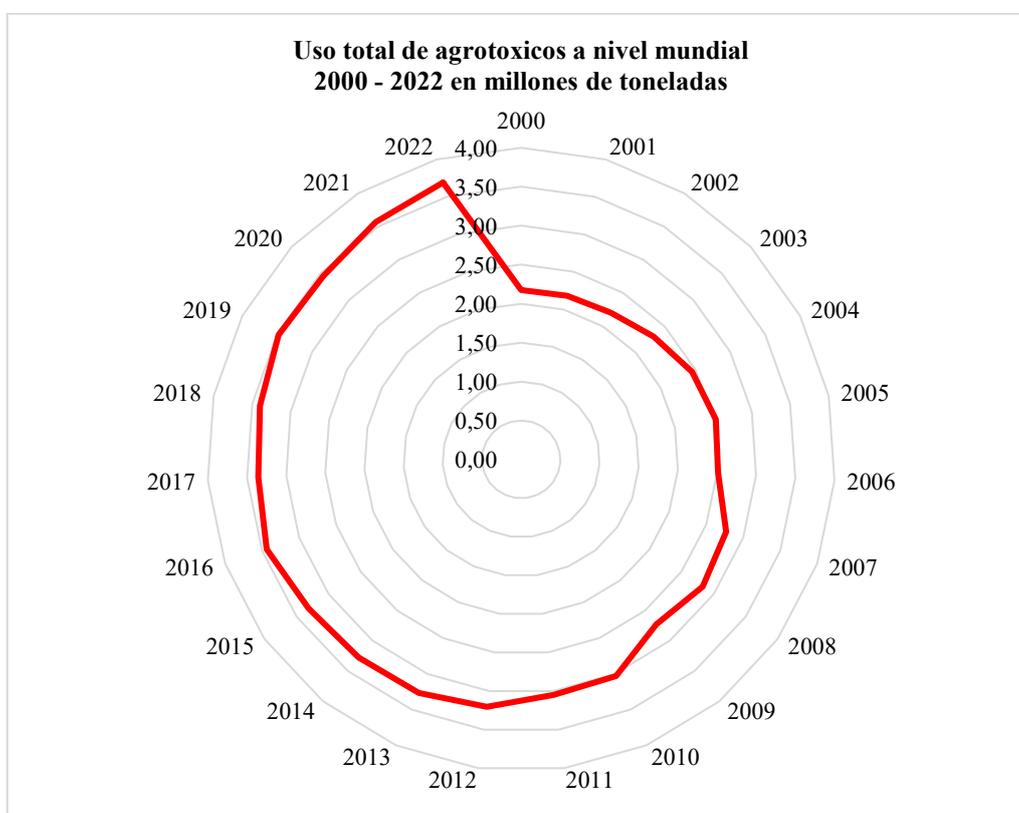
Camboya	Law on Environmental Protection and Natural Resource Management	1996	Ministry of Environment	(Cambodia Kingdom 2025)
Japón	Environmental Impact Assessment Law	1997	Ministry of the Environment	(Japan Government 2025)
Pakistán	Pakistan Environmental Protection Act	1997	Pakistan Environmental Protection Agency	(Pakistan Government 2025)
Nepal	Environment Protection Act	1997	Ministry of Forests and Environment	(Nepal Government 2025)
Mongolia	Law on Environmental Impact Assessment	1998	Ministry of Environment and Tourism	(Mongolia Government 2025)
Singapur	Environmental Protection and Management Act	1999	National Environment Agency	(Singapore Government 2025)
Laos	Environmental Protection Law	1999	Ministry of Natural Resources and Environment	(Laos Government 2025)
China	Environmental Impact Assessment Law	2003	Ministry of Ecology and Environment	(China Government 2025)
India	Environmental (Protection) Act 1986,	1986	Ministry of Environment, Forest and Climate Change	(Government of India 2025)
Kazajistán	Environmental Code	2007	Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources	(Kazakhstan Government 2025)
Indonesia	Environmental Protection and Management Act	2009	Ministry of Environment and Forestry	(Indonesia Government 2025)
Myanmar	Environmental Conservation Law	2012	Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation	(Republic of the Union of Myanmar 2025)
Vietnam	Law on Environmental Protection	2014	Ministry of Natural Resources and Environment	(Viet Nam Government 2025)
Brunéi	Environmental Protection and Management Order	2016	Department of Environment, Parks and Recreation	(Brunei Darussalam Government 2025)

Fuente y elaboración propias con base en este estudio

Anexo 2: Uso de agrotóxicos a escala mundial, regional y del Ecuador

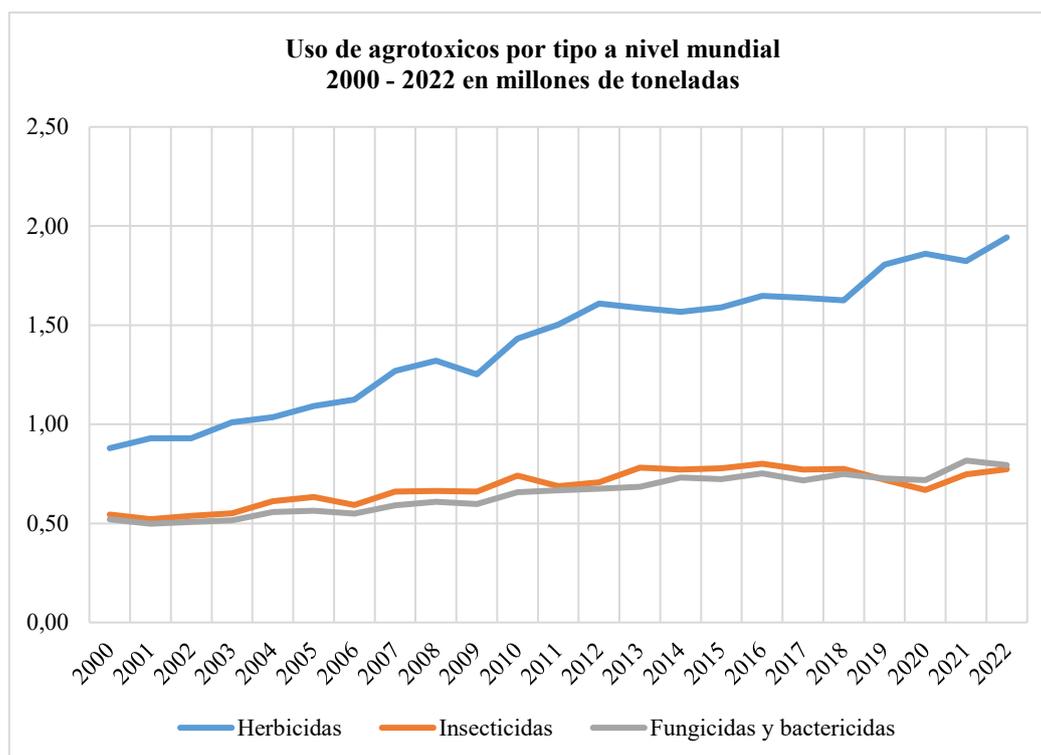
En las gráficas a continuación se resume la evolución del uso de agrotóxicos a nivel mundial basado en datos de FAOSTAT, base de datos que ofrece acceso libre a estadísticas sobre alimentación y agricultura (incluidos los subsectores de los cultivos, la ganadería, y la actividad forestal) correspondientes a más de 245 países y territorios, y abarca todos los grupos regionales de la FAO desde 1961 hasta el año más reciente del que se disponen datos. Actualmente proporcionada datos hasta el año 2022.

Agrotóxicos en el mundo



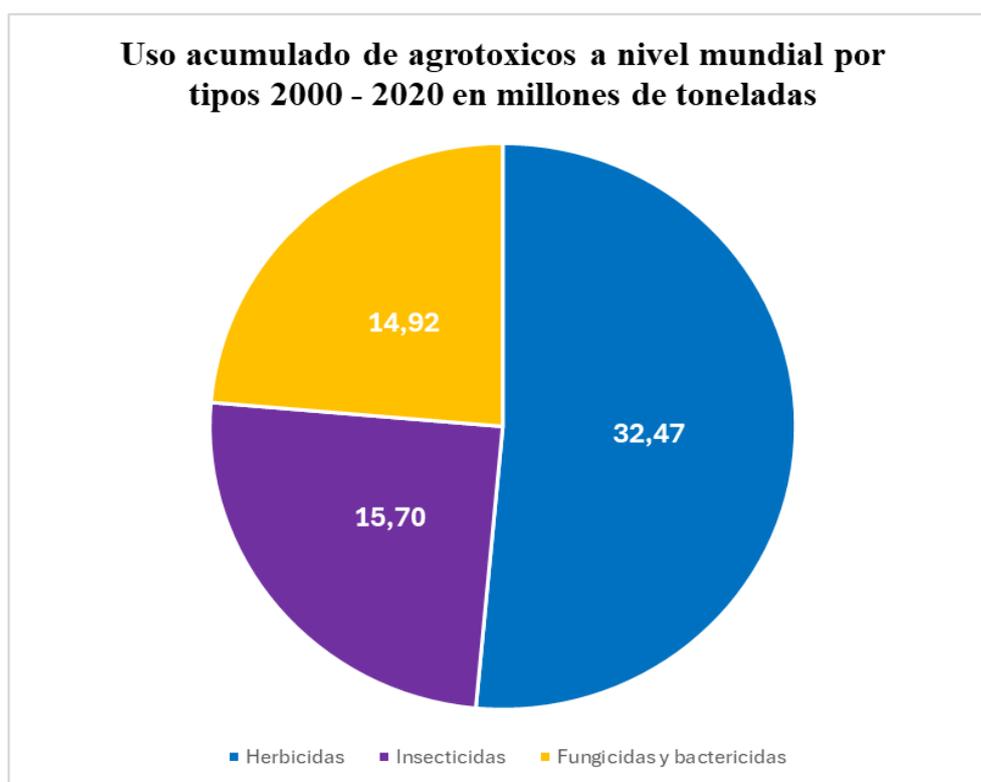
Gráfica 1. Agrotóxicos consumidos en el mundo
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia

La gráfica representa el incremento sostenido del uso de agrotóxicos a nivel mundial, prácticamente duplicándose en los últimos 20 años, pese a todas las denuncias y casos de intoxicación, enfermedades, cáncer y muerte reportados que lo relacionan con la exposición a estas sustancias. En este periodo se han aplicado 63 millones de toneladas en la producción agrícolas extractivista como se puede observar en las figuras.



Gráfica 2. Consumo de agrotóxicos por tipo a nivel mundial

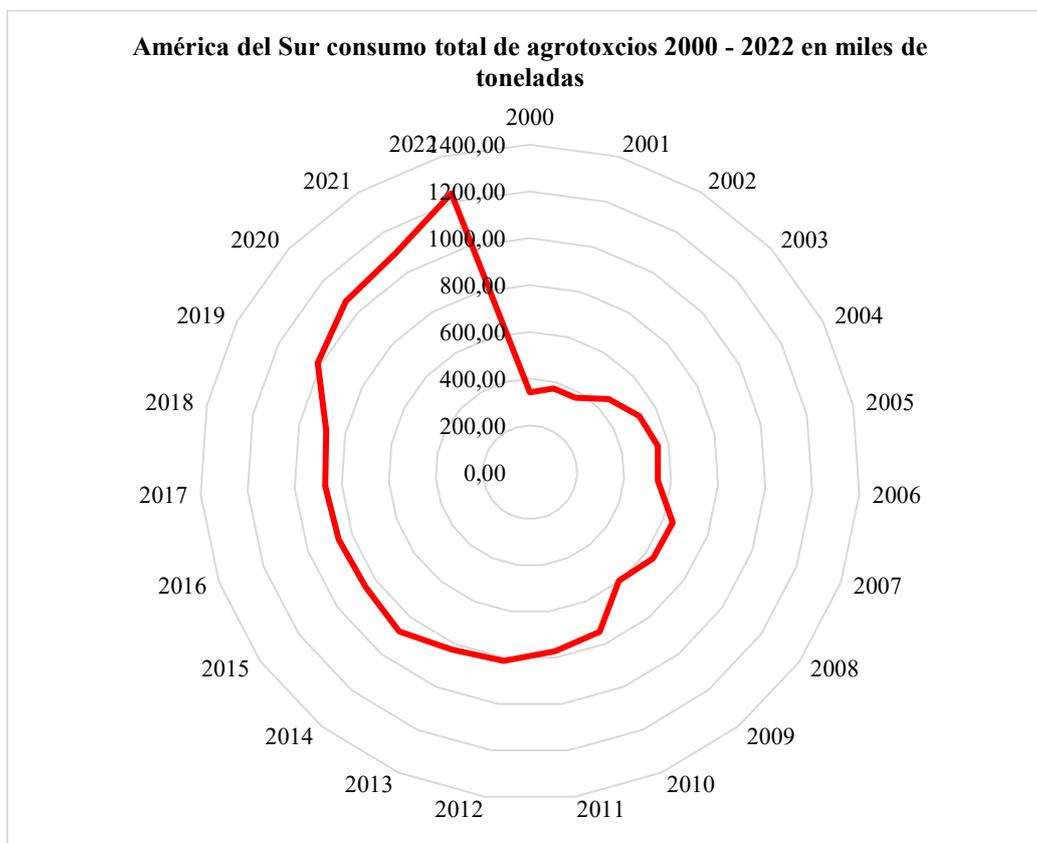
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.



Gráfica 3. Uso acumulado de agrotóxicos por tipo a nivel mundial

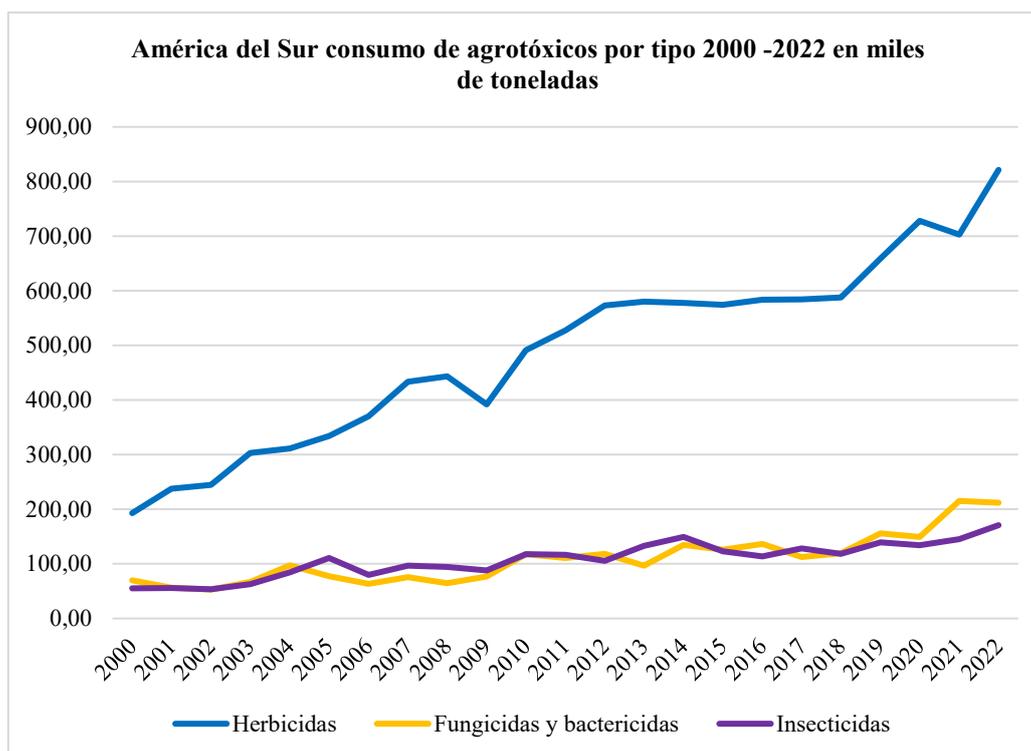
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.

Agrotóxicos en América del Sur

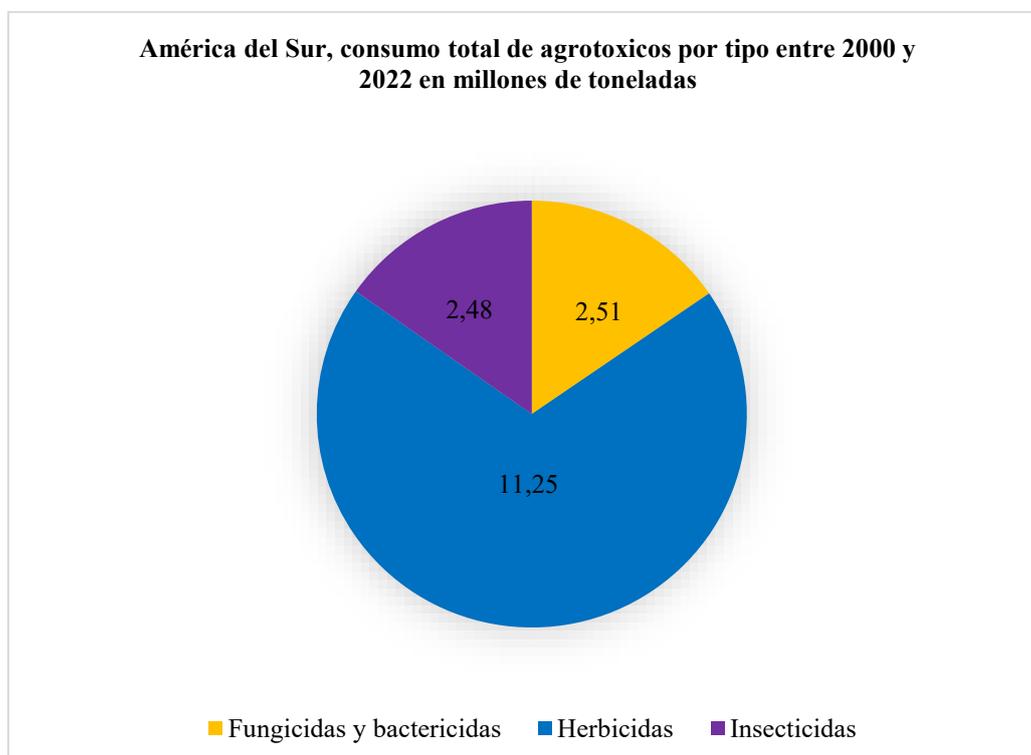


Gráfica 4. Agrotóxicos consumidos en América del Sur
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.

En la región suramericana se replica el incremento sostenido del uso de agrotóxicos, en este caso su uso se triplica en los últimos 20 años, En este periodo se han aplicado un total de 16.24 toneladas en la producción agrícolas extractivista como se puede observar en las figuras en este apartado. Los herbicidas son los productos más utilizados en la región.

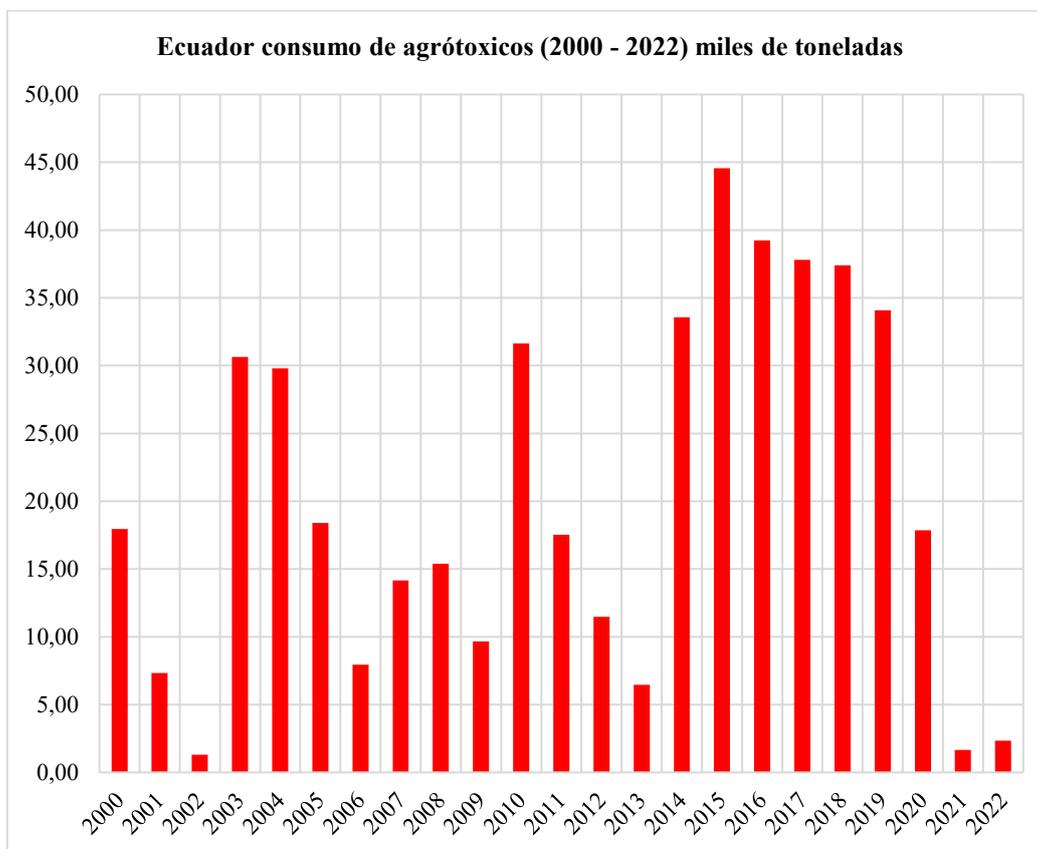


Gráfica 5. Consumo de agrotóxicos por tipo en América del Sur
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.



Gráfica 6. Uso acumulado de agrotóxicos por tipo en América del Sur
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.

Agrotóxicos en Ecuador

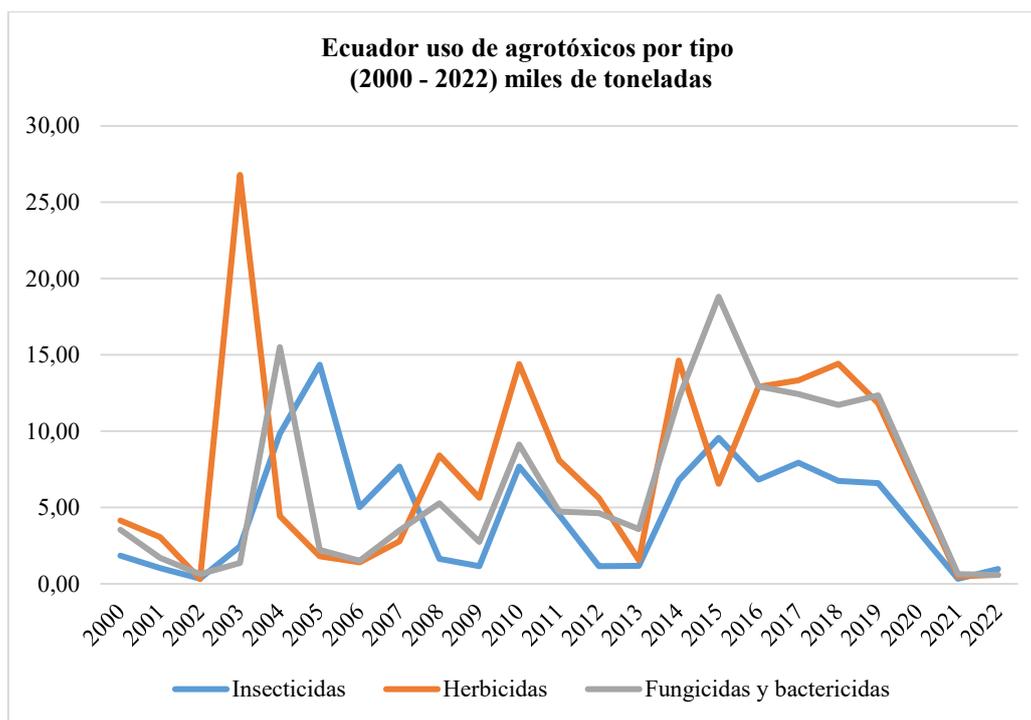


Gráfica 7. Agrotóxicos consumidos en Ecuador

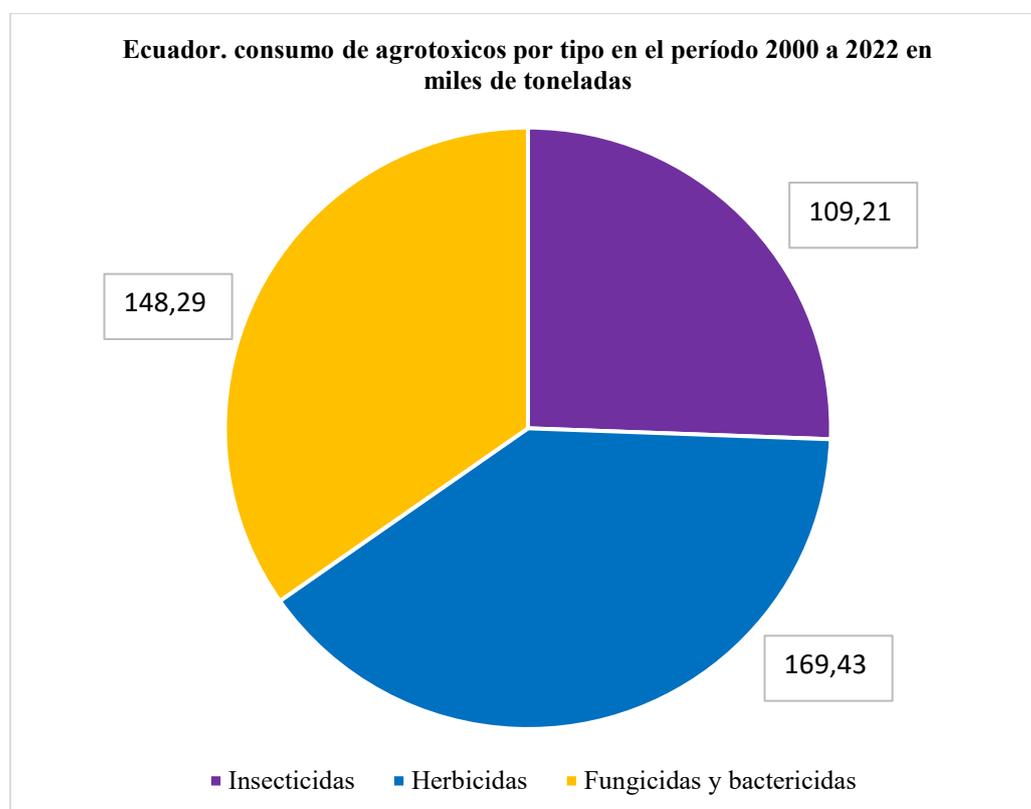
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.

En Ecuador no se presenta una tendencia sobre el uso sostenido de agrotóxicos, en este caso existen años en los que se utiliza poca cantidad y otros en los que se aplica grandes cantidades, presentándose como mínimo 1,3 miles de toneladas en el año 2002 y como máximo en el año 2015 44,56 miles de toneladas. Se puede destacar que en año 2003 y 2015 se presentó un incremento considerable del uso de herbicidas.

En el periodo estudiado 2000 a 2022 se han aplicado 426.93 miles de toneladas de agrotóxicos en la producción agrícola ecuatoriana.



Gráfica 8. Consumo de agrotóxicos por tipo en Ecuador
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.



Gráfica 9. Uso acumulado de agrotóxicos por tipo en Ecuador
Fuente: FAOSTAT. Elaboración propia.