



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS**  
**DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ORGANIZACIONALES Y DESARROLLO**  
**HUMANO**  
**DOCTORADO EN GESTIÓN TECNOLÓGICA**

**ANÁLISIS DE LAS INTERRELACIONES DEL NEXO AGUA – ENERGÍA –**  
**ALIMENTOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA DEL ECUADOR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR**  
**PhD EN GESTIÓN TECNOLÓGICA**

**CARLOS FRANCISCO TERNEUS PÁEZ**

carlos.terneus@epn.edu.ec

**Director: OSWALDO VITERI SALAZAR PhD**

hector.viteri@epn.edu.ec

**2024**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DOCTORADO EN GESTIÓN TECNOLÓGICA**

**ANÁLISIS DE LAS INTERRELACIONES DEL NEXO AGUA – ENERGÍA –  
ALIMENTOS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA DEL ECUADOR**

**CARLOS FRANCISCO TERNEUS PÁEZ**

**Director: OSWALDO VITERI SALAZAR PhD**

**Tribunal de Defensa:**

Dra. Carla Paola Mancinati Jaramillo. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional

Dra. Zora Kovacic. Estudios de Economía y Empresa, Universidad Abierta de Catalunya

Dr. Javier Cuestas Caza. Departamento de Estudios Organizacionales y Desarrollo Humano, Escuela Politécnica Nacional

Dr. Jesús Ramos Martín. Departamento de Economía e Historia Económica, Universidad Autónoma de Barcelona España

Dr. Samuele Lo Piano. School of the Built Environment, University of Reading – United Kingdom

**AVAL**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Francisco Terneus Páez, bajo mi supervisión.

---

Oswaldo Viteri Salazar

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Carlos Francisco Terneus Páez declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado, posgrado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la ley, reglamentos y normas vigentes.

---

Carlos Francisco Terneus Páez

## **DEDICATORIA**

A María Cristina

## **AGRADECIMIENTO**

Se agradece la valiosa contribución al presente trabajo doctoral, al doctor Oswaldo Viteri Salazar, director del trabajo de titulación; a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; a los compañeros del proyecto PIGR 19-15; y, a todos los distinguidos académicos, funcionarios de Instituciones públicas y privadas, quienes apoyaron la realización de esta investigación. Este estudio doctoral, al formar parte del proyecto PIGR 19-15, tuvo financiamiento parcial para cumplir con uno de sus objetivos específicos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AVAL .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS .....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xiii
<b>LISTA DE UNIDADES</b> .....	<b>xviii</b>
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	3
1       INTRODUCCIÓN .....	5
1.1   El problema de investigación .....	8
1.2   Preguntas de investigación .....	11
1.3   Hipótesis de la investigación.....	11
1.4   Objetivo general.....	11
1.5   Objetivos específicos .....	11
2       MARCO TEÓRICO.....	12
2.1   Gestión tecnológica.....	13
2.2   Filosofía de la tecnología .....	13
2.3   Energía y sociedad .....	16
2.4   Desarrollo sostenible .....	19
2.5   Economía ecológica .....	21
2.6   Nexo agua, energía y alimentos .....	24
2.7   Revisión de otros estudios realizados .....	27
3       METODOLOGÍA .....	29

3.1	Fases de la investigación .....	31
	Revisión de literatura.....	31
	Levantamiento primario de datos .....	31
	Análisis de ámbitos de interrelación.....	31
	Caracterización de la matriz energética .....	35
	Identificación de interrelaciones prioritarias .....	36
	Proposición de políticas públicas .....	37
3.2	Alcance de la investigación.....	37
3.3	Limitaciones de la investigación .....	38
3.4	Articulación de artículos .....	38
4	CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE ECUADOR ..	40
4.1	Modelo energético ecuatoriano .....	41
	Evolución del sector energético.....	41
	Energía primaria .....	47
	Energía secundaria.....	50
4.2	Método .....	51
4.3	Análisis y discusión de indicadores .....	53
	Disponibilidad .....	53
	Infraestructura.....	61
	Precios de la energía .....	64
	Eficiencia .....	69
	Impacto social.....	74
	Gobernanza .....	77
4.4	Conclusiones y recomendaciones de políticas .....	79
	Caracterización del sistema energético.....	79
	Implicaciones sobre la seguridad energética .....	80
	Recomendaciones de políticas .....	81



5	IDENTIFICACIÓN DE INTERRELACIONES PRIORITARIAS EN EL ECUADOR .....	83
5.1	Método .....	84
5.2	El nexo agua, energía y alimentos: un análisis de la sostenibilidad alimentaria en Ecuador.....	85
	Producción de alimentos en Ecuador.....	86
	Agua en Ecuador .....	89
	Panorama energético en Ecuador .....	92
	Metodología.....	97
	Resultados.....	103
	Energía utilizada en la alimentación.....	105
	Discusión .....	107
	Conclusiones.....	110
5.3	Análisis de la producción de biocombustibles en el Ecuador desde la perspectiva del nexo agua, energía y alimentos .....	111
	Política de los biocombustibles en el Ecuador .....	112
	Metodología.....	114
	Resultados y discusión.....	114
	Conclusiones y propuesta de políticas.....	117
5.4	Análisis del transporte agroalimentario en Ecuador ante una posible reducción del subsidio al diésel .....	118
	Transporte de agroalimentos al Mercado Mayorista de Quito .....	119
	Metodología.....	121
	Resultados y discusión.....	122
	Conclusiones y propuesta de políticas.....	126
5.5	Hydroenergía.....	128
5.6	Hydrocarburos.....	130

5.7	Minería a gran escala .....	135
5.8	Servicio de agua potable y saneamiento .....	137
5.9	Conclusión.....	140
6	PROPONER POLÍTICAS PÚBLICAS ENCAMINADAS A PROMOVER LA SOSTENIBILIDAD .....	144
6.1	Metodología .....	145
6.2	Revisión del marco legal .....	145
	Revisión de leyes sectoriales .....	146
6.3	Planes Nacionales de Desarrollo .....	150
6.4	Planificación sectorial .....	152
	Planificación energética.....	153
	Planificación hídrica .....	156
6.5	Situación que requiere una acción pública.....	157
6.6	Propuesta de política pública .....	160
7	CONCLUSIONES .....	164
8	BIBLIOGRAFÍA.....	168

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Exportaciones ecuatorianas desglosadas en crudo Oriente y Napo .....	48
Figura 2. Cantidad de importaciones totales de vehículos y combustibles .....	58
Figura 3. Precio de la gasolina .....	67
Figura 4. Precio del diésel .....	67
Figura 5. Consumo energético final de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú.....	68
Figura 6. Intensidad energética industrial, transporte y agricultura de algunos países de ALC .....	71
Figura 7. Monto de subsidios energéticos per cápita .....	79
Figura 8. Superficie de trabajo agrícola por cultivo .....	88
Figura 9. Porcentaje de consumo de energía en alimentos por sectores en Ecuador .....	104
Figura 10. Huella hídrica y consumo de energía de los productos alimenticios con mayor producción en Ecuador.....	107
Figura 11. Interrelaciones prioritarias .....	143

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicador y forma de medición de interrelación transporte–alimentos.....	32
Tabla 2. Indicador y forma de medición del ámbito de biocombustibles .....	33
Tabla 3. Indicadores y forma de medición del ámbito de la cadena alimentaria .....	34
Tabla 4. Indicador SWI y forma de medición .....	35
Tabla 5. Indicadores y forma de medición de interrelaciones prioritarias .....	36
Tabla 6. Expansión de la generación hidroeléctrica.....	49
Tabla 7. Dimensiones e indicadores de seguridad energética utilizados .....	52
Tabla 8. Oferta de energía primaria y consumo energético final per cápita .....	54
Tabla 9. Alcance de reservas probadas de petróleo y gas natural .....	56
Tabla 10. Suficiencia energética y dependencia externa de la energía .....	57
Tabla 11. Comparación de indicadores de renovabilidad .....	59
Tabla 12. Indicadores de porcentaje de renovables en la matriz eléctrica de países andinos y la región de ALC .....	60
Tabla 13. Indicadores de cobertura eléctrica, entre países andinos y la región de ALC.....	64
Tabla 14. Precio del GLP y consumo de leña .....	65
Tabla 15. Intensidad energética primaria y final .....	70
Tabla 16. Consumo de energía per vehículo equivalente y consumo de energía de transporte per cápita .....	72
Tabla 17. Producción de alimentos en el Ecuador .....	87
Tabla 18. Productos que más fertilizantes utilizan en el Ecuador.....	89
Tabla 19. Indicadores energéticos del Ecuador.....	95
Tabla 20. Despacho de combustible para el sector pesquero y acuícola en 2019.....	98
Tabla 21. Estimación de carga por sectores .....	98
Tabla 22. Consumo del sector industrial por tipo de energía en kbep .....	100
Tabla 23. Consumo del sector doméstico por tipo de energía en kbep.....	101
Tabla 24. Huella hídrica y consumo energético de los principales alimentos en el Ecuador	102

Tabla 25. Consumo de energía por etapas de la cadena alimentaria en kbep .....	103
Tabla 26. Productividad energética y consumo de energía en pesca y acuicultura.....	105
Tabla 27. Consumo de agua para la producción de etanol.....	115
Tabla 28. Centrales hidroeléctricas del Ecuador mayores a 50 MW, construidas después de 2000 .....	128
Tabla 29. Proyección de consumo eléctrico (GWh) por años <sup>1</sup> .....	136
Tabla 30. Cálculo del caudal de agua en las extracciones mineras en el Ecuador.....	136
Tabla 31. Estimación del consumo energético mensual de los servicios de agua potable y saneamiento.....	138
Tabla 32. Estimación general del consumo energético para agua sanitaria .....	139
Tabla 33. Comparación consumo e intensidad energética, de proyección del PLANEE y BEN .....	154

**LISTA DE ABREVIATURAS**

---

IEA	Agencia Internacional de la Energía
ALC	América Latina y el Caribe
AMT	Agencia de Transporte Metropolitano de Quito
ANT	Agencia Nacional de Tránsito
ANE	Agenda Nacional Energética
ARCA	Agencia de Regulación y Control del Agua
ARCERNNR	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables
BCE	Banco Central del Ecuador
BEN	Balance Energético Nacional del Ecuador
BIEE	Base de Indicadores de Eficiencia Energética
BSW	Basic Sediment and Water
CEDHU	Comisión Ecuménica de Derechos Humanos
Cepal	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPE	Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana
CIDH	Corte Internacional de Derechos Humanos
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Conaie	Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador
Conelec	Consejo Nacional de Electricidad
CTFE	Comisión Técnica de Determinación de Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero

DDT	Dicloro Difenil Tricloroetano
DPE	Defensoría del Pueblo de Ecuador
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre
ENSO	El Niño Oscilación del Sur
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
EP-MMQ	Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
HBA	Hoja de Balance de Alimentos
GEI	Gas de Efecto Invernadero
GIZ	Sociedad Alemana de Cooperación Internacional
GLP	Gas Licuado de Petróleo
ICCT	International Council on Clean Transportation
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
IEA	Agencia Internacional de la Energía
IFF	Instituto de Ecología Social
IIGE	Instituto de Investigación Geológico y Energético
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador
Inecel	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
INER	Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables
Irena	Agencia Internacional de Energías Renovables
LGA	Ley de Gestión Ambiental

LOEE	Ley Orgánica de Eficiencia Energética
LORHUyA	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua
Lorsa	Ley Orgánica de Régimen de Soberanía Alimentaria
LOSPEE	Ley Orgánica de Servicio Público de la Energía Eléctrica
LOTTTSV	Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial
LRSE	Ley de Régimen del Sector Eléctrico
Maate	Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador
Magap	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MERNNR	Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
NCAA	Norma de Calidad del Aire y Ambiente
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NREL	National Renewable Energy Laboratory
OCP	Oleoducto de Crudos Pesados
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
Olade	Organización Latinoamericana de Energía
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo



PBV	Peso Bruto Vehicular
PEG	Plan de Expansión de la Generación
PIB	Producto Interno Bruto
Planee	Plan Nacional de Eficiencia Energética
PME	Plan Maestro de Electricidad
PNGIRH	Plan Nacional de Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas del Ecuador
PNRD	Plan Nacional de Riego y Drenaje
RAOHE	Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador
EROI	Retorno de Energía sobre la Inversión
SCOT	Social Construction of Technology
SE4ALL	Sustainable Energy For All
Senagua	Secretaría Nacional del Agua
Senplades	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
Sielac	Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe
SINEE	Indicadores Nacionales de Eficiencia Energética
SIN	Sistema Nacional Interconectado
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SNDGR	Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos
SRI	Servicio de Impuestos Internos
SUV	Sport Utility Vehicle

TAR	Teoría del Actor-Red
Tulas	Texto Unificado de Legislación Ambiental
Tulasma	Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria
UNODC	Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito
UPA	Unidades de Producción Agrícola
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
USCUSS	Análisis de las Políticas de los Sectores Agricultura y Uso del Suelo y Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura
VAB	Valor Agregado Bruto
WEF	Water – Energy – Food
WWAP	World Water Assessment Programme
ZA	Zona Andina

**LISTA DE UNIDADES**

---

bbbl	Barril de Petróleo
bep	Barril Equivalente de Petróleo
CO <sub>2</sub> eq	Equivalente de CO <sub>2</sub>
°C	Grado Celsius
eq-car	Carro Equivalente
g	Gramos
Gal	Galón
grados API	Densidad de Líquidos
ha	Hectárea
hab	Habitante
J	Joule
kep	Kilogramos Equivalentes de Petróleo
l	Litros
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro Cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico
s	Segundos
t	Toneladas
tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
tkm	Tonelada-kilómetro
USD	Dólar
USD2011PPA	Producto Interno Bruto a Precios Constantes del año 2011 de Referencia.
V	Voltios
VA	Voltamperio

W Vatio  
Wh Vatio-hora

## RESUMEN

El enfoque del nexo entre agua, energía y alimentos (WEF) destaca la interdependencia crucial entre estos recursos que están totalmente entrelazados y son interdependientes. Los impactos sobre un recurso, ya sea del lado de la demanda o de la oferta, afecta a los otros y de esta manera a toda la cadena de producción o consumo. Ante una creciente escasez a lo que se suma la crisis climática, su comprensión y abordaje son fundamentales para alcanzar metas económicas, ambientales y sociales a largo plazo (Hoff, 2011).

Mediante una metodología cuantitativa, no experimental y transversal, se describieron las interacciones entre el agua, la energía y los alimentos en las siguientes fases: revisión de literatura, levantamiento primario de datos, ámbitos de interrelación, caracterización de la matriz energética, identificación de interrelaciones prioritarias y proposición de políticas públicas.

El objetivo de esta investigación fue la de analizar las interrelaciones del nexo agua-energía-alimentos en la matriz energética del Ecuador. En el primer objetivo se caracteriza a la matriz energética del Ecuador y se encuentra que la mitad de la energía que consume es importada y que tiene una intensidad energética creciente debido principalmente al sector transporte. El artificial bajo precio de los combustibles se lo identifica como una de las principales causas del contrabando, baja eficiencia, el incremento exponencial de las autorizaciones de agua subterránea, el bajo desarrollo de energías renovables no hidráulicas, la sobrepoblación de transporte pesado, la congestión vehicular entre otros. Aunque Ecuador presenta bajos índices de pobreza energética gracias a la amplia cobertura eléctrica y precios accesibles, su sostenibilidad depende fuertemente de los ingresos fiscales, lo que plantea desafíos para mantener este beneficio social.

En el segundo objetivo se identificaron como ámbitos de interrelación prioritaria del nexo WEF a la cadena alimentaria. Aquí destacan las exportaciones como grandes consumidores de agua y energía. Los biocombustibles, que aportan con menos del 2 % al consumo de gasolina, pero compite por suelo y agua con los alimentos. El transporte de alimentos, que constituye aproximadamente el 40 % del transporte de mercancías del país, pero que a pesar de su importancia evidencia una falta de control de las autoridades. La hidroenergía, en la cual Ecuador tiene un gran potencial, pero que se enfrenta a desafíos como los conflictos socio ambientales, la falta de inversión y cambios climáticos. La explotación petrolera que se encuentra con un crudo cada vez más viscoso, demanda mayores cantidades de energía y produce grandes cantidades de agua de

formación, lo que constituye un riesgo para la contaminación de ríos y acuíferos. La minería a gran escala, que es la actividad que mayor cantidad de inversiones recibe, pero que presenta gran conflictividad debido al potencial riesgo de contaminación del agua. El agua potable y de saneamiento, por el bajo nivel de tratamiento de aguas servidas urbanas, situación por la que se le reconoce como la principal causa de la contaminación del agua en el país.

En el tercer objetivo se proponen políticas públicas orientadas a una planificación conjunta de los sectores del agua, energía y alimentos, con planes de largo aliento, la utilización de instrumentos económicos para obtener un uso eficiente de los recursos, el levantamiento sistemático de información desagregada del uso del agua y la energía.

La conclusión es que el bajo precio de los combustibles influye decididamente en las características de la matriz energética del Ecuador y en su interrelación con los recursos de agua y alimentos. Por otro lado, los gobiernos de turno, en su búsqueda de ingresos económicos para la caja fiscal, han fomentado la extracción de petróleo, la producción de banano, camarón, atún, cacao y recientemente minerales, entre otros, para lo cual se requieren ingentes cantidades de agua y energía. Por esta razón existen repercusiones sobre la calidad y cantidad del agua, la dependencia energética, los ecosistemas y el avivamiento de conflictos sociales.

## ABSTRACT

The water, energy and food nexus (WEF) approach highlights the interdependence that exists between these resources and calls for integrated management. Excessive and improper use of these resources, their degradation, pollution, growing scarcity and climate change push socio-ecological systems to critical thresholds such as soil erosion, water scarcity and food crises (FAO, 2022).

Using a quantitative, non-experimental and transversal methodology, the interactions between water, energy and food were described in the following phases: literature review, primary data collection, areas of interrelation, characterization of the energy matrix, identification of interrelationships priorities and public policy proposals.

The objective of this research was to analyze the interrelationships of the water – energy – food nexus in the energy matrix of Ecuador. In the first objective, the energy matrix of Ecuador is characterized and it is found that half of the energy it consumes is imported, it has a growing energy intensity due mainly to the transportation sector. The artificially low price of fuel is identified as one of the main causes of smuggling, low efficiency, the exponential increase in groundwater authorizations, the low development of non-hydraulic renewable energies, the overcrowding of heavy transport, and vehicle congestion. Although Ecuador has low rates of energy poverty thanks to broad electricity coverage and affordable prices, sustainability depends heavily on tax revenue, which poses challenges to maintaining this social benefit.

In the second objective, the areas of priority interrelation of the water, energy, food nexus to the food chain were identified, where exports stand out as major consumers of water and energy; biofuels, which contribute less than 2 % to gasoline consumption, but compete for land and water with food; food transportation, which constitutes approximately 40 % of the country's merchandise transportation, but despite its importance, shows a lack of control by the authorities. Hydroenergy has a contribution of less than 2 % to the consumption of agri-food transportation. Hydroenergy, of which Ecuador has great potential, but which faces challenges such as socio-environmental conflicts, lack of investment and climate changes. Oil production faces increasingly viscous crude oil that demands greater amounts of energy and produces large quantities of formation water, which constitutes a risk for the contamination of rivers and aquifers. Large-scale mining, which is the activity that receives the greatest amount of investment, but which presents great conflict due to the potential risk of water contamination. Drinking water and sanitation, due to the low level of urban wastewater treatment, which is recognized as the main cause of water pollution in the

country.

In the third objective, public policies are proposed aimed at joint planning of the water, energy and food sectors, with long-term plans, the use of economic instruments to obtain efficient use of resources, the systematic collection of disaggregated information. of water and energy use.

The conclusion is that the low price of fuels decisively influences the characteristics of Ecuador's energy matrix and its interrelation with water and food resources. On the other hand, the governments in power, in their search for economic income for the fiscal coffers, have encouraged the extraction of oil and recently minerals, and the production of bananas, shrimp, tuna, cocoa, among others, for which huge quantities of water and energy, which is having repercussions on the quality and quantity of water, energy dependence, ecosystems and the revival of social conflicts.



## 1 INTRODUCCIÓN

En 2011, el Foro Económico Mundial presentó un informe histórico sobre una correlación de riesgos entre los sectores de agua, energía y alimentos, cuya escasez podría causar inestabilidad social y política, conflictos geopolíticos y daños ambientales irreparables (World Economic Forum, 2011).

Por ello, los sectores del agua, la energía y los alimentos cuyos vínculos han estado siempre presentes, demandan una administración más consciente de su interrelación, considerando que, en un ambiente de escasez, la acción en un sector puede afectar al otro, lo cual puede generar conflictos sociales. Esta realidad se suele exacerbar, a medida que los gobiernos buscan soluciones a corto plazo para paliar las dificultades económicas, como la explotación indiscriminada de sus recursos naturales (World Economic Forum, 2011).

América Latina y el Caribe (en adelante, ALC) poseen una abundancia de recursos naturales, como agua, tierra y energía, y es la región con el mayor volumen de agua disponible per cápita a nivel mundial (Pochat et al., 2018). El crecimiento económico de la región se ha basado en la explotación de estos recursos naturales, destacando la importancia de las materias primas en el comercio regional. Este modelo de desarrollo primario ha mostrado señales claras de insostenibilidad ambiental y desigualdad social. Persisten desafíos relacionados con la desigualdad de ingresos y la insatisfacción en la garantía de derechos humanos. Todo esto sugiere la necesidad de considerar el enfoque del nexo WEF para lograr mejoras sostenibles y equitativas. No obstante, hay una notable falta de atención de este enfoque que aún no ha sido incorporado en políticas o planificaciones sectoriales (Bellfield, 2015a; Embid y Martín, 2017).

La Constitución ecuatoriana reconoce implícitamente esta interrelación; sin embargo, es necesario identificarlas, comprender sus riesgos, sinergias e impactos, y migrar desde un enfoque sectorial de desarrollo de políticas hacia una gestión integrada. El Ecuador tiene una economía extractivista basada en la explotación de hidrocarburos, minerales, biomasa y de su riqueza ictiológica. A partir de la dolarización, la apertura de la economía nacional ha crecido de forma significativa, debido al incremento del peso relativo de las importaciones; sin embargo, tiene uno de los peores niveles de competitividad en el mundo (Raza, 2018). Por tanto, se puede catalogar al Ecuador como un país importador–consumidor, lo que implica un riesgo para su desarrollo.

Ecuador es un país exportador de petróleo, lo cual ha influido en su desarrollo y ciertamente en su matriz energética, que tiene un predominio de combustibles fósiles, la mayoría de ellos importados.

Una larga historia de precios bajos de la energía y una débil gobernanza, no le ha permitido desarrollar un consumo energético racional ni eficiente. Ecuador es uno de los países de mayor porcentaje de generación de fuentes hídricas en su matriz eléctrica, por lo tanto, la variabilidad climática puede afectar su confiabilidad. Por otro lado, el Ecuador cuenta con una riqueza hídrica que supera varias veces la media mundial; sin embargo, gran parte de sus fuentes hídricas están contaminadas. Ecuador es uno de los principales exportadores de alimentos de la región, pero importa dos de los tres alimentos que más consume.

Esta investigación es relevante, considerando que los recursos que siempre han sido abundantes en el país, son cada vez más escasos. El Ecuador está en camino de convertirse en importador neto de petróleo; muchos cuerpos de agua no cumplen con los parámetros mínimos para uso humano o agrícola; además, el monocultivo y el amplio uso de agroquímicos pueden estar produciendo erosión del suelo. Por otro lado, la situación macroeconómica obliga al Estado a impulsar actividades extractivas que son intensivas en el uso del agua y de energía, lo cual representa un riesgo para la calidad del agua y la eficiencia energética.

La información para esta investigación se obtuvo principalmente de datos recopilados de diversas fuentes oficiales, tales como los balances energéticos nacionales del Ministerio de Energía y Minas, los boletines estadísticos de Senagua e INEC, así como los informes y boletines del Banco Central del Ecuador y los informes de balances de alimentos del MAGAP. También se utilizarán fuentes internacionales como la base de datos Sielac y BIEE. Para analizar el transporte de alimentos se llevó a cabo una encuesta en el Mercado Mayorista de Quito para recabar información relevante.

Las restricciones de movilidad debido a la pandemia de COVID-19 presentaron algunas limitaciones debido a los cierres temporales de instituciones, limitación de reuniones presenciales y retraso en la entrega de información. Otra limitación importante fue la limitación en el acceso a las bases de datos, pues las instituciones encargadas no las comparten, son de mala calidad o simplemente no existen.

El paradigma de investigación elegido en este trabajo es el *pospositivismo*, que utiliza elementos cuantitativos, pero destaca la importancia de interpretaciones diversas para abordar un objeto. El diseño de la investigación es *no experimental transversal y descriptiva*. Utiliza como técnicas la encuesta y la información secundaria de bases de datos.

Los principales aportes de esta investigación son los siguientes: a partir de la dolarización de la economía se registra un creciente consumo de derivados del petróleo importados, que constituyen

la mitad de la energía consumida en 2021. La cantidad de energía necesaria para generar riqueza es mayor que la de sus vecinos, principalmente, debido al sector transporte. Aunque se introdujeron biocombustibles para reducir esta dependencia externa, su contribución ha sido menor al 2 %. Sin embargo, utiliza un caudal aproximado de 2 m<sup>3</sup>/s en una zona de vulnerabilidad crítica a conflictos por escasez de agua y presenta un riesgo de contaminación del agua, lo que en Ecuador es un problema de gran magnitud. El etanol es el noveno producto en utilizar mayor cantidad de tierra apta para la agricultura y el séptimo con mayor superficie irrigada.

El subsidio generalizado a los combustibles se identifica como la causa principal del contrabando, baja eficiencia, congestión vehicular, bajo desarrollo de energías renovables no hidráulicas e incremento de las autorizaciones del uso de agua subterránea, lo cual puede estar afectando a los acuíferos. Aunque Ecuador tiene bajos índices de pobreza energética gracias a la amplia cobertura eléctrica y precios accesibles, la sostenibilidad depende fuertemente de los ingresos fiscales, lo que plantea desafíos para mantener este beneficio social.

En la cadena alimentaria resalta el sector pesquero y acuícola de camarón, que tienen un consumo energético significativamente elevado. De toda la huella hídrica y la energía necesarias para la producción de alimentos, la mitad es debido al mercado internacional como agua virtual y energía embebida. Los principios declarativos de la Constitución del Ecuador, con respecto a la seguridad hídrica y soberanía alimentaria y energética, no son operativos en un contexto de débil gobernabilidad, pues los intereses privados sectoriales pueden constituir un gran obstáculo para la implementación del enfoque del nexo WEF, que persigue fines distintos y en ocasiones opuestos a la rentabilidad económica de ciertos sectores de la economía (Embid y Martín, 2017).

Con respecto al transporte de agro alimentos, se identifica que este representa aproximadamente el 40 % del transporte de carga nacional. A pesar de su importancia, la debilidad institucional se evidencia en la falta de coordinación entre organismos estatales, bases de datos con inconsistencias, controles escasos y laxos, sobrepoblación de camiones, entre otros.

El Ecuador tiene explotado únicamente el 25 % de su capacidad hidroeléctrica. Sin embargo, enfrenta desafíos como los conflictos socio ambientales, la falta de inversión y el cambio climático. La producción petrolera consume cada vez más energía y agua, debido a una mayor presencia de crudo pesado y extrapesado. Adicionalmente, produce grandes cantidades de agua de formación, lo que constituye un riesgo para la contaminación de ríos y acuíferos. En Ecuador, la minería es el sector económico que mayor cantidad de inversiones recibe, cuyos montos de exportación, son

comparables con las del petróleo. Existen dos proyectos funcionando fruto del Norte y Mirador. Sin embargo, su nivel de conflictividad es muy alto por el riesgo que representa para la contaminación del agua. El sector del agua potable y saneamiento, tiene el 2 % de las autorizaciones de uso del agua y aproximadamente el 4 % del consumo eléctrico nacional. El bajo nivel de tratamiento de las aguas servidas es la principal causa de contaminación del agua en el país.

Las propuestas de políticas públicas bajo el enfoque del nexos WEF buscan abordar integralmente los desafíos en estos sectores, lo que requiere de un amplio consenso político, participación ciudadana y políticas estables para garantizar la viabilidad a largo plazo. Se propone la creación de un marco legal que permita la continuidad de los planes de desarrollo, coordinación de las planificaciones sectoriales y fortalecimiento del ordenamiento territorial basado en cuencas hidrográficas. El Ecuador tiene el reto de diseñar y aplicar precios, tarifas e instrumentos económicos acordes a la realidad, simultáneamente con la introducción de sistemas efectivos de subsidios para quienes lo requieran. Además, se plantea diversificar las fuentes de energía renovable con marcos e instrumentos económicos equilibrados para otorgar estabilidad y seguridad a la inversión, incluso en condiciones macroeconómicas adversas.

Es crucial establecer normativas que aseguren la disponibilidad de información fehaciente sobre el uso y aprovechamiento de los recursos de agua, energía y alimentos. Se propone iniciar un proceso de desvinculación de la economía de los hidrocarburos, promoviendo estructuras productivas sostenibles y fortaleciendo capacidades en regulación y control.

## **1.1 El problema de investigación**

En ALC, la demanda de agua, energía y alimentos es una situación compleja, que se espera que se agudice aún más debido a su alta dependencia de recursos naturales y a los efectos del cambio climático (Embid y Martín, 2017; Mercure et al., 2019; Naranjo y Willaarts, 2020). Su modelo de desarrollo dominante se basa en una estructura productiva, que depende de la abundancia y explotación del petróleo, minería y biomasa, lo que fomenta la deforestación, la reducción de la biodiversidad, el uso intensivo de insumos químicos o biológicos, la contaminación del agua, la tierra, el aire, desigualdad social, entre otros (Cepal, 2016; FAO, 2022).

Dentro de ALC destaca el Ecuador como un país rico en recursos energéticos. En 2021, con 1.95, tuvo la mayor autarquía hidrocarburífera de la región, solamente detrás de Venezuela, Trinidad y Tobago y Bolivia. Este indicador se define como la producción primaria de hidrocarburos dividida

para la oferta total de estas mismas fuentes sumada a la oferta de derivados de petróleo menos la producción de derivados (OLADE, 2022). Esto significa que produce el doble de la energía que consume. En ese mismo año Ecuador, luego de Paraguay, Costa Rica, Uruguay, El Salvador y Colombia, con 81 %, tuvo el mayor índice de renovabilidad en su matriz eléctrica, principalmente de hidroenergía (Sielac, 2023). Sin embargo, paradójicamente, importa la mitad de la energía que consume, especialmente diésel y gasolina —orientados especialmente al sector automotriz— y GLP (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

En el Ecuador, un elemento de política clave y que ha influido fuertemente sobre la matriz energética son los bajos precios de los combustibles (Castro, 2011; Diaz - Cassou, 2018; Espinoza y Guayanlema, 2017; Figueroa de la Vega, 2008). Esto repercute en el contrabando, que representa un perjuicio para el Estado estimado en USD 400 millones anuales (Valencia, 2019), pero además en una ausencia generalizada del hábito de ahorro energético (Vallejo Carpio, 2019). Los mayores conflictos sociales que han existido en este país han sido en torno al subsidio a estos derivados del petróleo. Esta compensación social representa alrededor del 10 % del presupuesto general del Estado y el 22 % de los ingresos por exportaciones de petróleo (Zambrano Choez y Pionce Soledispa, 2023).

Al sector transporte se le atribuye el mayor consumo energético per cápita en Ecuador con respecto a otros países andinos (P. Castro et al., 2018). La intensidad energética del transporte, con 0.04 kep/USD2010PPA, es la más alta de ALC, luego de Bolivia; y es el doble que en Perú y Colombia. Con la finalidad de que sea una sustitución efectiva a las importaciones de derivados de petróleo, se comienza a expender a partir de 2014, la gasolina denominada “Ecopaís”, una mezcla de gasolina con etanol producido a partir de la caña de azúcar.

Sin embargo, los biocombustibles enfrentan desafíos ambientales y sociales. Su producción a gran escala puede competir con la producción de alimentos, lo que causa inseguridad alimentaria, además de tener un impacto perjudicial en la cantidad y calidad de las fuentes hídricas disponibles para otros usos y el medio ambiente (Saulino, 2011).

Debido principalmente al transporte, la intensidad energética, entre 2012 y 2022, creció a un promedio de 1 % anual, mientras la meta 7.3 del cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, ODS 2030 (en adelante, ODS), es duplicar su tasa de reducción. Los países vecinos de Colombia y Perú, la subregión andina y ALC disminuyeron este indicador, como es lo deseable.

La hidroelectricidad, con una eficiencia cercana al 90 %, es clave para disminuir la intensidad

energética y mitigar el cambio climático. Adicionalmente, proporciona un servicio energético asequible, seguro, sostenible y moderno lo que permite dar cumplimiento al ODS antes señalado. Ecuador actualmente aprovecha una cuarta parte de su capacidad hidroeléctrica, lo que significa que en el futuro podría disponer de más energía eléctrica renovable y endógena. Sin embargo, los conflictos socio ambientales pueden alterar el proceso de explotación o eventualmente impedirlo. Los ámbitos a nivel de ALC que son consumidores destacados de energía y tienen interrelación con los recursos agua y/o alimentos son la cadena alimentaria, en el que se incluye la agricultura, la pesca, la acuicultura, el riego presurizado, el bombeo de agua subterránea, el transporte, cultivo energético; con una fuerte interrelación entre agua y energía se menciona la explotación de petróleo, la minería y el agua potable y saneamiento (Embid y Martín, 2017).

Con respecto a la producción de alimentos, Ecuador es considerado un país megadiverso debido a su geografía, que incluye la cordillera de los Andes y una ubicación oceanográfica favorable. Este país es uno de los principales exportadores de alimentos en la región de ALC. En 2019, los principales productos de exportación incluyeron camarones, plátanos, conservas de atún y cacao (BCE, 2020). Cabe mencionar que la pesca y la acuicultura de camarones son procesos energéticamente intensos (Muir, 2015).

El riego, con 82 % de las autorizaciones, es el mayor uso consuntivo del agua, pero la mayor cobertura corresponde a los cultivos permanentes pertenecientes a la agroindustria exportadora (MAATE, 2021). Este es un ejemplo de la diferencia significativa en el acceso a los recursos entre los grandes grupos agroindustriales y exportadores y la agricultura familiar campesina (FAO, 2019).

Se registra un significativo incremento exponencial de los caudales autorizados para agua subterránea, que pasaron de 2,342 l/s principalmente para riego, en 2006 a 9,841 l/s principalmente para uso industrial, en 2016 (Senagua, 2017a). El bajo precio del combustible y la contaminación de las aguas superficiales, se identifican como una de las causas.

Ecuador destaca por su alto uso de agroquímicos, que pueden tener impactos adversos en la salud humana y el medioambiente (FAO, 2021; Gorospe, 2018; Llive, 2016; Olmos, 2017); de hecho, esta es una de las causas identificadas de la importante contaminación del agua en Ecuador (Senagua, 2010).

El país enfrenta desafíos significativos para lograr una gestión sostenible, diversificación económica y equidad. Abordar estos problemas requerirá de un enfoque integrado que considere

las interconexiones entre agua, energía y alimentos.

## **1.2 Preguntas de investigación**

Frente a esta problemática, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se ven influenciadas las interrelaciones del nexo WEF por la matriz energética en el Ecuador?

## **1.3 Hipótesis de la investigación**

Las interrelaciones entre agua, energía y alimentos se ven influenciadas por el subsidio a los combustibles.

## **1.4 Objetivo general**

Analizar las interrelaciones del nexo WEF en la matriz energética del Ecuador.

## **1.5 Objetivos específicos**

1. Caracterizar el actual modelo energético del Ecuador.
2. Identificar interrelaciones prioritarias del nexo WEF en la matriz energética del Ecuador.
3. Proponer políticas públicas para lograr la sostenibilidad.

## 2 MARCO TEÓRICO

La matriz energética —el objeto de estudio— es definida por diferentes autores como un proceso socio técnico de producción, transformación, transporte, transmisión, distribución y consumo de energía, en toda su conformación multidimensional, que impacta significativamente en el desarrollo social y la calidad de vida (Bolton y Foxon, 2015; Bryant et al., 2020; Ryan et al., 2014; Sovacool, 2015; Verbong y Geels, 2007).

En esta investigación se analiza la matriz energética desde diferentes enfoques. El primero es desde la *economía ecológica*, que reconoce los límites físicos y biológicos del planeta y destaca la importancia de vivir dentro de estos, incorpora en su análisis la valoración de los servicios ecosistémicos, promueve el uso sostenible de fuentes de energía y recursos naturales, fomenta la eficiencia en el uso de los recursos, desafía la idea de un crecimiento económico ilimitado y propone una reorganización de la economía para enfocarse en la calidad de vida, la equidad y la sostenibilidad, reconoce la interconexión entre sistemas socioeconómicos y ecológicos, y destaca cómo las decisiones económicas afectan y son afectadas por la salud de los ecosistemas (Daly, 1996; Martínez Alier et al., 1998).

El segundo enfoque es desde la *gestión tecnológica* orientada al desarrollo sostenible al integrar consideraciones ambientales, sociales y económicas en la implementación de capacidades tecnológicas para lograr los objetivos estratégicos (Herkert et al., 1996).

El tercer enfoque se relaciona con el nexo WEF, que destaca la creciente interdependencia entre agua, energía y alimentos, y enfatiza en la necesidad de comprender y abordar estas interdependencias para lograr objetivos económicos, ambientales y sociales a largo plazo (Hoff, 2011).

El cuarto enfoque es desde la *teoría del actor red* (en adelante, TAR), que observa a la matriz energética compuesta por elementos heterogéneos, como por ejemplo los artefactos, instituciones, leyes y reglamentos, medioambiente, idiosincrasias, pero también entidades como la energía, agua y alimentos. En el diseño de esta tecnología existen intereses económicos, sociales y políticos, y su utilización puede tener repercusiones socio ambientales.

En este capítulo se abordan conceptos claves que han dado soporte a esta tesis doctoral, como gestión tecnológica, filosofía de la tecnología, energía y sociedad, desarrollo sostenible, economía ecológica, nexo WEF. Al final, se realiza una revisión de los estudios realizados en el Ecuador alrededor del tema.



## **2.1 Gestión tecnológica**

La gestión tecnológica es un dominio interdisciplinario emergente, que integra la ingeniería, las ciencias naturales, la economía y la gestión; es un proceso que abarca la planeación, dirección y control de la construcción de capacidades tecnológicas para dar forma y lograr los objetivos estratégicos y operativos de todas las organizaciones, no solamente de las empresas (Bloomer et al., 2010; Gallego-Alzate, 2005; García Vergara et al., 2008; Jacobsson, 2004; Malaska y Kaivo-oja, 1996; National Research Council, 2010; Shrivastava et al., 2016; Yubo et al., 2023).

La gestión tecnológica, no solo va más allá de la implementación técnica de soluciones, sino que también aborda cambios en sistemas socio económicos más amplios que incluya la sociedad, tecnología y medioambiente (Herkert et al., 1996; Hoogma et al., 2002).

Cabe destacar a la innovación como un componente central de la gestión tecnológica. La capacidad de adaptarse y adoptar nuevas tecnologías es esencial para el éxito a largo plazo de cualquier organización.

La incorporación de la sostenibilidad en la gestión tecnológica refleja una conciencia creciente de los impactos más amplios de las decisiones tecnológicas. Considerar las consecuencias ambientales y sociales es clave para mitigar posibles efectos negativos a largo plazo. El desafío del desarrollo sostenible se entiende cada vez más en términos de transiciones hacia sistemas socio técnicos más sostenibles (Smith et al., 2010).

La gestión tecnológica contribuye con el desarrollo sostenible al: i) plantear consideraciones ambientales, sociales y económicas en la selección, desarrollo y despliegue de tecnologías; ii) fomentar la innovación; y, iii) mejorar la eficiencia de los recursos (Yubo et al., 2023).

Brent y Pretorius (2008) consideran que las teorías y prácticas de la gestión tecnológica no abordan adecuadamente las interacciones dinámicas entre la naturaleza y la sociedad, sobre todo en aquellas tecnologías a gran escala; recomienda que las futuras investigaciones se concentren en esto.

Ampliar el marco hacia una perspectiva más amplia que incluya externalidades socio ambientales demuestra una comprensión profunda de la complejidad de la interacción entre la tecnología y la sociedad. El desafío de la gestión tecnológica, incorporada cada vez más en un marco de sostenibilidad, no reside únicamente en el potencial económico, sino también en las consecuencias para el medioambiente y el entorno (IPCC, 2023; Jacobsson y Bergek, 2011).

## **2.2 Filosofía de la tecnología**

A continuación, se analiza la tecnología desde el punto de vista del determinismo, constructivismo social, teoría crítica y TAR. Cabe recordar que el objeto de estudio es la matriz energética.

La teoría determinista conceptualiza a la tecnología como objetos materiales duros (Ellul, 2021; Mauthner y Kazimierczak, 2018), pero que son el motor del bienestar social, lo cual es un dogma que permanece en el imaginario colectivo, que legitima el crecimiento tecnológico como sinónimo de desarrollo (Corrêa y Geremias, 2013), a pesar de que esta conlleva también una serie de consecuencias negativas, sin importar cómo y para qué se utilice (Ellul, 2021; Marcuse, 2010). Se considera que esta teoría, se aleja de la concepción de matriz energética como un proceso socio técnico.

Los enfoques constructivistas sociales de la tecnología, que se desarrollaron como reacción directa a algunos de los supuestos que sustentaba el determinismo tecnológico, consideran a la tecnología como un conjunto sociotecnológico. El modelo de construcción social de la tecnología parte del supuesto de que la tecnología es producto de negociaciones e intereses sociales y considera a la tecnología y a la sociedad como un único entramado. En su interior, se han desarrollado diferentes vertientes: la configuración social de la tecnología, en la que se destacan MacKenzie y Wajcman (1999), la perspectiva de la construcción social de la tecnología, conocida como SCOT, liderada por Wiebe Bijker y Trevor Pinch (1984), y la teoría de los grandes sistemas tecnológicos, con su principal referente en Thomas Hughes (1993) (Correa Lucero, 2014; Sismondo y others, 2008). Sus principales críticas están en minimizar las cuestiones del impacto de una tecnología en la sociedad debido a sus esfuerzos por abrir la caja negra de su desarrollo (Sovacool y Hess, 2017). La matriz energética coincide con esta visión ontológica, en que lo social y lo técnico interactúan y se moldean mutuamente (Mauthner y Kazimierczak, 2018; Pinch y Bijker, 1984; Sismondo y others, 2008).

La teoría crítica, por el contrario, afirma que la tecnología es un escenario de lucha en el cual las alternativas civilizacionales están en juego (Feenberg, 2000). Está fundamentada en el pensamiento de Feenberg (2005, 2012), quien concibe el diseño tecnológico, conformado por objetos técnicos, ordenamientos y prácticas sociales, cuyo diseño resultante no necesariamente responde a la máxima eficiencia técnica, sino que refleja los intereses políticos, económicos, culturales y sociales de los actores más fuertes.

Esta escuela se distingue por su énfasis en ciertos temas derivados de la Escuela de Frankfurt, como es la amenaza que plantea el sistema tecnocrático a la sociedad (Goldraij, 2022). Es una

conceptualización que estimula alternativas, más allá de la tecnofilia y la tecnofobia, que reconoce la existencia de otros caminos y estimula la iniciativa de los usuarios, lo cual se lograría con la democratización del desarrollo de la tecnología (Feenberg, 2012).

Sin embargo, según Borgmann (2006), la participación democrática es uno de los problemas centrales de la propuesta realizada por la teoría crítica de la tecnología. Si la mayoría de las personas se encuentran conformes con el confort que les brinda la tecnología, no se conseguirá una respuesta radical y global de cambio de esta. Un proceso claro de democratización de la tecnología, asociado a la matriz energética, se vivió en Ecuador, en agosto de 2023, con la consulta popular sobre la explotación del Yasuní.

La TAR es un enfoque sociológico desarrollado por Bruno Latour, Michel Callon, John Law y otros sociólogos y antropólogos a partir de la década de 1980. Esta teoría busca comprender cómo se construyen las realidades sociales a través de las interacciones entre actores humanos y no humanos dentro de redes complejas (Law, 1992).

La TAR desafía la visión centrada solo en acciones humanas conscientes, al enfatizar en la interacción entre humanos y no humanos en la configuración social. Todos, desde individuos hasta objetos técnicos y fenómenos naturales, son actores activos que influyen en la sociedad. La TAR aboga por la simetría entre humanos y no humanos, reconociendo la agencia de ambos en la formación social. Esto implica un análisis equitativo de todos los elementos en las redes sociales, ofreciendo una perspectiva dinámica de la sociedad donde todos contribuyen a su configuración (Latour, 2007; Michael, 2016; Vaccari, 2008).

Los enfoques TAR sobre la tecnología, igual que en los casos anteriores, considera que esta está constituida por redes. En este caso pueden incluir personas, cosas, ideas y conceptos, todos los cuales son considerados actores de la red (Latour, 2007; Law, 1992). La diferencia con respecto a las anteriores teorías es que conceptualiza las tecnologías, las instituciones sociales y las relaciones como ensamblajes compuestos por actores humanos y no humanos, que tienen el mismo peso, concatenados en redes de relaciones en constante cambio que se modifican entre sí a través de sus asociaciones (Latour, 2007; Law, 1992). Estos ensamblajes tienen dinámicas de poder que conducen a negociaciones, conflictos o violencia (Callon, 1984). La crítica más significativa a la TAR es que es demasiado abstracta e indiferente a la desigualdad estructural (Sovacool y Hess, 2017).

### 2.3 Energía y sociedad

La energía ha sido parte del desarrollo de la humanidad, de sus conflictos, de la distribución desigual de la riqueza y de la afectación al medioambiente. Desde la antigüedad, el ser humano ha utilizado energía de diversas fuentes para satisfacer sus necesidades: primero utilizó su propia energía biofísica, más adelante, en esta investigación, la llamaremos energía endosomática. El hombre primitivo, mediante el uso de su incipiente conocimiento y práctica, fue incorporando directamente la energía aprovechable del entorno. Sin embargo, fue el dominio del fuego lo que cambió definitivamente la vida del humano primitivo. La tracción animal influyó en la agricultura; el carbón hizo posible la industrialización; el petróleo revolucionó la movilidad, la industrialización y la generación de electricidad, lo cual fue decisivo en la Segunda Guerra Mundial. En este conflicto armado se desarrolló la energía nuclear, que se consideró como una fuente de energía potente, pero generó preocupaciones sobre la seguridad y la gestión de residuos radiactivos. A medida que las afectaciones al medioambiente han aumentado, se han implementado en todo el mundo soluciones más sostenibles y respetuosas con el entorno como la generación solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica (Pimentel y Pimentel, 2007).

El progreso y configuración de las sociedades humanas se ha logrado a través de su capacidad de aprovechar, controlar y poner a su servicio las fuentes de energía de la naturaleza, particularmente la energía fósil acumulada por millones de años debajo de la corteza terrestre (Mumford, 2010; Prades, 1997).

Ya en el siglo XIX, William Stanley Jevons (1866) mostraba su preocupación por la fuerte dependencia del carbón con el desarrollo económico de Inglaterra. De igual manera, a inicios del siglo XX, Patrick Geddes, Frederick Soddy y Alfred J. Lotka, en 1915, 1912 y 1922, respectivamente, extendían sus preocupaciones energéticas al ámbito social y económico. Argumentaban que debía existir una correspondencia entre contabilidad energética y monetaria, y que su ausencia era una de las principales razones de la caída de grandes civilizaciones en la historia de la humanidad (Fernández-Galiano, 1983). Según Tainter (1988), para que una sociedad no colapse ha de encontrar nuevas fuentes de materia y energía sin que esto reduzca la rentabilidad del proceso.

Alfred J. Lotka, en su libro *Contribution to the energetics of evolution* (1922), aplica a la sociedad su conclusión obtenida luego de comparar dos especies de un sistema biológico: la eficiente captura y utilización de energía es crucial para su crecimiento, reproducción y mantenimiento. El reino

animal, en su lucha por la supervivencia, utiliza instrumentos endosomáticos como colmillos, cuernos, garras, etc., mientras el ser humano, al contrario, produce instrumentos que sirven como extensiones de los diversos órganos del cuerpo, llamados exosomáticos.

La Revolución Industrial, que dio inicio a la edad contemporánea, acaeció debido a un cambio dramático en el uso de instrumentos exosomáticos impulsados por energía fósil (Giampietro et al., 2013). La sociedad moderna, impulsada por la industrialización y el crecimiento económico, ha desarrollado un apetito voraz por los recursos naturales y la energía, lo que ha llevado a la generación de un flujo continuo de desperdicios de alta entropía que se arrojan al medioambiente y a un agotamiento progresivo de estos recursos (Georgescu-Roegen, 1971).

Por ello, según Mansson (2014), el control de los hidrocarburos o la seguridad de sus rutas de transporte puede desencadenar hostilidades entre países; el acceso a fuentes de energía ha sido una de las causas polemológicas de la historia y la geopolítica del siglo XX (Koubi et al., 2014; Mercille, 2010; Sánchez Herráez, 2021). Según Colgan (2014), los países exportadores de petróleo se involucran más en conflagraciones internacionales que los que no lo son y están en mayor riesgo de guerras civiles y conflictos internos. Según Illich (1974), el consumo desproporcionado de energía per cápita, ejerce violencia sobre la estructura social; por ello, el conflicto es, por un lado, por la característica finita de los combustibles fósiles, pero también por su desigual distribución.

En 2019, el suministro de energía primaria mundial fue principalmente de petróleo con 29 %, carbón con 27 %, gas natural con 24 % y apenas el 20 % restante lo conformaron la biomasa, nuclear, hidráulica, solar y eólica (IEA, 2019b), lo que ha dado lugar a un aumento promedio del 1.3 % anual de gases de efecto invernadero (PNUMA, 2021) y el consecuente aumento observado en el promedio de las temperaturas desde mediados del siglo XX (Edenhofer et al., 2011).

Según la teoría del pico de petróleo, la extracción de petróleo tiene forma de campana, es decir, crece hasta llegar a un máximo y luego comienza a disminuir, debido a que se agotan los mejores yacimientos y, por lo tanto, se opta por los de menor calidad, lo que implica mayor uso de recursos energéticos (Bardi, 2009). Este concepto fue expresado por primera vez por Hubbert (1956), y luego fue retomado por Campbell y Laherrère (1998).

Según varios autores (V. S. Espinoza et al., 2019; Nashawi et al., 2009), el pico de petróleo en Ecuador se ubicó en las primeras décadas del presente milenio, luego de lo cual comenzaría una disminución hasta convertirse en importador neto de petróleo alrededor de 2030. Esto implicaría una vulnerabilidad en términos de seguridad energética y balanza comercial.

Mientras que algunos sugieren que el pico de petróleo es inminente, otros consideran que el mecanismo de precios del libre mercado impedirá que se produzca el pico; si este se acerca, los precios aumentarán, lo que generará más inversiones en tecnologías de exploración y extracción, y con esto aumentará la cantidad de petróleo que se encontrará y se pondrá en el mercado. Sin embargo, este análisis no considera que hay otros recursos involucrados, los cuales no se pueden reducir simplemente a un análisis mercantil (Parra et al., 2020).

La Tasa de Retorno Energético (EROI por sus siglas en inglés) es el cociente entre la cantidad de energía que puede producir un energético y la energía necesaria para producirlo. La energía invertida para obtener una unidad de petróleo será creciente, lo que implica que una proporción cada vez más grande de la producción de energía necesaria para el funcionamiento de una sociedad, debe desviarse para este fin. Hall et al. (2009) propusieron este concepto de economía biofísica y ecológica que subraya la necesidad que tienen los organismos, ecosistemas y sociedades de obtener suficiente excedente de energía de las actividades de recolección de energía para vivir. Esta métrica ayuda a comprender las interconexiones entre el medioambiente, la energía y el desarrollo económico y nos permite evaluar la energía útil, las tendencias de agotamiento de los recursos y su calidad. Según Murphy et al. (2011), la implementación presenta desafíos a pesar de los intentos de estandarización. Sin embargo, este indicador presenta vacíos como la afectación al medioambiente, la producción de gases de efecto invernadero, la cantidad de otros recursos involucrados (Giampietro et al., 2013; Parra et al., 2020).

El extensivo uso de combustibles fósiles del modelo energético actual amenaza el equilibrio ambiental, debido a su gran producción de gases de efecto invernadero (GEI). La crisis climática ha sido el impulsor de la transición energética hacia fuentes renovables y tecnologías más eficientes. A pesar de los avances mundiales en este sentido, aún se presentan desafíos como la intermitencia de ciertas fuentes renovables, el necesario almacenamiento de energía, se requieren inversiones significativas en infraestructuras, persisten limitaciones tecnológicas especialmente en el sector transporte, disponibilidad, extracción y reciclaje de algunos materiales como litio, cobalto y tierras raras, y falta de políticas y regulaciones (Cepal, 2022).

La energía renovable mitiga el cambio climático, genera resiliencia frente a la volatilidad de los precios internacionales del petróleo, reduce los costos de la energía y puede convertirse en un elemento catalizador para muchos países en desarrollo.

## 2.4 Desarrollo sostenible

Se Thomas Malthus, adelantado a su época, en 1826 alertó sobre los peligros que suponía el crecimiento demográfico sobre la disponibilidad de recursos. Arthur Pigou fue el creador de los impuestos —que luego se llamarían pigouvianos— que se resumen en “el que contamina paga”. Rachel Carson, en 1962, escribió su libro titulado la “*Primavera silenciosa*”, que condujo a la prohibición del DDT en 1972. Paul Ehrlich, en 1968, comparó el crecimiento demográfico como una bomba de tiempo. El Club de Roma, en 1972, publicó un estudio denominado “Los límites al crecimiento”, cuya conclusión fue que el crecimiento de la población, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años (Morris, 2012; Trillo y Antonio, 2008).

La satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer las posibilidades de satisfacción de las generaciones futuras (Brundtland, 1987) se ha convertido en la definición más aceptada de desarrollo sostenible (Fuente, 2008). El Informe Brundtland (1987) buscó redefinir el desarrollo incorporando sostenibilidad y equidad social. Abordó problemas globales, destacando la interdependencia entre naciones y popularizando el término desarrollo sostenible (Fuente, 2008). Según Meadows et al. (2009), las restricciones ecológicas globales relacionadas con el agotamiento de recursos, sus emisiones contaminantes y el cambio climático tendrían una influencia significativa en el desarrollo en el siglo XXI y la humanidad podría ver disminuida su calidad de vida.

Nicholas Georgescu-Roegen (1975), en libro *La ley de la entropía y el proceso económico* sentó el fundamento científico del desarrollo económico desde una visión ecológica. Este economista rumano-estadounidense establece que la causa del deterioro medioambiental es el sistema económico que induce necesidades infinitas, que convierten lo superfluo en necesario, manipulado por intereses particulares, en su afán de búsqueda permanente de ganancias. Esta crítica a la sociedad industrial la realiza también Herbert Marcuse (2010), filósofo, sociólogo y teórico crítico de la Escuela de Frankfurt. En su obra *El hombre unidimensional*, escrita en 1964, argumenta que la sociedad contemporánea ha creado individuos conformes y alienados mediante la satisfacción de necesidades falsas generadas por la cultura de consumo. Aunque no se centra explícitamente en el desarrollo sostenible, hace un llamado a repensar la relación entre la humanidad y la naturaleza (Marcuse, 2010).

Georgescu-Roegen aplicó el concepto de entropía a los procesos económicos, señalando que los

recursos naturales son irreversiblemente degradados al usarlos en actividades económicas.

Los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), establecidos en el año 2000, tenían la finalidad de abordar los desafíos globales para 2015. Sobre la base de este marco, la comunidad internacional adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en 2015, introduciendo 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) con 169 metas que deben alcanzarse para 2030. Los objetivos abarcan diversas áreas, incluidas: i) la pobreza, ii) el hambre, iii) agua limpia y saneamiento, iv) energía asequible y no contaminante, v) la salud, vi) la educación, vii) la igualdad de género, viii) la sostenibilidad ambiental. Estos ODS abordan un amplio espectro de desafíos, que reconocen la interconexión entre los problemas y la necesidad de un enfoque integral para el desarrollo sostenible (Cepal, 2018).

Los ODS tienen como objetivo promover un enfoque integral e integrado del desarrollo global, fomentando la colaboración entre las naciones para abordar cuestiones apremiantes y construir un mundo más equitativo, resiliente y sostenible (Cepal, 2021a).

Si bien los ODS han recibido un amplio apoyo, no están exentos de críticas. Una de ellas se refiere a que el objetivo central de los ODS es el crecimiento económico y reflejan una perspectiva de la naturaleza vista desde este punto de vista y no desde el ecológico (Hickel, 2019; Menton et al., 2020). Según Georgescu-Roegen (1975), se requiere cambiar el paradigma imperante en la sociedad por uno que priorice la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales.

Otra crítica se refiere a la equivalencia entre valor económico, social y ambiental, lo que llevó al debate de sostenibilidad fuerte y sostenibilidad débil. Según Herman Daly (1996), el término *sostenible* se ha utilizado de manera indiscriminada y por ello tiene al menos dos interpretaciones, la fuerte y la débil. La primera, reconoce límites ecológicos y sostiene que algunos recursos y servicios ambientales son irremplazables y deben ser preservados. Enfatiza en la necesidad de mantener la capacidad regenerativa de la Tierra y conservar la biodiversidad como elementos cruciales para el desarrollo sostenible. Critica el enfoque convencional del desarrollo económico que no toma suficientemente en cuenta los límites físicos y ecológicos del planeta.

La sostenibilidad débil, por el contrario, no encuentra ninguna incompatibilidad entre crecimiento económico y conservación del capital natural, presupone que los recursos que se agotan pueden ser reemplazados ilimitadamente por soluciones tecnológicas, es decir, lleva implícito un principio de sustituibilidad y otro de innovación tecnológica, que permitan reemplazar un recurso por otro que realice la misma función (Ayres et al., 1998). La insustituibilidad del capital natural por el capital



socialmente fabricado es una premisa metodológica fundamental de la economía ecológica (Fuente, 2008).

Según Falconí (2002), la sostenibilidad débil, utiliza generalmente el PIB como indicador de bienestar. Existe un consenso internacional sobre la debilidad de este indicador, aunque en ciertos contextos es pertinente. Por otro lado, la sostenibilidad fuerte utiliza indicadores biofísicos que proporcionan signos más vigorosos respecto a la sostenibilidad.

## **2.5 Economía ecológica**

La creciente crisis ambiental, que desde los años sesenta comienza a ser entendida como grave, y la necesidad de la construcción de un marco teórico más amplio que el que la economía neoclásica tiene, llevó a la aparición y consolidación de la economía ecológica, que surge como una respuesta crítica y ruptura ideológica, política y epistémica con la racionalidad económica (Fuente, 2008; Ramos-Martin, 2003).

Un inspirador de esta disciplina fue Nicholas Georgescu-Roegen, quien criticó el modelo económico convencional al integrar la termodinámica en la economía. En su obra clave, *La ley de la entropía y el proceso económico* (1971), introdujo el concepto de entropía para destacar los límites físicos y la irreversibilidad del proceso económico. Argumentó que la economía, enraizada en la biosfera, está sujeta a las leyes termodinámicas, y su énfasis en el crecimiento ilimitado en un mundo finito lleva a prácticas insostenibles.

Uno de los principios fundamentales de la economía ecológica es la noción de que la economía está incrustada en el medioambiente, del cual demanda energía y materiales y desecha dos tipos de residuos: el calor disipado, debido a la segunda ley de la termodinámica, y los residuos materiales. No obstante, el planeta tiene límites finitos en términos de recursos naturales y capacidad de absorción de desechos (Martínez Alier et al., 1998).

Una característica distintiva de esta disciplina es que cuestiona la sustentabilidad de la economía por sus requerimientos materiales y energéticos, que están sujetos a patrones de consumo más intensivos, debido al crecimiento económico y demográfico, lo cual a su vez ha provocado la degradación de la base de recursos naturales y una grave modificación de los ecosistemas. Este enfoque implica replantear la noción de crecimiento como el objetivo primario, favoreciendo en su lugar la idea de prosperidad dentro de los límites ecológicos (Daly, 1996).

La economía ecológica también estudia las relaciones entre los ecosistemas y los sistemas

económicos, es transdisciplinar; reconoce la inconmensurabilidad de la valoración de la naturaleza; busca introducir indicadores físicos e índices de sostenibilidad en reemplazo de los actuales indicadores económicos (Fuente, 2008; Martínez-Alier et al., 1998; Tetreault, 2008). Es transdisciplinar, con la finalidad de abordar el tema de la sustentabilidad desde una perspectiva holística, como la teoría general de sistemas o el pensamiento complejo. Funtowicz y Ravetz (1994) proponen la noción de ciencia posnormal, frente a los enigmas científicos, políticos y de sostenibilidad. El principio precautorio se aplica ante la falta de certeza de las consecuencias (Fuente, 2008; Martínez-Alier, 2015). Según Weitz et al. (2017), los recursos de agua, energía y alimentos se caracterizan por ser sistemas complejos y dinámicos, de los cuales no se puede prever su comportamiento.

Esta disciplina destaca la importancia de la equidad intergeneracional e intrageneracional. Reconoce que las decisiones económicas actuales tienen consecuencias a largo plazo y aboga por la distribución justa de los beneficios y costos entre las generaciones presentes y futuras. Este énfasis en la equidad se traduce en la búsqueda de modelos económicos que no solo sean ambientalmente sostenibles, sino también socialmente justos (Martínez-Alier, 2015).

Otro aspecto crucial de la economía ecológica es la valoración de los servicios ecosistémicos que no se contabilizan en los modelos económicos convencionales. La economía ecológica busca integrar estos servicios en la toma de decisiones económicas para evitar la sobreexplotación de los recursos naturales (Costanza et al., 1997).

La economía ecológica, incorpora al análisis económico el concepto de metabolismo social, como una perspectiva biofísica propia de los organismos vivos (Ayres y Simonis, 1994; Crespo-Marín y Perez-Rincón, 2019; Martínez-Alier, 2015). Este concepto, ha encontrado arraigo en los ámbitos académicos y se define como *el conjunto de flujos materiales y energéticos de un subsistema con la naturaleza, que permite describir la economía en términos biofísicos* (Ayres y Simonis, 1994; Toledo, 2013). Un ejemplo claro de esto es la relación entre el uso endosomático y exosomático de la energía, que es marcadamente diferente entre personas dentro de una misma sociedad (Martínez-Alier, 2009). Bajo este concepto, en la naturaleza deben considerarse sus límites y tiempos de renovación, considerando que tiene una función doble: primero la de suministrar los recursos e insumos a la economía; y segundo recibir las descargas, que tienen un nivel entrópico cada vez más alto (Fuente, 2008).

Actualmente, existen diversas aproximaciones en el estudio del metabolismo social, cada una con

objetivos e interrogantes específicos que emplean distintas herramientas. La primera, liderada por Marina Fischer-Kowalski, en el Instituto de Ecología Social de Viena, se destaca por analizar tendencias en el uso de recursos a escalas agregadas (Toledo, 2013). La segunda, en el Instituto de Ciencias y Tecnología Ambiental de Barcelona, dirigida especialmente por Mario Giampietro, emplea el enfoque Musiasem que se centra en desentrañar los procesos metabólicos integrando escalas y analizando la interacción entre flujos y fondos. La tercera se enfoca en aplicar el metabolismo social a la agricultura y al mundo rural, adoptando una doble perspectiva agroecológica e histórica (Infante-Amate et al., 2017).

En esta investigación se analiza el objeto de estudio desde la economía ecológica debido a las siguientes razones:

Primera, la articulación disciplinaria, que responde a la necesidad de abordar el tema, desde una perspectiva holística, considera que las interrelaciones entre recursos se dan en un ámbito económico, político y social determinado. Este es el caso de la interrelación entre recursos agua, energía y alimentos que, para comprender la problemática, se requiere analizar la información respecto a las condiciones históricas, económicas, políticas y sociales del entorno (Naranjo y Willaarts, 2020).

Segunda, el proceso entrópico al que están sometidos los recursos, tiene como resultado un proceso de degradación de la naturaleza que, según Hoff (2011), es justamente uno de los motivos para la aplicación del enfoque del nexo WEF.

Tercera, la economía ecológica reconoce un conflicto ecológico distributivo, debido a la apropiación desigual de los recursos en la sociedad, lo que evidencia asimetrías a nivel mundial y nacional (Fuente, 2008; Martínez-Alier, 2015). El enfoque nexo WEF, por su parte, tiene como una de sus guías principales acelerar el acceso e integrar a los más pobres, lo cual considera que puede generar sinergias al mejorar las condiciones de este sector (Hoff, 2011; Martín-Nagle et al., 2012).

Cuarta, el metabolismo social, permite comprender la interrelación de los recursos del nexo WEF con el sistema biofísico por: a) la apropiación de los recursos de la tierra y del subsuelo por parte de la sociedad; b) el proceso de transformación en el cual se verifica una fuerte interrelación de la energía para producir agua y alimentos, pero también del agua y los alimentos para producir energía; y, c) la excreción de residuos hacia la naturaleza, como los agroquímicos, los hidrocarburos, los gases producto de la combustión, entre otros que contaminan el agua, la tierra y

el aire.

Un país, considerado un sistema metabólico, tiene intercambios y flujos materiales; su estudio permite comprender las sinergias y dinámicas que se establecen con sus recursos naturales (Malo Larrea, 2015; Marull et al., 2010). Existe un metabolismo de escala global en el que los países intercambian flujos de materia y energía; un ejemplo de ello es el concepto del *agua y energía virtual* (Chini et al., 2022; Salmoral y Yan, 2018; Toledo, 2013).

## **2.6 Nexo agua, energía y alimentos**

En el enfoque del nexo WEF destaca su creciente interdependencia. En respuesta a la crisis climática y la demanda creciente, se enfatiza en la necesidad de comprender y abordar estas interdependencias para lograr objetivos económicos, ambientales y sociales a largo plazo. La integración y la interdependencia entre sectores se presentan como fundamentales para garantizar la seguridad de los recursos (FAO, 2014; Hoff, 2011; Irena, 2015; World Economic Forum, 2011). En general, no hay producción de energía sin agua, ni suministro de agua sin energía, ni producción de alimentos sin estos recursos claves. Los sistemas del nexo WEF están totalmente entrelazados y son interdependientes. Los impactos sobre un recurso, ya sea del lado de la demanda o de la oferta, afectan a todos los demás y, por tanto, a toda la cadena de producción o consumo.

Según Al-Saidi y Elagib (2017), hay tres factores que impulsaron el surgimiento del pensamiento nexo WEF. El primero, se relaciona con las crecientes interrelaciones entre recursos debido a la escasez, los cambios económicos y demográficos, que han conducido a una demanda creciente de agua, energía y tierra, junto con factores externos como el cambio climático. Según Ferroukhi et al. (2015), se prevé que el consumo de agua dulce y energía en el mundo aumentará a la mitad en el año 2050 en comparación con 2015.

El segundo factor se refiere a las recientes crisis del agua, la energía y de los alimentos. Se cita como ejemplo la crisis alimentaria de 2007-2008, que fue un periodo de aguda volatilidad en los precios de los alimentos a nivel mundial, acompañado por un aumento significativo y repentino en los costos de productos básicos, atribuible, entre otros factores a los biocombustibles (Brown, 2008; Kristoufek et al., 2012; Tenenbaum, 2008; Wise y Cole, 2015).

El tercer factor concierne a los fracasos en la gestión. Un ejemplo de esto es el suministro de energía barata, con el fin de incentivar la producción agrícola, lo que ha dado como resultado la sobreexplotación de aguas subterráneas en México y la India, donde el bombeo excede la tasa de

recarga del agua subterránea, los niveles freáticos han disminuido y la calidad del agua se ha deteriorado (Scott y Shah, 2004).

Si bien el concepto de interconexión e integración entre los sectores de agua, energía y alimentos ha estado históricamente implícito en el manejo de los recursos, la popularidad del concepto se remonta al Foro Económico Mundial (FEM) de 2008, donde se identificaron los desafíos globales en términos de crecimiento económico desde el punto de vista del nexo agua y energía (World Economic Forum, 2008). En 2011, el FEM presentó un informe histórico sobre una correlación de riesgos entre estos sectores, cuya escasez podría causar inestabilidad social y política, conflictos geopolíticos y daños ambientales irreparables. En el mencionado documento se indica que los desafíos para gestionar los recursos hídricos, energéticos y alimentarios, simultáneamente, son urgentes, y que su omisión pudiera desencadenar graves consecuencias (World Economic Forum, 2011).

El gobierno federal alemán respaldó este enfoque y fue un organizador clave de la Conferencia Nexus de Bonn en 2011. En su documento preparatorio, Hoff (2011) propuso los siguientes principios: invertir para mantener los servicios de los ecosistemas, que producen elementos indispensables para el bienestar humano; crear más con menos, mediante un aumento en la eficiencia general en el uso de recursos; y, acelerar el acceso mediante la integración de los más pobres, que apunte hacia una distribución más equitativa de recursos.

En esta conferencia se concluyó que garantizar el acceso universal a servicios esenciales de agua, alimentos y energía es factible mediante un cambio que implique modificar políticas, prácticas, estructuras y actitudes para adoptar un enfoque de nexo WEF. Se enfatiza en la interconexión entre estos sectores y su influencia en políticas relacionadas con el clima y la biodiversidad. La colaboración interdisciplinaria es considerada crucial para respuestas mutuamente beneficiosas y la cooperación entre todos los sectores. La participación activa de agencias gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil se destaca como esencial para evitar consecuencias adversas (Martin-Nagle et al., 2012). Los resultados de esta conferencia sirvieron como contribución a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, celebrada en 2012, que en su documento final llamó a adoptar enfoques integradores para un desarrollo sostenible (UN, 2012). En 2015, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas acogió también un enfoque integrador como principio rector, destacando la promoción de conexiones entre el progreso social, el crecimiento económico y la protección ambiental. Algunos de los ODS están directamente relacionados con el

significado de nexo, pues aun cuando aparecen formalmente separados, se trata de alcanzar todos ellos conjuntamente, razón por la cual el enfoque del nexo WEF es cada vez más reconocido como un marco conceptual capaz de apoyar la implementación eficiente de los ODS (CEPAL, 2018; Embid y Martín, 2017; Terrapon-Pfaff et al., 2018).

El concepto de nexo WEF y su influencia en el medioambiente y la economía es reconocido cada vez más como un marco conceptual por organizaciones internacionales, gobiernos, académicos y analistas con el fin de ayudar a diseñar políticas públicas que busquen el equilibrio entre el desarrollo sostenible y la competitividad (Purwanto et al., 2021). El Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP, 2014) considera que el enfoque del nexo WEF aborda el desafío de investigar las complejas interrelaciones entre el agua, la energía y el desarrollo, considerando los múltiples aspectos y funciones del agua, y los beneficios que de ella se derivan. La FAO (2014) indica que el nexo WEF, puede garantizar la seguridad alimentaria y lograr un desarrollo agrícola sostenible. La Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena, 2015), sostiene que la energía renovable tiene efectos sinérgicos sobre el agua y los alimentos. En efecto, una de las áreas que más investiga esta interrelación es la tecnología sostenible (Sarkodie y Owusu, 2020).

Desde 2010 ha existido un repunte de investigaciones, autores y citas. Según Sarkodie y Owusu (2020), la región que menos investiga es América del Sur. En ALC, la presión creciente del cambio climático y la demanda nacional e internacional de alimentos, junto con el crecimiento de la población, resalta la necesidad de comprender las interdependencias entre el agua, la energía y la tierra. Aunque la región cuenta con abundantes recursos hídricos, energéticos y terrestres que han impulsado el crecimiento económico, persisten altos niveles de desigualdad y millones de personas carecen de seguridad hídrica, alimentaria y energética (Bellfield, 2015a). El aprovechamiento intensivo de recursos ha llevado a la contaminación y deforestación a gran escala, socavando los servicios ecosistémicos y generando conflictos socio ambientales, que son indicadores de interacciones prioritarias y especialmente problemáticas del nexo (Embid y Martín, 2017).

Algunos investigadores sostienen que los debates sobre el nexo WEF enmascaran una discusión más amplia sobre las profundas desigualdades en el acceso a los recursos. Argumentan que las políticas neoliberales globales con discursos ambientales se han apropiado del debate sobre recursos naturales y proponen soluciones basadas en el mercado. Estos estudios críticos enfatizan que el enfoque del nexo WEF, pasa por alto los aspectos sociopolíticos y, por lo tanto, es

inadecuado para abordar aspectos sociales como el desigual reparto de recursos (Allouche et al., 2015; Foran, 2015; Giatti et al., 2019; Middleton et al., 2015; Wiegleb y Bruns, 2018).

## **2.7 Revisión de otros estudios realizados**

Un análisis que incluye los tres elementos del nexo WEF se lo encuentra en la cuenca del Guayas y la península de Santa Elena. De Cock (et al.,2022) estudia la primera de ellas y descubre un antagonismo entre las principales actividades económicas que incluyen agricultura, pesca y generación de energía hidroeléctrica. Señala a la acuicultura de camarón como una industria significativa en la cuenca del río Guayas, pero que sus descargas pueden amenazar la calidad de los productos y afectar tanto a la salud acuática como humana. Por otro lado, la construcción de represas hidroeléctricas, como el embalse Daule-Peripa, ha impactado en el ecosistema acuático, generando cambios en el hábitat y proliferación de especies invasoras, aunque también purifica el agua al retener nutrientes.

Chengot (2021) y Naranjo et al. (2023) realizan, en estudios separados, un análisis sobre la interacción entre agua, energía y alimentos en la península de Santa Elena, una región altamente productiva en agricultura en Ecuador, pero que experimenta sequías periódicas y escasez de agua. El riego es por goteo, que es una técnica que consume energía por la necesaria presurización, al igual que el trasvase de agua desde una cuenca cercana. Se proyecta que, en el futuro, el cambio climático y el crecimiento demográfico tendrán repercusiones en el uso del agua y la energía; la expansión de los cultivos destinados a la exportación; podría resultar en una disminución de la producción local de alimentos, la expansión de las áreas irrigadas con su correspondiente mayor demanda total de agua y energía para riego, y la eutrofización del agua dulce.

Con respecto a la relación agua potable–energía se presentan estudios que toman como casos los sistemas de agua potable de Quito y Cuenca. González et al. (2022) llevaron a cabo un estudio centrado en el nexo entre recursos, examinando el suministro de agua urbana desde tres cuencas montañosas en los Andes ecuatorianos, las cuales contribuyen aproximadamente con el 30 % del suministro total de agua de Quito. El estudio revela que una gestión optimizada de las estructuras de toma de agua podría satisfacer las actuales necesidades de consumo, al tiempo que disminuiría la probabilidad de la presencia de patógenos en el agua y limitaría los impactos en la biodiversidad acuática en un 30 % y un 9 %, respectivamente, sin aumentar los costos de energía de bombeo desde otras fuentes. Sin embargo, el aumento de la demanda de agua implicará un mayor consumo

de energía.

En un estudio realizado en la ciudad de Cuenca, Malo (2015) encontró que los ríos que abastecen la ciudad podrían estar sometidos a estrés ecológico y que la mayor demanda proviene de los sectores agrícola, industrial y doméstico, que también presentan altos niveles de desperdicio. Por ello, concluye que es insustentable la gestión del agua en esta ciudad.

Con respecto a la hidroenergía, existen innumerables estudios que analizan la interrelación entre agua y energía. Vaca et al. (2019), en su estudio analizan la dinámica de la matriz eléctrica en Ecuador considerando que las cuencas del Amazonas y del Pacífico, presentan variaciones temporales y espaciales distintas en la disponibilidad de agua. Se analizan la disponibilidad mensual de agua y la generación de electricidad. Se concluye que en países con matrices eléctricas dominadas por la energía hidroeléctrica es fundamental evaluar la relación entre disponibilidad de agua y producción de energía eléctrica.

Carvajal y Li (2019) simulan escenarios de expansión de la capacidad eléctrica hasta 2050 y resalta que la proporción de la electricidad total suministrada por energía hidroeléctrica en Ecuador podría variar significativamente en el rango del 53 % al 81 %. Señalan, además, que las restricciones socio ambientales a las que se suma el cambio climático pudieran provocar un aumento de las *contribuciones esperadas a nivel nacional*. Recomiendan, por ello, un sistema eléctrico con mayor diversidad de fuentes de energía renovable.

Briones (et al. 2019), en un estudio realizado en la central hidroeléctrica Baba, ubicada en la provincia de Los Ríos, encontró que el valor de los servicios ecosistémicos disminuyó con la construcción del proyecto, arrojando pérdidas de USD 315 millones al año.

Naranjo et al. (2022) investigaron cambios en la calidad del agua en las centrales hidroeléctricas de Hidroagoyán, Baba, Minas San Francisco y Coca Codo Sinclair, señalando que se observaron diferencias en la formación de sólidos como arcillas, limos y materia orgánica, entre las pruebas realizadas aguas arriba y aguas abajo.

Con respecto a la interrelación entre agua y energía en la explotación de petróleo en el Ecuador, destacan los estudios de Parra (2018), en los que se determinaron consumos de 100kWh/m<sup>3</sup> de electricidad y 1.5GJ/m<sup>3</sup> de combustibles, por metro cúbico de crudo extraído. El mismo autor, en el estudio de la tasa de retorno energético determinó una relación de 24:1, para crudo mediano 36:1, mientras que para los bloques de petróleo pesado de 18:1 (Parra, 2019).



### 3 METODOLOGÍA

El paradigma de investigación que se escoge para este trabajo es el pospositivismo, que promueve una comprensión crítica y reflexiva de la naturaleza del conocimiento científico, contextualizada en un marco más amplio y reconociendo sus limitaciones (Seoane, 2011). Por ello, se analiza información relacionada con el entorno incluyendo niveles de gobernanza, factores macroeconómicos, contexto histórico, tendencias de políticas, comercio internacional y cambio climático. Esta perspectiva integral es esencial para abordar de manera efectiva las complejidades inherentes a las interrelaciones del nexo.

El objeto de estudio es la matriz energética del Ecuador, considerado un sistema socio-técnico, concebido como un hecho observable, medible y cuantificable, que está atravesado por intereses económicos, políticos y sociales.

Se utiliza el enfoque cuantitativo, propio de los paradigmas positivistas y pospositivistas, que utiliza la recopilación de información numérica para comprobar las hipótesis. Se considera la medición de las interrelaciones entre agua-energía y alimentos en la matriz energética del Ecuador, como central para su comprensión y comparación con otras realidades. El análisis de las interrelaciones del nexo WEF, se logra a través de una evaluación cuantitativa, aunque esta no siempre sea factible. La utilización de indicadores dimensionalmente cruzados permite comprender estas interrelaciones, ya que proporcionan una visión general de la situación actual y facilitan la comparación (FAO, 2014).

El diseño de la investigación es no experimental transversal, en el cual se recogen los datos de situaciones ya existentes desarrolladas bajo sus propias reglas internas en un momento dado. La profundidad de la investigación es fundamentalmente descriptiva, porque recoge información sobre las variables y busca especificar las características de los ámbitos en los que se evidencia una interacción entre agua, energía y/o alimentos. Para ello, se requiere una base sólida de conocimiento de los sectores del agua, energía y alimentos, desde la perspectiva de su interacción, por lo que se requiere un estudio de carácter exploratorio inicial.

En la investigación se utilizaron varias metodologías, dependiendo de cada objetivo. Con respecto al primer objetivo, se utilizó como metodología un análisis entre países y a lo largo del tiempo de las dimensiones de la seguridad energética propuestas por Ang et al. (2015), que son: disponibilidad, infraestructura, precios de la energía, eficiencia, impacto social, medio ambiente y gobernanza. Los estudios de análisis energético por países se realizan sobre la base de indicadores

generalmente utilizados en estos estudios. Cabe señalar que la seguridad energética es parte de la triada de seguridades del nexo WEF.

En el segundo objetivo se analizaron los siguientes ámbitos de interrelación: transporte de alimentos, biocombustibles y cadena alimentaria. Para el caso de transporte de alimentos, la metodología utilizada consistió en la determinación de los índices de transporte de mercancías propuestos por la Agencia Internacional de la Energía (en adelante, IEA, por sus siglas en inglés) (OECD/IEA, 2016): actividad (tkm), el consumo de combustible (l/km) e intensidad energética (l/tkm), como lo hacen otros estudios (Kamakaté y Schipper, 2009; Pretty et al., 2005).

En lo que respecta a los biocombustibles, la metodología se centró en clasificar a los diferentes productos agrícolas por el tipo de suelo en el que se encuentran, su acceso al riego y la cantidad de energía y agua que utilizan. En el caso del Ecuador, esta metodología es fundamental, porque permite conocer el acceso a recursos que tiene la caña de azúcar destinada a etanol, en comparación con otros productos destinados a la soberanía alimentaria.

Con relación a la cadena alimentaria, la metodología consistió en obtener indicadores de consumos energéticos e hídricos en las etapas de producción, procesamiento, transporte y preparación por parte del usuario de alimentos. Los indicadores utilizados son extracción de agua para usos agrícolas, productividad energética de los cultivos, agua virtual, energía embebida, energía y agua en los procesos de transformación, transporte, energía consumida por el usuario en transporte y preparación. La falta de datos e información obligan a asumir una metodología mixta *top-down* y *bottom-up*.

Con el fin de identificar las interrelaciones prioritarias, se utiliza una metodología observacional basada en los datos aportados por los análisis anteriores; las variables son relevancia económica y social, consumo de energía, impacto sobre el agua y/o los alimentos. Se analizaron también los ámbitos de hidroenergía, explotación de petróleo, minería a gran escala y agua potable y saneamiento.

En el tercer objetivo, para la proposición de políticas públicas se emplean los criterios de identificación de la necesidad de política pública, propuesto por Senplades (2011). Se analizaron las siguientes políticas públicas, lineamientos y metas de los planes de desarrollo: Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017, Plan Toda una Vida 2017–2021 y Plan de Creación de Oportunidades 2021–2025. De los hallazgos de la investigación, se reconocieron situaciones que demandan una acción pública y se propusieron políticas públicas.

### **3.1 Fases de la investigación**

Con el fin de responder a las preguntas de investigación y cumplir sus objetivos, se diseñó una investigación dividida en las siguientes seis fases: revisión de literatura, levantamiento primario de datos, análisis de ámbitos de interrelación, caracterización de la matriz energética, identificación de interrelaciones prioritarias y proposición de políticas públicas.

#### **Revisión de literatura**

En la primera fase se realizó una revisión de la literatura, para ello se utilizaron libros, artículos académicos y revistas científicas, sitios web oficiales y gubernamentales, balances energéticos publicados por el Ministerio de Energía y Minas; boletines emitidos por Senagua e INEC; reportes y boletines emitidos por el Banco Central del Ecuador, boletines y HBA del Magap; así como también bases de datos regionales como Sielac y BIEE.

#### **Levantamiento primario de datos**

En esta segunda fase, se realizó un levantamiento de datos en el Mercado Mayorista de Quito (en adelante, EP-MMQ). Se utilizó una encuesta como instrumento, aplicada a los conductores de los camiones que ingresaron a la EP-MMQ entre los meses de febrero y mayo de 2019, en el horario de mayor flujo de vehículos de transporte, que es de 20:00 a 01:00 horas, los días martes, viernes y sábados. Se obtuvieron 1,119 registros. Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Qué producto transporta?
- ¿Cuánto trae?
- ¿De dónde lo trae?
- ¿Cuánto gasta en combustible en el viaje de ida y regreso?

#### **Análisis de ámbitos de interrelación**

La tercera fase de la investigación estuvo relacionada con el cumplimiento del segundo objetivo específico, que consistió en identificar interrelaciones prioritarias del nexo WEF en la matriz

energética del Ecuador. En la determinación de este objetivo, se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

Con el objetivo de analizar la interrelación entre el transporte y los agroalimentos, se buscaron los indicadores de actividad de transporte de mercancías (tkm), el consumo de combustible (l/km) y la intensidad energética (l/tkm). Para ello se utilizaron datos primarios levantados en la EP-MMQ y secundarios obtenidos de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y Agencia Metropolitana (AMT) de Quito. Esto fue presentado en un artículo científico titulado: *Analysis of agro-food transport in Ecuador faced with a possible reduction in the subsidy of diesel* (Terneus Páez et al., 2022). En la Tabla 1 se presenta el indicador y forma de medición de la interrelación transporte–alimentos.

**Tabla 1.** Indicador y forma de medición de interrelación transporte–alimentos

<b>Indicador</b>	<b>Forma de medición</b>
Eficiencia energética	$EF = \text{distancia} / \text{consumo energético}$
Actividad de transporte de carga	$FH = OD * LP$ , donde FH es la actividad de transporte de carga [tkm]; OD es la distancia desde el origen [100km]; y LP es la carga del producto [t].
Intensidad energética del transporte	$EI = VD / FH$ , donde EI es la intensidad energética [l/100tkm]; VD es el volumen de combustible [l]; y FH es la actividad de transporte [tkm].
Costo del combustible del transporte	$TC = EI * RD * C$ , donde TC es el costo del combustible [USD/t]; EI es la intensidad energética [l/km]; RD es el viaje total [km]; y C es el costo del combustible [USD/l].

Elaboración propia.

Con el propósito de analizar el impacto de los biocombustibles y su contribución al sector del transporte, la metodología se dividió en tres apartados. El primero abarcó información sobre el cruce de capas obtenida a través de Sistemas de Información Geográfica, con el fin de obtener ubicación, clasificación del suelo, capacidad de uso del suelo y disponibilidad de riego de los cultivos de caña de azúcar en el Ecuador. En el segundo utilizó el método Penman-Monteith adoptado por la FAO para el análisis del consumo de agua de riego mediante el *software* Cropwat

y Climwat. Finalmente, el tercero, para determinar la cantidad de energía consumida usó promedios de consumo específico obtenidos de fuentes bibliográficas. Esto fue presentado en un artículo científico titulado: *Analysis of biofuel production in Ecuador from the perspective of the water-food-energy nexus* (Terneus y Viteri, 2021). En la Tabla 2 se encuentran los indicadores y su forma de medición en el ámbito de biocombustibles.

**Tabla 2.** Indicador y forma de medición del ámbito de biocombustibles

Indicador	Forma de medición
Demanda de agua de la caña de azúcar.	$ETc = Eto * Kc \text{ [Unidad: mm/día]},$ <p>donde ETc = evapotranspiración de los cultivos es igual a la demanda de agua del cultivo; Eto = evapotranspiración referencial (mm/día); Kc = factor ajustado al valor de la condición del cultivo.</p> <p>Se obtiene una demanda de agua de cultivo de 433 [l/m<sup>2</sup>].</p>
Requerimiento de agua para producción de etanol.	$EWDe = WDe / Pe,$ <p>donde EWDe es la demandad de agua del etanol [le/lw]; WDe es la demanda de agua del cultivo de etanol [lw/ha]; y Pe es la productividad del etanol que es de 5460 [le/ha].</p>
Relación entre la energía de entrada y la energía de salida del etanol.	$TREe = PCe / CEe,$ <p>donde TREe es la tasa de retorno energético del etanol [MJe/MJ]; PCe es el poder calorífico del etanol [MJ/kg]; y CEe es el consumo energético del etanol [MJ/kg].</p>
Superficie de tierra con vocación agrícola que produce etanol.	$STVAe = PTVAcA * SCe,$ <p>donde STVAe es la superficie de tierra con vocación agrícola que produce etanol; PTVAcA es el porcentaje de tierra con vocación agrícola que produce caña de azúcar; y SCe es la superficie de cultivo de caña de azúcar destinada a la producción de etanol.</p>
Superficie de cultivo de etanol con acceso a riego.	$SCARe = PCARca * SCe,$ <p>donde SCARe es la superficie de cultivo de caña de azúcar para etanol con acceso a riego; PCARca es el porcentaje de cultivo de caña de azúcar con acceso a riego; y SCe es la superficie de cultivo de caña de azúcar destinada a la producción de etanol.</p>

Elaboración propia.

Para analizar el impacto de la cadena alimentaria, siguiendo a Naranjo y Willarts (2020), se buscaron los siguientes indicadores: porcentaje de energía demandada por los alimentos en las diferentes etapas, extracción de agua para uso agrícola y productividad energética de los alimentos. Además, siguiendo a Salmoral y Yan (2018), se determinaron el agua virtual y la energía embebida. Para esto se utilizaron datos disponibles a nivel nacional, como balances energéticos, hoja de balance de alimentos (en adelante, HBA) (MAGAP, 2020), y otra información secundaria del Ecuador o países similares. El período de análisis fue 2019. Esto fue presentado en un artículo científico titulado: *The Water–Energy–Food Nexus: An Analysis of Food Sustainability in Ecuador* (Terneus y Viteri, 2022). En la Tabla 3 se encuentran los indicadores y su forma de medición en el ámbito de la cadena alimentaria.

**Tabla 3.** Indicadores y forma de medición del ámbito de la cadena alimentaria

<b>Indicador</b>	<b>Forma de medición</b>
	$FEP_i = 1/FEC_i$ ,
Productividad energética de los alimentos (t/kbep).	donde FEP es la productividad energética de los alimentos; FEC es el consumo de energía de los alimentos (esta información no existe en Ecuador, por lo que se utilizan datos de Colombia); e, i es cada tipo de producto.
	$VW_i = WFi * EFi$ ,
Agua virtual de cada producto.	donde VW es agua virtual; WF es la huella hídrica obtenida a partir de información del Ecuador; EF es la masa de alimentos exportados obtenidos de la HBA; e, i es cada tipo de producto exportado.
	$EE_i = FEC_i * EFi$ ,
Energía embebida de cada producto.	donde EE es energía incorporada; EF es una masa de alimentos exportados; e, i es cada tipo de alimento exportado.
Porcentaje de transporte utilizado para los alimentos.	Para la estimación de la demanda de transporte se utilizó la estimación de carga propuesta por Ulloa (2017). Para ello se consideró el 100 % de la demanda total del sector agrícola, pesquero y comercial, el 38 %, del sector manufacturero y el 100 % del comercio.
Porcentaje del consumo de energía	Para determinar el consumo energético en procesamiento se utilizó la participación energética de los subsectores de alimentos, bebidas

en el procesamiento de alimentos.	y tabaco, con respecto al consumo del sector industrial, que son los siguientes: 52 % diésel, 33 % electricidad, 100 % bagazo de caña, 25 % combustóleo, 30 % GLP, 100 % leña y 40 % gasolina.
Consumo de energía en el transporte doméstico.	Se considera el 5 % del recorrido de un vehículo relacionado con los alimentos, considerando el recorrido promedio de automóviles y el criterio de Van Hauwermeiren (2007). Este porcentaje se aplica al consumo energético total del sector de automóviles del Ecuador.
Consumo de energía para alimentos en el hogar.	Se considera el 30 % de la energía eléctrica para refrigeración; el 80 % del consumo de GLP para cocción y el 100 % de leña de uso residencial.

Elaboración propia

### Caracterización de la matriz energética

La cuarta fase estuvo relacionada con la caracterización de la matriz energética del Ecuador. Para esta caracterización, se utilizaron las dimensiones de disponibilidad, infraestructura, precios de la energía, eficiencia, impacto social, medioambiente y gobernanza, que son las que se usa en un estudio de seguridad energética a largo plazo (Ang et al., 2015). Para ello, emplearon 24 indicadores, que fueron obtenidos de la OLADE, BIEE, IEA, Balance Energético Nacional 2021. Al igual que lo hace Castro et al. (2018) y Fontaine (2011), estos indicadores se compararon entre los países vecinos de Colombia, Perú y Bolivia, que comparten la misma geografía, tienen estructuras productivas similares y tamaños comparables. También se compara la tendencia de estos indicadores a través del tiempo, generalmente de 2011 a 2021. Esto fue presentado en un artículo científico titulado: *Energy Security in Ecuador: An Analysis Considering the Interrelationships of the WEF Nexus* (Terneus y Viteri, 2023). En la Tabla 4 se presenta el indicador SWI y su forma de medición.

**Tabla 4.** Indicador SWI y forma de medición

Indicador	Forma de medición
Shannon-Weaver	$SWI = \sum p_i \ln(p_i)$

---

donde SWI es el índice de Shannon–Weaver; y  $p_i$  corresponde a la proporción de cada fuente de energía con respecto al total de fuentes primarias.

---

*Nota.* Elaboración propia.

### **Identificación de interrelaciones prioritarias**

La quinta fase corresponde a la identificación de interrelaciones prioritarias, para ello se empleó una metodología cuantitativa y observacional para analizar las interrelaciones en Ecuador, considerando diversos parámetros: i) relevancia económica y social; ii) consumo de agua, utilizando información de caudales autorizados o investigaciones específicas; iii) consumo o producción de energía, obtenido del Balance Energético Nacional; iv) riesgo de contaminación del agua, basado en investigaciones debido a la falta de un sistema de análisis de calidad del agua en Ecuador. Se parte de las siguientes interrelaciones prioritarias para ALC propuestas por Embid y Martín (2022) y Jouravlev y Saravia (2021): agricultura, riego, hidroelectricidad, explotación de recursos naturales, biocombustibles y servicios de agua potable y saneamiento, destacando su impacto en la economía, el medioambiente y la sociedad, especialmente en un contexto de urbanización acelerada y desordenada. La Tabla 5 presenta los indicadores y forma de medición de las interrelaciones prioritarias.

**Tabla 5.** Indicadores y forma de medición de interrelaciones prioritarias

<b>Indicador</b>	<b>Forma de medición</b>
Caudal de agua requerido para la explotación petrolera.	$CA = 31.7 * VA,$ <p>donde CA es el caudal de agua en [l/s]; VA es el volumen de agua en [M m<sup>3</sup>] en un año.</p> $CA_i = 0.01 * CE_{Ai} * TE_i / DE_i,$
Caudal de agua requerido para los proyectos mineros a gran escala.	<p>donde CA<sub>i</sub> es el caudal de agua consumido del mineral i en [l/s]; CE<sub>Ai</sub> es el consumo específico de agua por tonelada extraída del mineral i [ m<sup>3</sup>/t]; TE<sub>i</sub> son las toneladas extraídas [t]; y, DE<sub>i</sub> son los días de explotación.</p>

---



---


$$CEN_p = VAM * CE_p * PUP,$$

Consumo energético de los servicios de agua potable y saneamiento. donde  $CEN_p$  es el consume energético del proceso p en [GWH/mes]; VAM es el volumen de agua mensual en [ $hm^3$ /mes];  $CE_p$  es el consumo específico del proceso en [ $kWh/m^3$ ]; y, PUP es el porcentaje de utilización del proceso [%].

---

Elaboración propia.

### **Proposición de políticas públicas**

En la sexta fase, se proponen políticas públicas, para lo cual se utilizan los criterios de identificación de la necesidad de política pública, propuesto por Senplades (2011), que se indican a continuación:

1. Revisión del marco legal
2. Análisis de planes nacionales de desarrollo y planificaciones sectoriales
3. Identificación de situaciones objetivas que requieren una acción política.
4. Proposición de políticas públicas.

### **3.2 Alcance de la investigación**

La presente investigación se enfoca en analizar las interrelaciones del nexo WEF en la matriz energética del Ecuador. El periodo de estudio es 2019; sin embargo, como complemento de la información, se utilizan datos de otros años. Las variables son los consumos de agua, energía y/o alimentos en diferentes ámbitos de interrelación. Si bien se identifican las interacciones prioritarias, se analizarán con mayor detalle tres ámbitos de interrelación: la cadena alimentaria, los biocombustibles y el transporte de agroalimentos.

Con el fin de analizar las interacciones, describir, explicar o predecir fenómenos, se utiliza una metodología cuantitativa, que también considera el contexto histórico, cultural y social que puede influir en los resultados y en la interpretación de los datos.

Como método de recopilación de datos se utilizó fundamentalmente la información publicada por las diferentes entidades encargadas, como los balances energéticos nacionales publicados por el Ministerio de Energía y Minas; boletines estadísticos emitidos por Senagua e INEC; reportes y

boletines emitidos por el Banco Central del Ecuador, boletines y HBA del MAGAP; así como también internacionales como la base de datos Sielac y BIEE. Para el estudio del transporte de alimentos, se realizó un levantamiento de información por medio de una encuesta aplicada en la EP-MMQ.

### **3.3 Limitaciones de la investigación**

La limitación de la investigación estuvo relacionada principalmente con los datos e información de mala calidad, dudosa, parcial, inexistente o incluso reservada en los distintos sectores del nexo WEF con énfasis en la del agua. Las limitaciones de movilidad impuestas, debido a la pandemia del COVID-19 provocó cierres temporales de instituciones, restricciones de movimiento, limitación de reuniones presenciales, retraso en la entrega de información, entre otros.

### **3.4 Articulación de artículos**

De la caracterización de la matriz energética ecuatoriana, destacan tres aspectos que perfilaron esta investigación. El primero es el alto consumo del sector transporte, que, junto con Bolivia y El Salvador, destinan más del 50 % de la energía consumida a esta actividad, mientras el porcentaje a nivel mundial es del 35 %. Dentro de este sector, destaca el transporte de carga que está dedicado en un 40 % al transporte de alimentos. Esta relación transporte-alimentos, estuvo presente en uno de los mayores conflictos sociales que ha tenido el Ecuador: el levantamiento indígena de octubre de 2019. Por ello, el título en español del primer artículo es: “Análisis del transporte agroalimentario en Ecuador ante una posible reducción del subsidio al diésel” (Terneus y Viteri, 2020).

La alta demanda energética del sector transporte implica un crecimiento anual de importación de derivados de petróleo, que, con respecto al consumo total de energía, pasaron del 12.73 % en 2000, al 48.71 % en 2021. Por ello, el Plan Nacional de Desarrollo (Senplades, 2009) impulsó la industria de los biocombustibles con la finalidad de fortalecer la soberanía energética y obtener una efectiva sustitución de importaciones. Esto implicó que los agrocombustibles compitan con los alimentos por agua de riego y tierras de cultivo, como ya sucedió a nivel mundial cuando se elevó el precio de los alimentos debido al incremento en la demanda de estos energéticos en Europa (Gomiero, 2015). Considerando que los biocombustibles presentan una vinculación especial entre los tres elementos del nexo, se desarrolló este segundo artículo titulado: “Análisis de la producción de

biocombustibles en el Ecuador desde la perspectiva del nexo agua, energía y alimentos” (Terneus y Viteri, 2021).

Los biocombustibles son cultivos energéticos y comparten los mismos modos de producción que las empresas agroindustriales y de exportación. El Ecuador destaca en la región por ser uno de los mayores exportadores de alimentos, pero paradójicamente debe importar dos de los tres productos básicos de su alimentación que son el trigo y el maíz. Por otro lado, la cadena alimentaria en el mundo consume el 30 % de energía y el 70 % del agua, razón por la que se le considera como una interacción prioritaria del nexo WEF (FAO, 2014). Por lo tanto, el tercer artículo se denomina: “El nexo agua y energía-alimentos: un análisis de la sostenibilidad alimentaria en Ecuador” (Terneus y Viteri, 2022).

El cuarto artículo “Seguridad energética en Ecuador: un análisis considerando las interrelaciones del nexo del WEF” (Terneus y Viteri, 2023) caracteriza a la matriz energética del Ecuador y sus interrelaciones con el agua, como por ejemplo en la explotación petrolera, la generación hidroeléctrica y la minería.

Cabe mencionar también el artículo “Nexo agua-energía: Análisis del flujo hídrico del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair” (Terneus y Jiménez, 2018), que analiza el potencial conflicto entre el agua para consumo humano y el caudal necesario para generación hidroeléctrica en esta central.

Por último, y con la finalidad de analizar una política particular en materia energética, se elaboró la investigación “Estimación del consumo de energía por la eliminación de un impuesto ambiental en Ecuador” (Terneus Páez et al., 2022).

#### 4 CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE ECUADOR

Si bien el concepto de interconexión e integración entre los sectores de agua, energía y alimentos no es nuevo, es indiscutible que el concepto del nexo WEF se generalizó luego de que el Foro Económico Mundial publicara una correlación de riesgos entre estos sectores. Indica, además, que la situación pudiera exacerbarse por la pobreza que empuja a los gobiernos a buscar soluciones a corto plazo, como la explotación indiscriminada de sus recursos naturales (World Economic Forum, 2011). En noviembre de 2011, en la ciudad de Bonn, Alemania, se llevó a cabo la conferencia pionera sobre el nexo WEF (Hoff, 2011), cuya principal premisa es que *nuestros hiperconectados mundos del agua, de la energía y de la alimentación son cada vez más interdependientes y que los impactos en un sector afectan a los otros* (Embid y Martín, 2017). No obstante, el enfoque del nexo WEF, no ha sido incorporado como parte de la política pública en ALC, a pesar del desafío apremiante por la consecución de seguridad hídrica, alimentaria y energética (Embid y Martín, 2018). La Constitución del Ecuador, caracterizada por ser progresista, reconoce de manera implícita una interrelación entre recursos. Sus arts. 313 y 318 mencionan que el agua y la energía son sectores estratégicos que deben estar principalmente al servicio de la soberanía alimentaria. La seguridad energética, al igual que la seguridad del agua y la seguridad de los alimentos, forman parte del enfoque del nexo WEF.

El art. 334 de la Constitución menciona que el Estado promoverá, entre otras cosas, la soberanía energética, que según Montesdeoca (2011) se refiere a seguridad del suministro, competitividad, sostenibilidad y accesibilidad. La seguridad energética es considerada uno de los tres factores relevantes de la política energética por la IEA (2019a), debido a sus externalidades negativas, crecientes interdependencias globales y la distribución desigual de estos recursos en el planeta, lo que implica tensiones geopolíticas (Sperling et al., 2021).

Ecuador tiene una de las mayores reservas de petróleo de ALC, pero corre el riesgo de pasar a ser importador neto de este hidrocarburo a mediano plazo. Este escenario es preocupante, primero porque el petróleo es la principal fuente de divisas que contribuye al financiamiento del presupuesto del Estado, y segundo, porque afectaría a la seguridad del suministro energético, que es un elemento esencial para satisfacer las necesidades fundamentales, básicas y productivas de una sociedad (Calvo et al., 2021). La no disponibilidad, inaccesibilidad y/o inasequibilidad de la energía tendría implicaciones directas en el tratamiento, producción y distribución del agua; producción, procesamiento y transporte de alimentos; así como también a nivel doméstico en el uso sanitario

del agua y el almacenamiento y cocción de alimentos (Irena, 2015). Esto desencadenaría conflictos internos con su correspondiente inestabilidad social, política y económica.

Este capítulo tiene como objetivo analizar la seguridad energética del Ecuador, como elemento clave dentro del enfoque del nexo WEF. Se realiza a partir de la caracterización de su matriz energética por medio de indicadores.

#### **4.1 Modelo energético ecuatoriano**

El modelo energético, un concepto más amplio que la matriz energética, hace referencia a elementos políticos, económicos, sociales y culturales que tienen un peso específico en la gestión energética (Bertinat, 2016). Según (Castro Pablo, 2003) un modelo energético explica el desarrollo de las sociedades, el colapso de las mismas, los conflictos internos, el papel de los intermediarios, la irracionalidad de los sistemas económicos, la conexión entre los procesos económicos, la cultura y la toma de decisiones.

A continuación, se analiza la evolución del sector energético, la energía primaria y la energía secundaria.

#### **Evolución del sector energético**

En 1961 se establece la Ley Básica de Electrificación, y se crea el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), que tenía bajo su responsabilidad la regulación, planificación, aprobación de tarifas, construcción y operación del sistema eléctrico (ARCERNNR, 2021). El Ecuador ocupaba uno de los últimos lugares en electrificación en América Latina, y la leña era el energético de consumo final más utilizado (Acosta Espinosa et al., 1989).

Desde 1972, el petróleo ha sido indudablemente el producto de mayor importancia y de mayores disputas en la economía y sociedad ecuatoriana, no solo para abastecer la demanda interna de combustibles y generación eléctrica, sino también por la renta derivada de las exportaciones que han formado parte de los recursos fiscales con los que cuenta el gobierno. En el mismo año, entró en vigencia la Ley de Hidrocarburos, ante lo cual la recién creada Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) asume el control de las áreas en producción (PetroEcuador, 2013). En 1973, Ecuador inició la exportación petrolera, en un contexto internacional marcado por la elevación sostenida de los precios de los hidrocarburos (Ayala, 2008), ingresó a la OPEP y se convirtió en el

segundo productor de hidrocarburos en América del Sur, con lo cual se consolidó el sector externo como el principal componente de su dinámica económica (PetroEcuador, 2013). Durante estos años el país adopta una política nacionalista que conduce a la renegociación de los contratos petroleros con Texaco-Gulf, y al establecimiento de condiciones que permitieron al Estado captar aproximadamente el 80 % del excedente petrolero (Fontaine, 2004).

Históricamente, parte de los beneficios petroleros se han invertido en desarrollar otras áreas energéticas, en particular el sector eléctrico (Ponce-Jara et al., 2018). En 1970 se crea el Fondo Nacional de Electrificación, alimentado por las regalías que el fisco percibía por concepto de producción petrolera. Entre 1976 y 1987, INECEL construye obras de generación hidroeléctricas y térmicas. En ALC, la construcción de grandes obras de infraestructura como represas, centrales de generación, redes de tendido eléctrico, fue una característica de la década de los setenta y ochenta, en que los gobiernos estaban interesados en fomentar el desarrollo económico mediante la extensión del suministro energético (Altomonte et al., 2003).

La bonanza del auge petrolero se tradujo en generosas políticas de subsidio e impulsó un acelerado gasto público que se tradujo en un creciente endeudamiento. Esto generó un proceso intenso de reducción de la agricultura, que hizo que, en pocos años, el Ecuador se convirtiera en un país importador de alimentos y esencialmente urbano, que trajo consigo la migración del campo a la ciudad y la formación de cinturones de miseria en las periferias urbanas, especialmente de Guayaquil. Esto provocó que la economía tuviera claros síntomas de la llamada *enfermedad holandesa* (M. Naranjo, 1995).

El Ecuador, una vez concluido el auge petrolero, no ajustó su economía, sino que artificialmente lo mantuvo gracias a la facilidad de endeudamiento de aquella época. Esto hizo que se volviera más vulnerable y dependiente de los recursos internacionales (Naranjo Chiriboga, 2004).

Durante la década de los años ochenta y noventa se aplicaron reformas de política económica en Latinoamérica, denominadas el Consenso de Washington, que contaban con el respaldo del Gobierno de Estados Unidos, la Reserva Federal, el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial. Estas reformas, que fueron una respuesta a la crisis internacional de la deuda, consistían en la liberalización comercial, la privatización de empresas estatales y la reducción de la intervención estatal en la economía en general (Moreno-Brid et al., 2004).

A partir de 1986, los precios del petróleo caen dramáticamente, lo que ocasionó severos desajustes en diversos años (1982-1983, 1986, 1997-1998) (Naranjo Chiriboga, 2004), lo que repercutió en

devaluaciones recurrentes y en un incremento en el precio de los combustibles de consumo interno, lo que a su vez era motivo de huelgas y paralizaciones. Cabe indicar que la Ley de Hidrocarburos, aprobada en 1972, estableció como potestad del presidente de la República el fijar el precio de venta al consumidor de los derivados de los hidrocarburos (Naranjo Chiriboga, 2004).

A la crisis económica, se sumó el abultado peso de la deuda externa, el fenómeno de El Niño (ENSO por sus siglas en inglés), de 1982-1983 y 1998, el terremoto de 1987 que destruyó parte del oleoducto transecuatoriano y los conflictos armados de *Paquisha* en 1981 y *El Cenepa* en 1995. La economía sufre un estancamiento de larga duración, y las condiciones sociales sufren un deterioro, acompañado por un proceso acelerado de deforestación y otros impactos ambientales. El Ecuador experimentó el empobrecimiento más acelerado en la historia de América Latina en esos años, la pobreza extrema se incrementó del 12 al 35 %, el gasto social per cápita disminuyó alrededor del 25 % en educación y salud, y se produjo una masiva migración de ecuatorianos al exterior, en alrededor de medio millón de personas (Naranjo Chiriboga, 2004).

La crisis afectó también al sector eléctrico, al congelarse los ingresos por regalías petroleras; sin embargo, las tarifas eléctricas se mantuvieron prácticamente fijas, lo que se tradujo en un deterioro de la capacidad de INECEL. Desde 1992 a 1997, se experimentan continuos racionamientos de energía eléctrica (Acosta, 2006).

Hasta 1992, la producción petrolera estaba fundamentalmente en manos del Estado. En 1989, la Ley Especial n.º 45 crea la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador (PetroEcuador), que dio paso a un nuevo modelo de gestión empresarial, acorde con las exigencias de un mundo cada vez más competitivo. Esta entidad asume la totalidad de las actividades del consorcio CEPE-Texaco, las refinerías y el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano. Según Fontaine (2004), el poder de esta empresa no siempre contribuyó a la eficiencia de su gestión financiera y tecnológica. La producción estatal de crudos livianos declina desde 1993, debido a la limitada reinversión de PetroEcuador en recuperación secundaria y terciaria en campos antiguos (PetroEcuador, 2013). Ecuador sale de la OPEP en 1992 (PetroEcuador, 2013).

La Ley 44, reformativa de la Ley de Hidrocarburos, aprobada en 1993, introdujo los contratos de participación con que las empresas privadas recibían un porcentaje del petróleo extraído, como pago por sus costos e inversiones, previamente acordado (PetroEcuador, 2013). A partir de 1995, las compañías privadas volvieron a tomar protagonismo, hasta alcanzar el 63 % de la producción total en 2005, subiendo de 30000 barriles diarios en 1,993 a 340,000 en 2006 (Mateo y García,

2014). La apertura de nuevos campos petroleros acentuó el impacto ambiental y contribuyó a la deforestación en la Amazonía. Cabe indicar que la privatización fue el paradigma imperante en ALC en la década de los noventa (Altomonte et al., 2003). En 2004, la producción aumentó en un 25 % gracias a la construcción del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), hasta duplicar la producción relativa de crudo en las compañías estatales.

En 1996 se expidió la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), que tenía el propósito de reformular el grado de participación estatal en el sector eléctrico y pasar a un modelo de libre mercado; el subsidio eléctrico se eliminaría bajo el criterio de que las tarifas debían cubrir los costos operativos. Sin embargo, el sector eléctrico presentaba dos problemas crónicos: i) las tarifas eléctricas no cubrían los costos de las distribuidoras de energía a nivel nacional; e ii) las consecuentes deudas contraídas con agentes financieros internacionales por parte del INECEL, que fueron trasladadas a las nuevas empresas (Neira y Ramos, 2003).

A partir de 2000, el Ecuador dolarizó su economía y coincidentalmente se inició una tendencia ascendente en los precios internacionales del crudo, lo que se tradujo en un aumento significativo de las importaciones, entre las que destacan los combustibles y los vehículos (Cely Icaza y José Calle, 2019). Las deficiencias del sistema productivo se vieron agravadas por la pérdida de competitividad local derivada de la apreciación cambiaria en el esquema de dolarización (BCE, 2010). En 2005, los precios de los combustibles fueron congelados por decreto, a pesar del aumento de los precios internacionales del petróleo (Marchán et al., 2017).

En 2008 se aprueba una nueva Constitución que fortalece el papel del Estado en claro rechazo a las políticas privatizadoras aplicadas en la década de 1990. Se declara al sector energético, tanto hidrocarburífero como eléctrico, como estratégico, sobre el cual se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar. Se aplicaron reformas petroleras que reivindicaban el control de los recursos naturales (Ayala, 2008; Mateo y García, 2014). A partir de la Constitución de 2008 se presentaron cambios en el sector eléctrico, tendientes a otorgar un rol central del Estado en la generación, transmisión y distribución en la inversión destinada a la expansión e integración de actividades, y como garante del subsidio eléctrico.

Hasta la primera década de este siglo, la oferta energética hidroeléctrica estaba concentrada en un 90 % por cuatro grandes centrales: Paute, Agoyán y Pisayambo-Pucará, ubicadas en la vertiente amazónica, y la central Marcel Laniado, localizada en la provincia del Guayas.

Para 2005, el Sistema no solo era vulnerable a largos periodos de sequías, sino que también tenía



una alta dependencia de combustibles fósiles y energía eléctrica importada, con el 44 % y 11 %, respectivamente. A finales de 2009 e inicios de 2010, el país sufrió nuevamente racionamientos eléctricos. Esta tendencia no cambió significativamente hasta 2016, en que la energía hidroeléctrica constituyó el 58 % de la potencia instalada, como resultado del aporte de nuevas centrales hidroeléctricas como Coca-Codo-Sinclair, con 1.5 GW y Sopladora, con 487 MW (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013). En 2015 se expide la Ley Orgánica de Servicio Público de la Energía Eléctrica (LOSPEE), que refuerza el modelo ya implementado (ARCERNNR, 2021).

La promoción de la soberanía y la eficiencia energética se mencionan en la Constitución, en los art. 15 y 143, respectivamente. Según esta Carta Magna, estos no se lograrán en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectarán el derecho al agua. En abril de 2011, mediante el decreto presidencial 741, se estableció el Programa para la Renovación de Equipos de Consumo Energético Ineficiente, en el que constaban refrigeradores, luminarias, equipos de aire acondicionado, lavadoras de ropa, entre otros.

En 2012 se creó el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), como una instancia de apoyo científico, académico y técnico al Ministerio, para el desarrollo de políticas y proyectos en el campo de la eficiencia energética. Esta institución fue absorbida por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) creado por Decreto Ejecutivo el 15 de mayo de 2018. Su misión es: “Generar y promover conocimiento en el ámbito de la geología y la energía, mediante investigación científica, asistencia técnica y servicios especializados para el aprovechamiento responsable de los recursos renovables y no renovables, contribuyendo a la toma de decisiones en beneficio de la sociedad”.<sup>1</sup> (Cepal, 2016).

El sector petrolero siguió constituyendo una arista importante de la economía ecuatoriana, sobre todo para el Gobierno central, debido a que representó una fuente de ingresos importantes, teniendo un promedio de USD 8,000 millones entre 2000 y 2019 (Segovia, 2020). Ecuador entró en una fase de crecimiento económico sin precedentes impulsada por los altos precios del petróleo y otras materias primas, puso en marcha un ambicioso programa de inversiones en la red vial, en la matriz energética y en política social, que generó una economía en expansión y el surgimiento de una clase media. Sin embargo, el desplome del precio del petróleo en 2014 supuso un fuerte *shock*

---

<sup>1</sup> <https://www.geoenergia.gob.ec/mision-y-vision/>

adverso para las finanzas públicas y la balanza de pagos (Díaz Cassou y Ruiz-Arranz, 2018).

El 26 de junio de 2007 se aprobó la ejecución del proyecto para la construcción de una nueva refinería con capacidad de 300,000 barriles diarios, mediante una alianza estratégica entre Petróleos de Venezuela S.A. y PetroEcuador, en el que se estableció la creación del Complejo Refinador en el Pacífico Ecuatoriano, en la provincia de Manabí. El plazo para iniciar operaciones se planteó para 2013, pero posteriormente se amplió hasta 2015 y finalmente a 2017, en espera de la inyección del capital que realizaría la empresa estatal China National Petroleum Corporation (Arias, 2014), lo cual nunca se concretó. En 2017, el presidente Lenín Moreno pidió descartar este proyecto ante la ausencia de inversores (Narváez, 2017).

Con la finalidad de fortalecer la seguridad energética y obtener una sustitución efectiva de importación de derivados de petróleo, el Plan Nacional de Desarrollo, denominado Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 (Senplades, 2009), priorizó la actividad industrial de biocombustibles, con el fin de lograr una sustitución efectiva de importaciones de derivados del petróleo y fortalecer la soberanía energética, ante el agotamiento de las reservas petroleras. En 2015 se estableció la sustitución progresiva de todas las gasolinas Extra por la denominada Ecopaís, que es una mezcla de gasolina con etanol, producido a partir del jugo de caña de azúcar o melaza. En 2014, con la finalidad de disminuir la importación de GLP, se implementó en Ecuador, según Nolivos (2021), el mayor programa en el mundo de cambio a cocinas eléctricas, que consistía en introducir tres millones de cocinas de inducción en igual número de hogares, lo que implicaba también inversiones paralelas en la acometida de las viviendas e incentivos a los usuarios. A finales de 2017 se habían vendido un poco más de 700,000 (Díaz Cassou y Ruiz-Arranz, 2018).

Los controles de precios discrecionales para los combustibles introducidos durante el auge del precio del petróleo, terminó siendo un problema para los gobiernos de turno. Los intentos por disminuirlo provocaron los levantamientos indígenas de octubre de 2019 y junio de 2022, que fueron significativamente violentos, con el bloqueo de vías, paralización del servicio público, afectación en la infraestructura pública, heridos y fallecidos (Defensoría del pueblo, 2022; Espinosa, 2019; Garzón Vera y Bravo, 2023; Hidalgo, 2022; Tarín, 2022). Según el Banco Central del Ecuador (BCE), el impacto económico de los eventos de octubre de 2019 asciende a un monto total de USD 822 millones, afectando principalmente al sector productivo (Mejía, 2019). Para junio de 2022, el BCE estima que la afectación económica alcanzó un monto de USD 1,115 millones, donde el sector de energía e hidrocarburos fue el más perjudicado (España, 2019; Mejía, 2019;

Villareal, 2022).

Las tensiones con la Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador (en adelante, Conaie), una organización indígena ecuatoriana políticamente influyente, han ido en aumento desde 1994, en que se registró el primer levantamiento indígena en el Ecuador. Han pasado de ser sujetos sociales a constituirse en sujetos políticos activos. La estrategia desarrollista del gobierno con respecto a la política energética está cada vez más en conflicto con el objetivo de conservación defendido tanto por la Conaie como por los grupos conservacionistas. Esto incluye proyectos de extracción petrolera como de desarrollo de la energía hidroeléctrica, que enfrenta una seria oposición, debido a sus externalidades ambientales negativas y a la estrecha relación con el historial negativo del sector petrolero en el país (Escribano, 2013; Finer et al., 2008).

En 2019, se aprueba la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (en adelante, LOEE), que “declara de interés nacional y como política de Estado el uso eficiente, racional y sustentable de la energía, en todas sus formas, como elemento clave en el desarrollo de una sociedad solidaria, competitiva en la producción y preocupada por la sostenibilidad económica y ambiental” (LOEE, 2019). En 2021, mediante Decreto Ejecutivo n.º 229, se expide su Reglamento General.

El conflicto entre Rusia y Ucrania, ha puesto en evidencia la vulnerabilidad de los mercados energéticos, considerando que el primer país mencionado es uno de los principales productores y exportadores de petróleo y gas. Las tensiones geopolíticas han traído como consecuencia una mayor conciencia en materia de soberanía de recursos energéticos, pero también de agua, alimentos y ciertos productos elaborados como microcontroladores y fertilizantes (Cepal, 2022).

## **Energía primaria**

La disponibilidad de energía primaria, ofrece a un país beneficios económicos, pero también estratégicos, entre los que se menciona una mayor independencia energética, menor vulnerabilidad frente a eventos exógenos y un fortalecimiento de la seguridad energética. A continuación, se examinan las fuentes de energía primaria que existen en el Ecuador, principalmente el petróleo, la hidroenergía, la biomasa y otras.

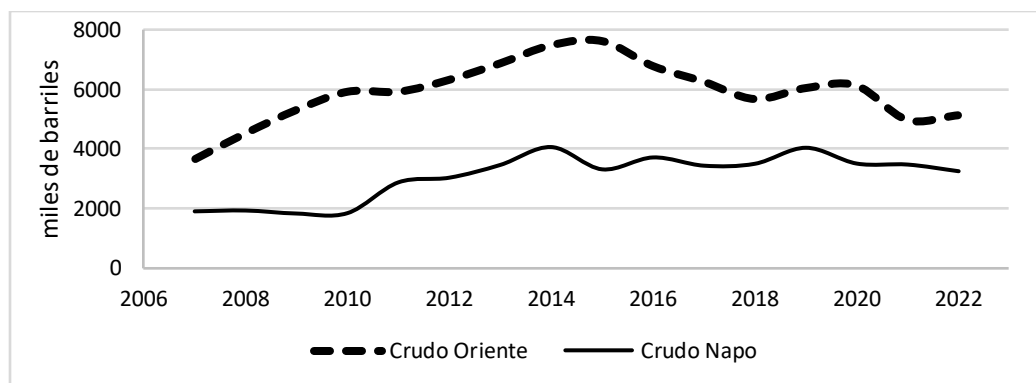
### ***Petróleo***

Unos pocos países de ALC son exportadores netos de petróleo crudo, gas natural y combustibles. En 2019, solo Bolivia, Colombia, Ecuador, Trinidad y Tobago, Venezuela, Brasil y Perú

exportaron más petróleo, gas natural y combustibles de lo que importaron (OLADE, 2022).

La producción de petróleo en 2007 marca un punto de inflexión, pues comienza a declinar, principalmente por el agotamiento de los campos maduros Shushufindi-Aguarico y Libertad-Atacapi (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013). Nashawi et al. (2009) ubican este año como el pico de la producción de petróleo en el Ecuador, un concepto desarrollado por el geofísico King Hubbert, quien predijo que una vez llegado a su punto más alto, declina rápidamente debido a la energía requerida para su explotación (Bardi, 2009).

Según Parra et al. (2018), la tasa de retorno energético<sup>2</sup> para bloques de petróleo medio guardan una relación de 36:1 y el grupo de bloques con petróleo pesado de 18:1. Esto es entendible desde el punto de vista técnico, pues a mayor grado API los subprocesos en la extracción se vuelven más intensivos en energía, pero también en consumo de agua. El petróleo ecuatoriano se clasifica como crudo Oriente con 23 grados API promedio y un contenido de azufre de 1.45 %, y crudo Napo, entre 18 y 21 grados API y un contenido de azufre de 2.10 % (BCE, 2012) (Véase Figura 1). En Ecuador, a medida que las reservas de petróleo convencional se agotan con el tiempo, las cifras estadísticas gubernamentales sobre reservas sugieren que se está produciendo gradualmente un cambio de petróleo liviano y mediano a pesado (Ecuavisa, 2023; Parra et al., 2018).



**Figura 1.** Exportaciones ecuatorianas desglosadas en crudo Oriente y Napo  
Elaboración propia a partir de datos de BCE (2022b).

Según Parra et al. (2020), el consumo energético de la explotación de petróleo en 2018 fue de 58 PJ para generación de energía eléctrica y 5 PJ para energía mecánica. De acuerdo con cálculos propios, esto equivale al 12 % del consumo total de energía en el Ecuador y proviene de plantas

<sup>2</sup> La Tasa de Retorno Energético (TRE, EROI en inglés) mide la eficiencia en el uso de la energía y aporta información útil para tomar decisiones relativas al funcionamiento energético de las actividades productivas

*topping*, gas asociado y diésel. El mismo autor sostiene que el consumo de agua de la industria petrolera sería alrededor de 6 hm<sup>3</sup>, lo que equivale a alrededor del 1 % del uso consuntivo del agua a nivel nacional, según los datos de Senagua (2017a).

Según Ochoa et al. (2021) y Parra et al. (2020), el Ecuador tiene actualmente una proporción de agua de formación (conocida como BSW, por sus siglas en inglés), de un 80 %, por lo que produce alrededor de 320,000 m<sup>3</sup> de BSW por día, lo que significa que produce más agua que petróleo; el volumen estimado de BSW por unidad de suministro de petróleo a nivel nacional casi se duplicó de 2005 a 2018 y aumentó treinta veces de 1975 a 2018. Según el Decreto 1215, desde 2001 la disposición final de BSW es la reinyección en formaciones subterráneas, sin embargo, aún no está claro hasta qué punto se aplican estas regulaciones (Maurice et al., 2019).

### ***Hidroenergía***

La Tabla 6 ofrece una visión de las mayores centrales hidroeléctricas ubicadas en el territorio ecuatoriano. Esta información facilita la comprensión de la distribución geográfica y el potencial de generación de energía hidroeléctrica que posee el país. En la década de 2010 hubo un avance significativo en este tipo de generación. Se puede identificar que, la mayoría son de pasada o con embalse intradiario, que significa un menor impacto ambiental.

**Tabla 6.** Expansión de la generación hidroeléctrica

<b>Nombre</b>	<b>Año</b>	<b>Provincia</b>	<b>Río</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Tipo</b>
Pucará	1977	Tungurahua	Yanayacu	70	Embalse
Paute-Molino	1983	Morona Santiago	Paute	1,100	Embalse
Agoyán	1987	Tungurahua	Pastaza	156	Intradiario
Marcel Laniado	1999	Guayas	Daule	213	Embalse
San Francisco	2004	Tungurahua	Pastaza	230	Intradiario
Mazar	2015	Cañar	Mazar	170	Embalse
Hidosanbartolo	2015	Morona Santiago	Negro	50	Pasada
Manduriacu	2015	Imbabura-Pichincha	Guayllabamba	65	Intradiario
Sopladora	2016	Azuay-Morona	Paute	487	Pasada
Coca Codo Sinclair	2016	Napo	Coca	1,500	Intradiario

Due	2017	Sucumbíos	Due	50	Pasada
Delsitanisagua	2018	Zamora	Zamora	180	Intradiario
Hidronormandía	2018	Morona Santiago	Upano	50	Pasada
Minas-San Francisco	2019	Azuay-El Oro	Jubones	275	Intradiario

Elaboración propia sobre la base de datos del Plan Maestro de Energía (MERNNR, 2020b).

### ***Biomasa***

En el período comprendido entre 2011 y 2021 se incrementó la producción de energía proveniente de bagazo de caña de azúcar de 1.4 a 2.0 Mbep y se redujo la producción proveniente de leña de 2.2 a 1.6 Mbep. En 2021 representaron el 1.1 % de la matriz eléctrica. El bagazo de caña se utilizó en un 68 % para uso industrial, un 20.3 % para la generación de electricidad y un 11.7 % para destilerías (MEM, 2022).

En el período 2011-2021, el uso de melaza se incrementó de 6.2 a 52.5 kt y el jugo de caña de 42.3 a 356.8 kt. Estos elementos son insumos para la producción de etanol, el cual a su vez es un componente de la gasolina denominada Ecopaís. Entre 2011 y 2021 tuvieron un crecimiento anual del 24 % (MEM, 2022).

Desde 2016, se contabilizan los datos de dos centrales de generación de biogas, son motores de combustión interna, ubicados en los rellenos sanitarios del Inga en Quito y de Pichacay en Cuenca, tienen una potencia de 5 y 1.2 MW, respectivamente. En 2021 representaron el 0.1 % de la matriz eléctrica.

### ***Otras fuentes primarias***

Otras fuentes de energía primaria son las renovables intermitentes como la solar y la eólica, y otras biomasa. A pesar de experimentar un crecimiento anual de 59 % de 2011 a 2021, representan apenas el 0.3 % de la matriz eléctrica (MEM, 2022). De hecho, según Statista (2022), Ecuador es el país con menor capacidad instalada de energía solar en ALC en 2021.

### **Energía secundaria**

En 2021, los principales energéticos consumidos fueron diésel, con 29.2 Mbep; gasolina con 26.4

Mbep; electricidad con 16.9 Mbep; GLP con 9.8 Mbep y fuel oil con 3.2 Mbep (MEM, 2022).

### ***Derivados de petróleo***

A lo largo de 2021, los productos refinados de petróleo con mayor demanda en el país fueron el diésel, la gasolina y el GLP. El sector del transporte se destaca como el principal consumidor de diésel y gasolina, que representa el 83 y 82 %, respectivamente. En cuanto al GLP, se evidencia que el sector residencial es el mayor demandante, con 70 % del total consumido en el país (MEM, 2022).

### ***Electricidad***

De 2011 a 2021, el consumo de energía eléctrica tuvo un crecimiento anual promedio de 4 %, siendo los mayores consumidores los sectores industrial y residencial con el 42 y 30 %, respectivamente (MEM, 2022). En 2021, el consumo energético fue de 27 TWh, dividido de la siguiente manera: hidráulica 75 %; térmica 24 % que proviene de centrales térmicas distribuidas en varias provincias entre las que destaca Guayas, El Oro, Esmeraldas y Manabí; biomasa 1 %; y eólica, biogas y fotovoltaica menos del 1 % (ARCERNNR, 2023).

### ***Fuel oil***

Es el combustible más utilizado para generación eléctrica en el Ecuador, aunque para este uso presenta una reducción de 2011 a 2021, del 10 % anual (MEM, 2022), debido a la incorporación de nuevas centrales hidroeléctricas y de energía renovable (ARCERNNR, 2023).

## **4.2 Método**

En esta investigación se utilizaron las dimensiones de disponibilidad, infraestructura, precios de la energía, eficiencia, impacto social, medioambiente y gobernanza, que son las que se utiliza en un estudio de seguridad energética a largo plazo, aunque no todos utilizan todas las dimensiones (Ang et al., 2015; Sovacool et al., 2011; Vivoda, 2010). El medioambiente, se ha convertido cada vez más en parte de la consideración de la seguridad energética. Sovacool (2011), de manera particular, dentro de esta dimensión incluye una métrica del uso del agua, para subrayar el nexo agua-energía. Para ello, se utilizan 21 indicadores e información específica (véase Tabla 7) que han sido obtenidos de la OLADE, BIEE, IEA y Balance Energético Nacional 2021. Al igual que lo hace

Castro (et al. 2018) y Fontaine (2011), estos indicadores se comparan entre los países vecinos de Colombia, Perú y Bolivia, que comparten la misma geografía, tienen estructuras productivas similares y tamaños comparables. También se compara la tendencia de estos indicadores a través del tiempo, generalmente de 2011 a 2021.

**Tabla 7.** Dimensiones e indicadores de seguridad energética utilizados

<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
Disponibilidad	Oferta de energía primaria per cápita
	Alcance de reservas probadas de petróleo
	Suficiencia energética
	Diversificación
	Renovabilidad en la oferta primaria
	Renovabilidad en la generación eléctrica
	Dependencia del transporte de los derivados de petróleo
Infraestructura	Para combustibles
	Hidroeléctrica
	Cobertura eléctrica
Precios	Precio del GLP
	Precio de la electricidad
	Precio de la gasolina
	Precio del diésel
	Consumo final per cápita
Eficiencia	Intensidad energética de la oferta total
	Intensidad energética final
	Intensidad energética sectorial
	Eficiencia en el transporte
	Pérdidas eléctricas
Impacto social	Medioambiente
	Cobertura forestal
	Disponibilidad de agua
Gobernanza	Gobernanza
	Subsidios energéticos per cápita



Elaboración propia en base a información de (Ang et al., 2015; Sovacool et al., 2011; Vivoda, 2010).

El índice de Shannon–Weaver (SWI) se utiliza para determinar la diversidad de fuentes primarias de energía en los países de ALC. Los datos son obtenidos de Sielac (2023).

Las fuentes primarias ( $i$ ) consideradas son: petróleo, gas natural, carbón, hidro, geotermia, nuclear, leña, caña de azúcar y otras primarias, cuya oferta energética total se expresa en kbep. Definidas las *especies* con su respectivo valor energético, se aplica la siguiente fórmula:

$$SWI = - \sum_{i=1}^j p_i \ln(p_i)$$

Donde  $p_i$  corresponde a la porción que tiene la fuente de participación en el total de oferta primaria. Este valor se calcula para un total de nueve fuentes primarias ( $j$ ).

A continuación, se realiza un análisis de cada dimensión con sus indicadores.

### 4.3 Análisis y discusión de indicadores

En el presente capítulo se analizan las siguientes dimensiones de la matriz energética de Ecuador: disponibilidad, infraestructura, precios, eficiencia, impacto social y gobernanza.

#### Disponibilidad

El Ecuador es uno de los pocos países de la región de ALC que es exportador neto de petróleo, toda vez que produce el doble de hidrocarburos de lo que consume. Junto con Trinidad y Tobago, Venezuela y Bolivia tienen la mayor autosuficiencia hidrocarburífera de la región de ALC (OLADE, 2022). Ecuador depende significativamente de las exportaciones de petróleo para financiar su presupuesto nacional (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020).

De acuerdo con las cifras del Banco Central (BCE, 2022b), en el período comprendido entre 2011 y 2014, Ecuador experimentó una notable afluencia económica a través de las exportaciones de petróleo, que alcanza ingresos superiores a los USD 10,000 millones anuales, con una media de 137 millones de barriles exportados. El apogeo de este periodo se observó en 2013, cuando los ingresos ascendieron a USD 12,578 millones. Esta cifra resultó de la venta internacional de 140 millones de barriles de petróleo, apoyada considerablemente por los altos precios del petróleo que

prevalecían en aquel momento.

No obstante, en 50 años de exportación petrolera el Ecuador no ha podido salir del subdesarrollo. Esta contradicción puede entenderse a la luz de la teoría de la dependencia, que descubre una diferencia histórico-estructural entre las especificidades productivas, sociales e institucionales de los países en desarrollo, denominados “periferia”, en contraposición con las economías de los países desarrollados, denominados “centro”. La baja demanda de productos primarios originados en la periferia contrasta con la gran demanda de la periferia por productos industriales elaborados en el centro. Esto repercute en una balanza de pagos deficitaria que ocasiona efectos adversos en la estabilidad del crecimiento económico con implicaciones sociales y políticas (Beteta y Moreno-Brid, 2012). Esta inestabilidad se evidencia de manera curiosa en su matriz energética, puesto que, a pesar de su abundancia de recursos naturales, importa la mitad de la energía que consume.

Para reflejar la dimensión de disponibilidad se utilizan cuatro métricas: oferta de energía primaria per cápita, que describe el desarrollo del sector energético; alcance de reservas probadas de petróleo y gas, que estima el número de años durante los cuales el nivel actual de producción puede ser sostenido por sus reservas, suponiendo una producción constante; suficiencia energética, que evalúa la dependencia de un país de fuentes foráneas de combustible o energía; diversificación y proporción de energías renovables en el suministro total de energía primaria, lo cual permite reducir la dependencia de combustibles fósiles.

### ***Oferta de energía primaria per cápita***

La oferta de energía primaria de Ecuador es de 0.88 tep/hab, similar a la de Colombia y mayor que la de Bolivia y Perú. Sin embargo, entre 2011 y 2021, en Ecuador, este indicador decreció a un promedio de 0.5 % anual (véase Tabla 8), debido a la incorporación de nuevas centrales de generación hidroeléctrica, que crecieron un 88 % en el mismo periodo.

**Tabla 8.** Oferta de energía primaria y consumo energético final per cápita

<b>Oferta de energía primaria per cápita</b>		<b>Consumo energético final per cápita</b>	
Promedio 2021	Variación anual 2011-2021	Promedio 2021	Variación anual 2011-2021

	tep/hab	%	tep/10 <sup>3</sup> hab	
Bolivia	0.75	1.2	595.06	1.8
Colombia	0.89	0.1	653.37	0.4
Ecuador	0.88	-0.5	742.99	0.4
Perú	0.72	0.1	605.14	-0.1
ZA	0.84	-2.9	618.04	-3.1
ALC	1.22	-1.2	912.01	-0.9

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023).

A lo largo del período 2011-2021, los combustibles fósiles han sido la principal fuente energética. En 2021, el petróleo, gas, hidroelectricidad y otras primarias, representaron el 71, 5, 19 y 5 %, respectivamente. Por otra parte, cabe señalar que el consumo energético final es mayor que el de los países de la subregión andina (véase Tabla 8).

### *Alcance de reservas probadas de petróleo y gas*

Las mayores reservas de petróleo probadas en tierra de ALC se encuentran en Venezuela (302,8 Gbbl), Argentina (2,8), Colombia (1,8), México (1,7) y Ecuador (1,3). El alcance de las reservas probadas de petróleo del Ecuador es de alrededor de 8 años, similar a Colombia y Perú. Las reservas probadas de petróleo del Ecuador registran una importante disminución, de alrededor de 9 % anual de 2011 a 2021, superior a los países vecinos (Sielac, 2023) (véase Tabla 9). La producción de petróleo ha ido declinando a una tasa anual de 0.6 % de 2011 a 2021 (MEM, 2022).

Por otro lado, la alta concentración de reservas nacionales en la región amazónica convierte la extracción de hidrocarburos en una actividad sensible, con implicaciones tanto ambientales como sociales. Si a esto se suma: i) una participación creciente de crudos pesados, que reducen la eficiencia energética, un aumento del BSW y de los impactos ambientales; ii) restricciones a la ampliación de la frontera petrolera hacia la Amazonía; y, iii) crecimiento de la importación de derivados de petróleo, es factible decir que el Ecuador está en el ocaso de su condición de exportador neto de petróleo (Chavez-Rodriguez et al., 2018, 2018; Fontaine, 2004; Larrea, 2022; Mateo y García, 2014).

La producción de gas natural en Ecuador proviene de la extracción del Campo Amistad en el golfo de Guayaquil y de la explotación petrolera, en el Oriente ecuatoriano, donde buena parte del gas

que se produce en la actualidad es venteada. El alcance de las reservas probadas de gas en Ecuador es de tres años, inferior a Colombia y Perú. Ecuador y Colombia son países equilibrados en su oferta y demanda de gas natural, mientras que Perú lo exporta.

En el período comprendido entre 2011 y 2021 hubo un decrecimiento de 0.2 % en la producción de gas natural libre y asociado (véase Tabla 9). Con respecto al gas asociado, desde 2015 se comenzó a utilizar una parte del gas venteado para sustituir el consumo de diésel en la generación de electricidad destinada a la operación de los campos petroleros (MEM, 2022; Sbroiavacca et al., 2019). El gas natural proveniente del Campo Amistad llega a la población de Bajo Alto, en la provincia de El Oro. Aquí se encuentra una planta de generación eléctrica de 277 MW y una planta de licuefacción. En esta última infraestructura se presentan problemas con los cimientos y el descenso de la presión del gas (Ministerio de Energía y Minas EcuadorEC [@RecNaturalesEC], 2023; Orozco, 2023; Parra Aráuz, 2019; PetroEcuador, s. f.).

**Tabla 9.** Alcance de reservas probadas de petróleo y gas natural

	<b>Petróleo</b>		<b>Gas natural</b>	
	Promedio	Variación anual	Promedio	Variación anual
	2021	2011–2021	2021	2011–2021
	Años	%	Años	%
Bolivia	12.75	-2.0	14.94	-1.3
Colombia	6.76	0.0	4.42	-1.1
Ecuador	7.70	-8.8	3.03	-0.1
Perú	8.01	-3.5	15.31	-4.2

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023).

### ***Suficiencia energética***

Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, se encuentran entre los países de mayores índices de suficiencia energética de la región de ALC, junto con Venezuela, Brasil y Guyana (Sielac, 2023). Ecuador tiene un índice de suficiencia energética de 1.8 el cual ha decrecido a una tasa de 1.1 %. La dependencia externa de la energía es de -78.7 %. Entre 2011 y 2021, se ha hecho más dependiente a una velocidad de 2.3 % anual. Con el fin de lograr la soberanía energética, como lo menciona la Constitución del Ecuador, lo ideal sería depender cada vez menos de las

importaciones, como lo ha hecho Perú a una tasa de 8.8 % anual (véase Tabla 10).

**Tabla 10.** Suficiencia energética y dependencia externa de la energía

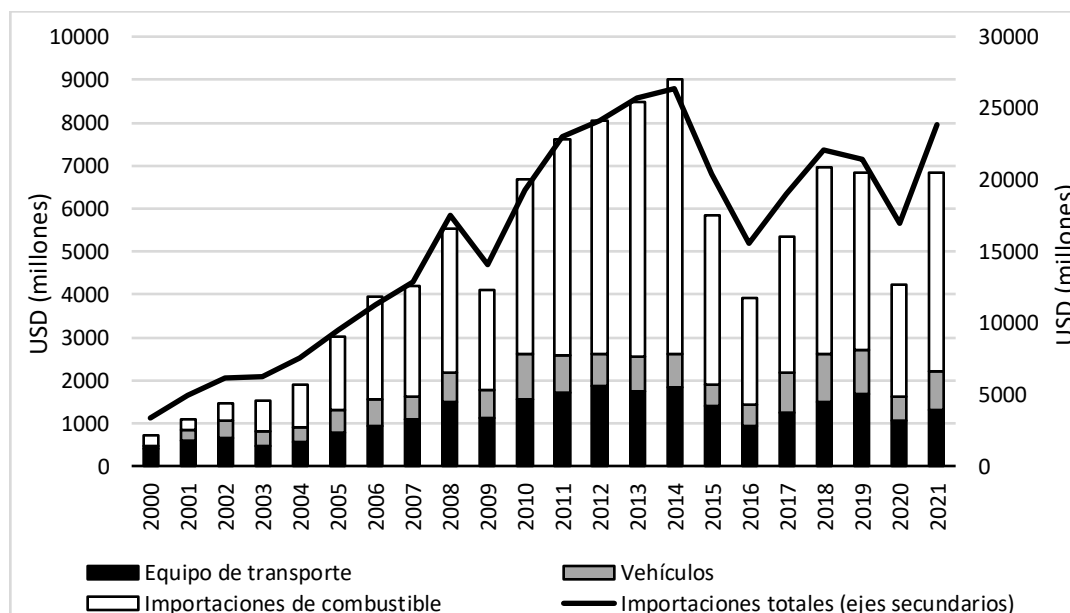
	Suficiencia energética		Dependencia externa de la energía	
	Promedio	Variación anual	Promedio	Variación anual
	2021	2011–2021	2021	2011–2021
		%	%	%
Bolivia	1.97	-2.4	-97.47	-4.2
Colombia	2.27	-4.6	-139.58	-4.7
Ecuador	1.79	-1.1	-78.67	-2.3
Perú	1.27	-0.2	-15.28	8.8
ZA <sup>a</sup>	1.99	-3.4	-101.67	-5.0
ALC	1.12	-1.5	-5.76	-14.0

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023). <sup>a</sup> zona andina

Luego de la dolarización, la economía entró en una adicción a la importación (Vollenweider, 2019). Entre los ítems de mayor demanda se encontraron los vehículos y equipos de transporte, con el 4 y 8 % del monto de importaciones entre 2000 y 2021, respectivamente. Este fuerte crecimiento del parque automotor impulsó la importación de derivados de petróleo, que ha representado el 17 % del monto de importaciones de 2000 a 2021 (BCE, 2010; Cely Icaza y José Calle, 2019) (véase Figura 2).

El diseño de las refinerías existentes impide procesar los crudos pesados que el país produce cada vez en mayor proporción y que constituyen la mayor parte de sus reservas (CEPAL, 2016). La capacidad, características y obsolescencia de las refinerías que tiene el Ecuador no le permite abastecer el consumo interno de derivados de petróleo.

En el período comprendido entre 2000 y 2021, las importaciones de estos energéticos, experimentaron un crecimiento con una tasa promedio anual de 3.1 % (MEM, 2022). Cabe mencionar que al ser una economía dolarizada, los resultados del sector externo son fundamentales para la liquidez del sistema financiero, por ello, entre otras medidas, es deseable la reducción de importaciones (Segovia, 2020).



**Figura 2.** Cantidad de importaciones totales de vehículos y combustibles

Elaboración propia a partir de datos de BCE (2023a) y CEPALSTAT (Cepal, 2023) para vehículos.

Según el Balance Energético (MEM, 2022), el Ecuador importó el 13 y 49 %, de su energía consumida, en 2000 y 2021, respectivamente, lo que significa que su consumo ha crecido a una tasa promedio anual de 3.1 %.

En 2021, para abastecer su alta demanda energética de derivados de petróleo, Ecuador debió importar el 65 % de diésel, el 62 % de gasolina y el 85 % de GLP. El 67 % de la oferta de estos energéticos es importado. De 2011 a 2021 ha existido un crecimiento del 156 % de diésel, 142 % de gasolina y 132 % de GLP, mientras que el PIB creció en 13 % (MEM, 2022).

### ***Diversificación***

Respecto a la capacidad de respuesta y adaptación que poseen los sistemas energéticos de la región, una primera dimensión corresponde a su diversidad. Un indicador utilizado para este tipo de análisis corresponde al Shannon-Weaver Index (SWI), que a mayor valor indica mejor balance y diversidad de la matriz energética (Urquiza y Billi, 2020a). Ecuador con 0.88, presenta una baja diversificación, mientras que Colombia y Perú, ambos con 1.56, presentan una mayor oferta de otras fuentes primarias.

Según Fontaine (2011) y Reinoso (2023), los modos de gobernanza energética influyen en la diversificación de la matriz energética. Por un lado, Venezuela, Ecuador y Bolivia, con un estilo

de gobernanza centralizado en el Estado, tienen una baja diversificación de fuentes energéticas. Por otro lado, Colombia y Perú, con un estilo de gobernanza descentralizado y orientado al mercado, tienen una mayor participación de otras fuentes.

***Proporción de energías renovables en el suministro total de energía primaria***

El índice de renovabilidad del Ecuador en 2021, fue del 17 % (MEM, 2022), inferior al de Colombia (25 %) y Perú (29 %). Según la CEPAL (2021a), junto con México, Argentina y Bolivia, tienen los índices más bajos de la región. Sin embargo, el crecimiento del índice de renovabilidad, de 4.6 % anual, ha sido el mayor de la región de ALC. Este notable aumento se atribuye a la integración de centrales hidroeléctricas en el sistema energético del país, como ya se indicó en párrafos anteriores (véase Tabla 11).

**Tabla 11.** Comparación de indicadores de renovabilidad

	Índice de renovabilidad	
	Promedio	Variación anual 2010–2021
	%	%
Bolivia	14.71	-0.7
Colombia	25.00	-1.6
Ecuador	17.45	4.6
Perú	28.78	0.4
ZA <sup>a</sup>	22.78	1.3
ALC	29.84	1.6

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023). <sup>a</sup> zona andina

La zona andina (en adelante, ZA), con 75 % es la región con mayor porcentaje de energías renovables en su matriz eléctrica, fundamentalmente generación hidráulica (OLADE, 2023). Destacan Colombia y Ecuador, con 83 y 81 %, respectivamente. Entre 2011 y 2021, Ecuador tuvo un crecimiento de 4 % (véase Tabla 12). Por esta razón, resulta relevante analizar la problemática de este sector, que es una interrelación particular del nexo agua–energía.

Ecuador, con el 80 %, luego de Venezuela con, el 97 %, tienen la mayor dependencia de energía hidroeléctrica de la oferta de energías renovables de la región de ALC (Sielac, 2023).

**Tabla 12.** Indicadores de porcentaje de renovables en la matriz eléctrica de países andinos y la región de ALC

	Porcentaje de renovables		Dependencia hidroeléctrica	
	Promedio	Variación anual 2011–2021	Promedio	Variación anual 2011–2021
	%	%	%	%
Bolivia	38.25	1.1	21	1.2
Colombia	83.42	0.0	53	0.3
Ecuador	81.00	3.8	80	2.0
Perú	61.17	0.8	50	2.2
ALC	58.97	-0.2	26	-2.8
ZA	75.46	1.1	62	0.0

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023).

Con el fin de reducir los riesgos de una dependencia excesiva de la generación hidroeléctrica, IRENA (2015) propone implementar otras fuentes de energías renovables, aunque estas sean intermitentes. Según OLADE (2023), la experiencia regional muestra que se pueden complementar la hidrogenación con fuentes intermitentes, utilizando el almacenamiento provisto por las centrales hidráulicas.

Ecuador tiene un desempeño modesto en lo que se refiere a las energías renovables no hidráulicas (IEA, 2022b). Esto contrasta con su ubicación privilegiada sobre la línea ecuatorial, que le confiere una recepción significativa de radiación solar. De acuerdo al National Renewable Energy Laboratory (NREL, 2018), en una escala de 3.0 a 6.5, Ecuador registra entre 4.5 a 5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día en promedio de radiación horizontal global, siendo la región insular la que concentra los niveles más altos de radiación. Con respecto a la biomasa, los residuos agrícolas más apropiados para generación eléctrica son la palma africana y el banano, como cultivos de exportación; y el arroz y la caña de azúcar, como cultivos de subsistencia (Calderón Loor et al., 2017). Estas tecnologías tienen como una de sus características destacables, que pueden generar energía en lugares sin cobertura energética, lo que repercute en una mejora de la seguridad hídrica y alimentaria.



### ***Dependencia del transporte de los derivados del petróleo***

En Ecuador, el uso de biocombustibles no llega al 2 % del consumo de gasolinas (Cepal, 2021a), a pesar de que la Ecopaís, con 45 %, es la más demandada, seguida de la Extra con 41 % y la Súper con 14 % (PetroEcuador, 2019a). El uso de electricidad en el transporte, al igual que en ALC, sigue siendo marginal.

### **Infraestructura**

Con respecto a la infraestructura para Combustibles, Ecuador cuenta con tres refinerías: La Libertad, Shushufindi y Esmeraldas (EP PetroEcuador, 2023). La refinación de barriles diarios de petróleo se ha reducido en un 7.7 %, de 2011 a 2021. En 2021 se refinaron en promedio 156 mil barriles diarios de petróleo, de los cuales el 58, 24 y 12 % correspondieron a las refinerías de Esmeraldas, La Libertad y Shushufindi, respectivamente. El restante 6 % representa lo utilizado en las plantas *topping* en la primera etapa de refinación (MEM, 2022).

La repotenciación de la Refinería de Esmeraldas concluyó en 2016 y en ese año la producción alcanzó los 39 Mbep; sin embargo, la producción ha decaído y en 2019 se produjo únicamente 32 Mbep. La insuficiente capacidad, limitadas características y la obsolescencia de las refinerías en Ecuador no permiten satisfacer la demanda interna de productos derivados del petróleo.

Existen cuatro terminales marítimos: Tres Bocas, La libertad, Monteverde y Balao. Una red de poliductos transporta gasolina, diésel y GLP; conecta las refinerías y los terminales marítimos con los terminales de combustibles. Son los siguientes: Esmeraldas–Santo Domingo–Pascuales, Shushufindi–Quito, Quito–Ambato, Libertad–Manta, Monteverde–El Chorrillo, Libertad–Pascuales, Tres Bocas–Fuel Oil, Pascuales–Cuenca, Esmeraldas–Santo Domingo–Quito, Tres Bocas–Pascuales, Ambato–Riobamba. Los terminales de combustible son: El Beaterio, en Pichincha, Santo Domingo, Ambato, Riobamba, Cuenca, Pascuales, El Chorrillo, Barbasquillo, La Troncal, Oyambaro. Existen dos depósitos de combustible, en La Toma y en la isla Baltra. En el caso específico del GLP, el gasoducto Monteverde–El Chorrillo facilita el almacenamiento, transporte y distribución de gas licuado de petróleo para la zona sur del país (Mosquera, 2017).

Según Zambrano et al. (2018), los oleoductos ecuatorianos tienen un importante potencial de accidentes, debido a condiciones naturales y climáticas, inestabilidad política, falta de mantenimiento y problemas técnicos. Esto repercute en un crecimiento sostenido de accidentes.

Cabe señalar que el transporte de combustible se realiza por auto tanques para las provincias orientales, las que se encuentran en las fronteras norte y sur, entre otras.

En lo que respecta a la infraestructura hidroeléctrica, según el Plan Maestro de Electricidad 2016–2025 (MEER, 2017b), Ecuador cuenta con 22 GW de potencia hidroeléctrica económicamente factible, de los cuales al 2021 se tienen instalados únicamente 5.1 GW (MEM, 2022). Según el Sielac (2023), Ecuador aprovecha un 23 % de su capacidad hidroeléctrica; el promedio de la ZA es de 16 %. De hecho, el Plan Maestro de Electricidad 2016–2025 tiene previstos algunos proyectos para la expansión de la generación hidroeléctrica. El Paute Cardenillo, en el cantón Méndez, con una potencia de 596 MW, es considerado de alta prioridad. El proyecto Santiago se ubicaría en la confluencia de los ríos Zamora y Namangoza, en la provincial de Morona Santiago, y está programado en cuatro fases de 600 MW cada una (MEER, 2017b).

Sin embargo, las temperaturas en aumento (García-Garizábal et al., 2017), los patrones de lluvia fluctuantes (Valderrama Chávez et al., 2021) y el derretimiento de los glaciares de los volcanes Antisana (Manciati et al., 2014), Cotopaxi (Veettil et al., 2014), Chimborazo (La Frenierre y Mark, 2017), Cayambe (Gallegos Castro et al., 2018) y Cotacachi (Rhoades, 2008) pueden afectar este tipo de generación, al aumentar la variabilidad en los caudales estacionales (Jesús Peñil et al., 2020).

Hasan y Wyseure (2018), en su estudio realizado sobre el río Jubones,<sup>3</sup> concluyen que el cambio climático podría alterar el régimen de flujo estacional y el consecuente potencial hidroeléctrico. Según Samaniego et al. (2013) las proyecciones para el Ecuador indican un aumento promedio de la temperatura y la precipitación a nivel nacional de hasta 3 °C y 5.5 mm/día, respectivamente, hacia finales de siglo. De acuerdo con la IEA (2022c) y Peñil et al. (2020), se proyecta que en la región andina se experimentaría un aumento en el factor de capacidad hidroeléctrica, mientras que Zaballa et al. (2017), para la misma subregión, prevén una reducción del 5 % del factor de planta.

### ***Cobertura eléctrica***

El Sistema Nacional de Transmisión, opera con líneas de transmisión de 500, 230 y 138 kV de voltaje. El de 500 kV permite transportar electricidad, desde la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair hasta la subestación de Chorrillos, en la Costa ecuatoriana. A fines de 2018, el sistema de

---

3. El Jubones es un río del Ecuador que atraviesa las provincias de Azuay y El Oro, en donde se encuentra el proyecto hidroeléctrico Minas San Francisco con capacidad de generación de 275 MW.

subtransmisión disponía de 385 infraestructuras de distribución con una capacidad acumulada de 6.6 GVA, operando a niveles de voltaje de 46 kV, 69 kV y 138 kV (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018).

El Sistema de Interconexión Eléctrica Andina fue creado en 2011, con la finalidad de impulsar la seguridad energética, un mejor aprovechamiento de recursos renovables que pudieran ser complementarios, mejores precios y mayor resiliencia de los sistemas eléctricos entre Ecuador, Bolivia, Chile, Colombia y Perú (CENACE, 2017). A través de esta infraestructura, en 2018, Ecuador exportó un total de 256 GWh de energía, un 91 y 9 % a Colombia y Perú, respectivamente (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018). En ese mismo año, Ecuador importó 106 GWh de electricidad procedente del sistema energético colombiano.

El sistema de distribución del país, por otro lado, comprende aproximadamente 101,759 km de redes de medio voltaje, 93,122 km de redes de bajo voltaje y 324,776 transformadores de distribución.

En 2022, la cobertura de servicio eléctrico a nivel nacional fue de 97 % y el consumo eléctrico por habitante fue de 1.2 MWh / hab (ARCERNNR, 2023) (véase , la proporción de la población, sin acceso a la electricidad en Ecuador es de 1.4 % mientras el promedio de ALC es de 4.8 %. En el período 2012–2021, el incremento de la cobertura eléctrica en las regiones Sierra, Costa, Amazonía e Insular fue 0.79, -0.56, 5.36 y -0.02 %, respectivamente. Ecuador ha realizado importantes esfuerzos con el fin de alcanzar la universalización del acceso a la energía eléctrica. Las provincias con menor cobertura están relacionadas con las de más difícil acceso y son Esmeraldas (86.2 %), Morona Santiago (89.1 %), Santa Elena (90.3 %), Pastaza (91.1 %) y Napo (92.1 %) (ARCERNNR, 2023). Sin embargo, la rapidez a la que las personas tienen acceso a la electricidad es menor que el promedio de la ZA y de ALC, y está disminuyendo. Entre 2011 y 2021, la tasa de variación anual fue de 0.13 %, entre 2020 y 2021 fue de 0.09 %. De mantenerse las actuales tasas de incremento, no se podría alcanzar el objetivo de cobertura eléctrica total fijado para el 2030 por la iniciativa *Sustainable Energy For All* (SE4ALL) y establecido en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Coviello y Ruchansky, 2017).

Desde la perspectiva del nexo energía–alimentos, este indicador es relevante, considerando que la refrigeración es una necesidad fundamental para la conservación e inocuidad de los alimentos. Por ello, constituye una variable relevante en el objetivo de alcanzar la seguridad alimentaria de la población (Calvo et al., 2021; Urquiza y Billi, 2020a),(Jimenez y Yépez, 2020). Adicionalmente,

el acceso a la electricidad es una puerta de entrada al mundo digital y a servicios específicos para desempeñar actividades laborales y educación a distancia (Cepal, 2022; Urquiza y Billi, 2020a).

**Tabla 13.** Indicadores de cobertura eléctrica, entre países andinos y la región de ALC

<b>Cobertura eléctrica</b>		
	Promedio 2021	Variación anual
	%	2011–2021
	%	%
Bolivia	94.10	1.56
Colombia	96.81	0.11
Ecuador	97.29	0.13
Perú	97.00	1.39
Venezuela	99.00	0.01
ZA	96.84	0.61
ALC	95.02	0.54

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023).

### **Precios de la energía**

En esta dimensión se analiza el precio y estabilidad de la electricidad residencial y de los combustibles.

#### ***GLP***

En Ecuador, el 92.6 % de la población utiliza el GLP para cocción de alimentos (Cepal, 2023). El costo del cilindro de 15 Kg es de USD 1.61, que equivale a 27.53 USD/bbl que es aproximadamente unas cuatro veces más económico que en los países vecinos de Colombia y Perú debido a un subsidio generalizado del Estado (Global Petrol Prices, 2022) (véase Tabla 14). Según Nolivos (2021), el subsidio que otorga Ecuador a este combustible es el más alto otorgado a nivel mundial, para cocinar.

Según Nolivos (2021), el bajo precio del GLP ha permitido que Ecuador, con 0.03 t/hab, sea uno de los países que menos uso hacen de leña a nivel residencial. Se encuentra por debajo del promedio

de la ZA y de ALC que es de 0.09 y 0.23 t/hab, respectivamente (véase Tabla 14). Este energético utilizado para cocción de alimentos en ciertas zonas de la región es menos eficiente y más perjudicial para la salud, especialmente de las mujeres (Cepal, 2022; Jimenez y Yépez, 2020), (Amigo-Jorquera et al., 2019).

**Tabla 14.** Precio del GLP y consumo de leña

	GLP		Consumo de leña
	Precio 2021	Promedio 2021	Variación anual 2011-2021
	USD/bbl	t/hab	%
Bolivia	28.39 (2015)	0.02	-6.70
Colombia	98.38 (2015)	0.12	-3.42
Ecuador	27.53 (2023)	0.03	-6.70
Perú	101.61 (2015)	0.16	-3.97
Venezuela	12.71 (2011)	0.01	-10.40
ZA	53.72	0.09	-3.61
ALC	109.00	0.23	0.00

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023).

Según Urquiza y Billi (2020a), Ecuador, con 1.8 %, presenta la menor proporción de gasto de los hogares destinado al consumo de combustibles para cocinar de 14 países encuestados en ALC. Cabe indicar, que Ecuador, con 53 %<sup>4</sup>, es el país que utiliza mayor porcentaje de GLP en el consumo residencial. Colombia y Perú utilizan el 8.6 y 24.3 %, respectivamente.

Se considera que el 80 % del consumo de GLP en los hogares se destina a cocinar alimentos (Conelec, 2013; Espín, 2009). El porcentaje restante se utiliza para el calentamiento de agua sanitaria, para lo cual no está destinado el subsidio; según Guamán et al. (2016), Ecuador utiliza uno de los sistemas más caros y contaminantes a nivel mundial con esta finalidad.

Se cree que el bajo precio del GLP y la ausencia de normativa incidieron para que el Ecuador migrara de calentamiento solar de agua sanitaria, que existía en la década de 1990, a calentamiento por calefón a gas. Esto sucedió mientras la capacidad de colectores de agua creció en el mundo, de

<sup>4</sup> Cálculos propios en base a datos de Sielac (2023).

89 millones de m<sup>2</sup> en 2000 a 746 millones de m<sup>2</sup> en 2021 (Weiss y Spörk-Dür, 2022). Según IRENA (2021), esta tecnología de calentamiento solar de agua sanitaria está asociada a la generación de capacidades y empleo locales en la fabricación de estos dispositivos.

### ***Energía eléctrica***

Con respecto a la tarifa eléctrica, el Ecuador, al igual que otros países de ALC, otorga diferentes subsidios, fundamentalmente para disminuir el impacto que tiene el pago del servicio de electricidad en el ingreso de los hogares y fomentar una cultura de pago en el consumidor. Según Sielac (2023), Ecuador tiene el precio de la electricidad residencial más bajo que el promedio de la ZA y de ALC.

Estos subsidios se soportan fundamentalmente con aportes directos del Estado. Según Canese (2013), la mayoría de países benefician a una población mayor a la que se encuentra por debajo de la línea de pobreza, especialmente Jamaica, Ecuador y Perú. Un precio bajo fomenta el uso no eficiente de la energía y da una señal inadecuada, por ello, los subsidios diferenciados juegan un rol fundamental (Contreras, 2020).

La Tarifa de la Dignidad se aplica a usuarios residenciales cuyos consumos de energía eléctrica sean de hasta 110 kWh en la Sierra y hasta 130 kWh en la Costa, Amazonía y Galápagos (ARCERNNR, 2022). Según Contreras (2020), Ecuador es el único país de América Latina, que permite explícitamente la existencia de subsidios cruzados para favorecer a los consumidores de más bajos recursos.

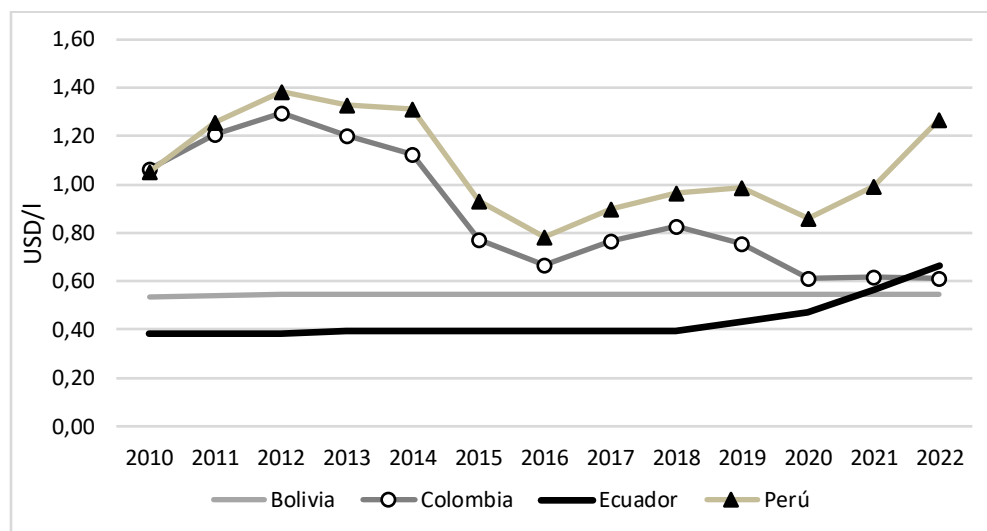
Existen otros beneficios como los siguientes: por tercera edad, que se aplica a las personas mayores de 65 años; por discapacidad, que se aplica para las personas que acrediten esta condición; a quienes residen en la zona de influencia del volcán Tungurahua, entre otros (ARCERNNR, 2020).

### ***Precios de la gasolina y el diésel***

Debido a un subsidio generalizado de los combustibles en Ecuador, en 2022 (0.67 USD/l), este país junto con Colombia (0.61), Bolivia (0.55) y Venezuela, (0.02), tuvieron los precios más bajos de gasolina de ALC. Con respecto al diésel, el Ecuador y Venezuela, con 0.50 y 0.02 USD/l, tuvieron, igualmente, los precios más bajos en la misma región. A continuación, se detallan algunos efectos.

***Contrabando del combustible.*** El diferencial de precios de los derivados de petróleo ha incentivado el contrabando entre los países vecinos y ventas ilícitas en altamar. El precio de la gasolina en los

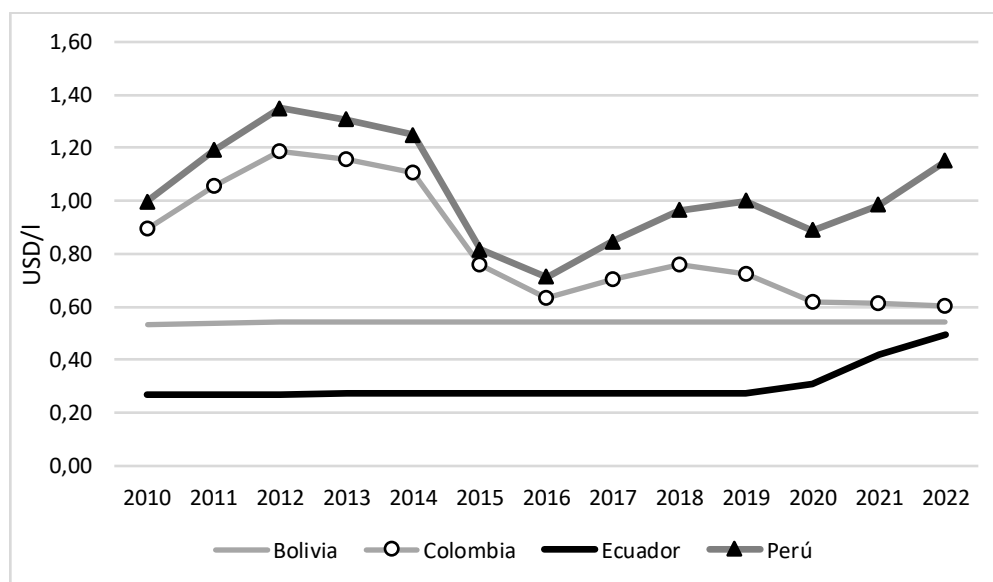
países vecinos de Colombia y Perú ha sido de 2.2 y 3.5, veces más que el de Ecuador entre 2010 y 2022 (véase Figura 3).



**Figura 3.** Precio de la gasolina

Elaboración propia a partir de datos de CEPALSTAT (Cepal, 2023).

El precio del diésel en los países vecinos de Colombia y Perú fue alrededor de 3 y 3.5 veces mayor que el de Ecuador, entre 2010 y 2022 (véase Figura 4).



**Figura 4.** Precio del diésel

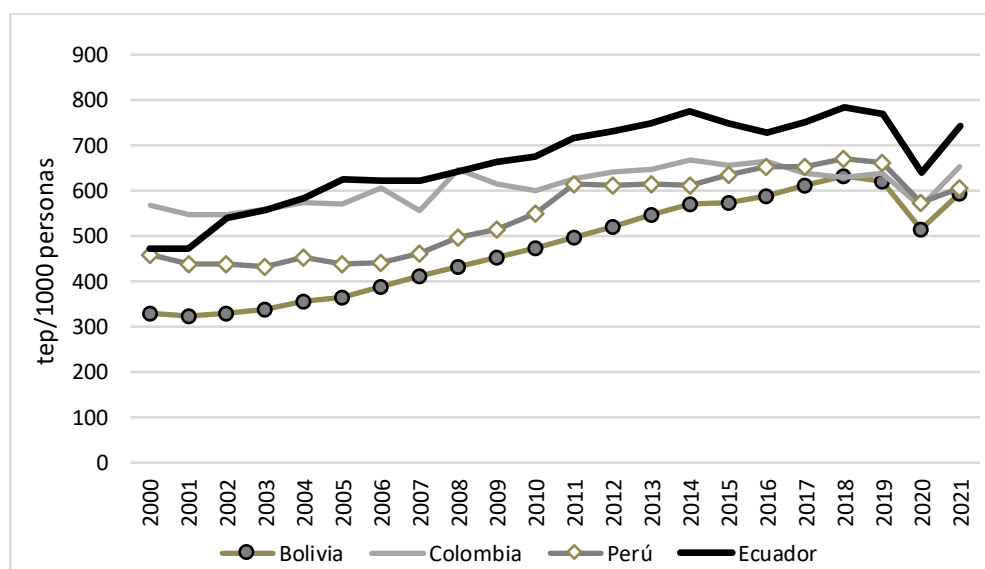
Elaboración propia a partir de datos de CEPALSTAT (Cepal, 2023).

El contrabando de energéticos a los países vecinos es realizado por gran parte de la población fronteriza, respaldada por grupos delincuenciales organizados y organizaciones narcotraficantes

(Donoso, 2019a; El Comercio, 2019; Guerrero, 2022; Prado, 2012; G. Ruiz, 2015). Esto ha provocado daños a nivel nacional, que rondan los USD 400 millones anuales (Valencia, 2019). Según el Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad (2010), el contrabando se encuentra entre el 5 y el 30 % del consumo total.

Según la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, 2021), los grupos irregulares utilizan la gasolina proveniente del Ecuador como insumo para la transformación de la hoja a base de cocaína. La prensa recoge innumerables casos de pescadores víctimas del contrabando de droga o de combustible (La Hora, 2018; Noticias, 2020; Parametría, 2019; A. Torres, 2022; Zabala, 2013).

**Mayor consumo energético.** El bajo precio se identifica como una de las causas principales para el mayor consumo energético del Ecuador con respecto a los países vecinos de Colombia y Perú. En 2000, Ecuador y Perú tenían prácticamente el mismo consumo energético por habitante, de 470 tep/1000 hab mientras Colombia, con 567 tep/hab, tenía un 21 % más. En 2021, Ecuador tenía el 14 y 23 % más que Colombia y Perú, respectivamente (véase Figura 5).



**Figura 5.** Consumo energético final de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú

Elaboración propia a partir de datos de Sielac (2023).

**Genera consumo suntuario.** El trabajo de Terneus et al. (2022) evidencia un promedio mayor de cilindraje de motor en los vehículos en Ecuador con respecto a otros países de ALC. Este fenómeno, que ya ha sido identificado por la IEA e ICCT (2019), consiste en que el bajo precio del combustible alienta a los segmentos de vehículos más grandes a tener una mayor participación en la flota



automotriz de un país.

**Mayor congestión vehicular.** Los subsidios, en la medida en que fomentan el consumo de combustibles fósiles, incentivan el uso del vehículo. Las ciudades de Quito y Guayaquil, según INRIX (2022), están consideradas como la tercera y séptima más congestionadas de América del Sur. El efecto de la velocidad en el consumo, toma la forma de una U: las velocidades muy bajas y muy altas presentan mayor consumo (Calatayud et al., 2021).

**Incremento de víctimas de accidentes de tránsito.** Según Burke y Nishitaten (2015) y Sánchez y Reyes (2016), existe una relación entre el precio de la gasolina y las muertes en carreteras. Ecuador es uno de los países con mayores víctimas mortales en accidentes de tránsito por cien mil habitantes en la región (Algora-Buenafé et al., 2017; Brandao et al., 2013; CAN, 2020; Machado, 2022). En 2019, los accidentes de transporte terrestre fue la sexta causa de muerte en el Ecuador.

## **Eficiencia**

Para reflejar la eficiencia, se utilizan las siguientes métricas de intensidad energética total y sectorial y pérdidas de transmisión.

### ***Intensidad energética primaria y final***

La intensidad energética depende de la estructura productiva de cada país (Vallejo Carpio, 2019). En el marco del SE4ALL se definió a la tasa de mejora de la intensidad energética primaria como *proxy* de la eficiencia energética, y se fijó como objetivo el de duplicar esta tasa al 2030 (Coviello y Ruchansky, 2017).

Ecuador presenta la mayor intensidad energética primaria de los países analizados, luego de Bolivia. Colombia y Perú tienen el 77 y 73 % de la intensidad energética del Ecuador. Cabe mencionar que estos tres países comparten una geografía, clima y estructura productiva similar. Ecuador presenta la menor tasa de reducción de los países analizados.

La intensidad energética final del Ecuador se encuentra sobre el promedio de la ZA y de ALC (OLADE, 2022). Lo deseable es su reducción, como está sucediendo en la ZA, en ALC y en el mundo en su conjunto, debido a la adopción de tecnologías energéticamente eficientes y cambios en el comportamiento del usuario final. Sin embargo, en Ecuador, de 2011 a 2021, los sectores de la economía presentan un crecimiento de su intensidad energética a una tasa promedio anual del 0.7 % (véase Tabla 15).

Para fomentar la eficiencia energética, el gobierno lanzó en 2019, la LOEE, que requiere una aplicación sistemática de actividades, proyectos y programas de uso eficiente de la energía adaptados a la realidad nacional.

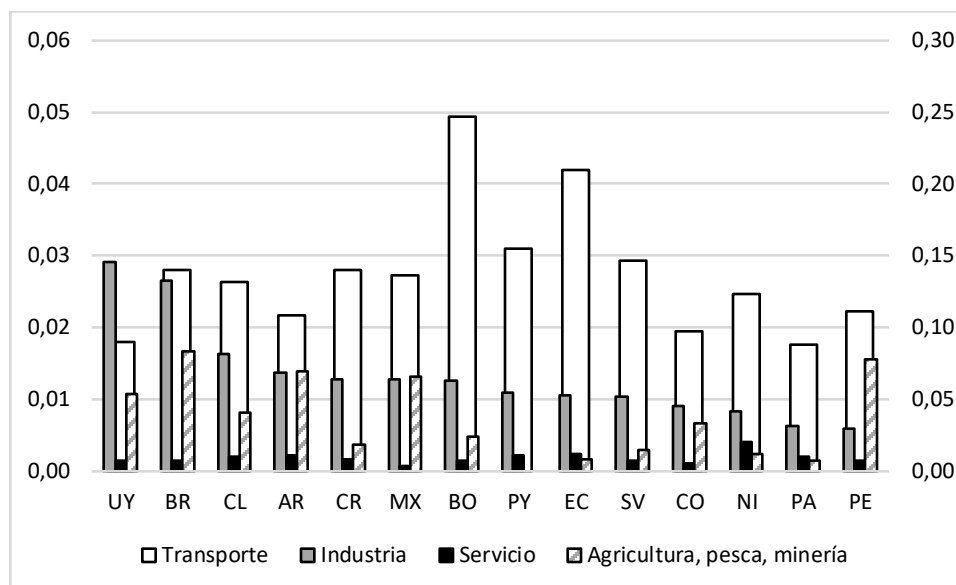
**Tabla 15.** Intensidad energética primaria y final

	<b>Primaria</b>		<b>Final</b>	
	Promedio 2021 Kep/USD20 11PPA	Variación anual 2011-2021 %	Promedio 2021 Kep/USD20 11PPA	Variación anual 2011-2021 %
Bolivia	0.09	-0.6	0.07	0.0
Colombia	0.06	-1.5	0.04	-1.2
Ecuador	0.08	-0.2	0.07	0.7
Perú	0.06	-1.7	0.05	-1.9
ALC	0.08	-1.2	0.06	-0.9
ZA	0.07	-2.5	0.05	-2.6

Elaboración propia a partir de datos de BIEE (Cepal, 2021a).

### ***Intensidad energética sectorial***

Los sectores analizados son industria, transporte, servicios y agricultura, pesca y minería. En la Figura 6, se puede reconocer a simple vista, la posición relativa del Ecuador con respecto a otros países de la región de ALC. Este indicador se define como la relación entre el consumo energético del sector dividido para el valor agregado de este sector. Para el caso del transporte, se considera el indicador propuesto por la BIEE, consumo energético del sector dividido para el PIB total.



**Figura 6.** Intensidad energética industrial, transporte y agricultura de algunos países de ALC

Elaboración propia a partir de datos de BIEE (Cepal, 2021a).

**Sector industrial.** La intensidad energética del sector industrial en Bolivia es de 0.067 ke/USD2010PPA; en Colombia, de 0.05; en Ecuador, 0.045; y en Perú, 0.030. Uruguay, Brasil, Costa Rica, México y El Salvador tienen un importante consumo energético industrial debido a un tipo de industrias energéticamente intensivas como son las industrias del papel, cemento, química y/o acero (Lapillone, 2016). Ecuador, por el contrario, con 16 %, tiene uno de los menores porcentajes de consumo energético industrial de ALC.

**Sector servicios.** El sector de los servicios se compone del comercio, el turismo, la educación, la salud y la administración en general. La intensidad energética de este sector Bolivia es de 0.007 ke/USD2010PPA, Colombia, 0.005; Ecuador, 0.011; y Perú, 0.007.

**Sector agricultura, pesca y minería.** La intensidad energética del sector agricultura, pesca y minería en Bolivia es de 0.023 ke/USD2010PPA; Colombia, 0.033; Ecuador, 0.008; y Perú, 0.078. Llama la atención la baja intensidad energética que tiene el Ecuador en este sector, considerando que junto con Uruguay, Chile y Colombia son los mayores productores de alimentos de ALC (Olmos, 2017). El PIB del rubro agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca fue del 10 % en 2021. Cabe mencionar que en los balances energéticos anuales (MEER, 2017a; MEM, 2022; Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), los consumos energéticos de los sectores camaroneros y pesca artesanal están clasificados como industrial y transporte, respectivamente, mientras los consumos de los sectores atunero y otras pesquerías no está claro si

están clasificados como industrial u otros.

**Sector transporte.** La intensidad energética del transporte en Bolivia y Ecuador, con 0.05 y 0.04 kep/USD2010PPA, son las más altas de ALC.<sup>5</sup> Este indicador es prácticamente el doble que en Perú y Colombia, que tienen 0.022 y 0.019 kep/USD2010PPA, respectivamente. En la velocidad de crecimiento anual de este indicador, entre 2010 y 2018, destaca Ecuador con 2.0 %. Este crecimiento en Bolivia fue de 1.4, en Colombia de 0.7, y en Perú de 1.8 % (Cepal, 2021a). El porcentaje de consumo energético de este sector con respecto al consumo total, en Ecuador es del 55 %, en 2021, y es uno de los más altos en la región de ALC. Según Castro et al. (2018), el mayor consumo energético del Ecuador, con respecto a los países analizados es debido al transporte. Según la BIEE (Cepal, 2021a), Ecuador, con 1.8 tep/eq-car, sobresale como el mayor consumidor de transporte por carretera por coche equivalente de los países analizados. Los consumos de Perú y Colombia son de 1.16 y 1.10 tep/eq-car, respectivamente. El consumo de energía de transporte per cápita, con 0.43 tep/hab es el más alto de los países analizados (véase Tabla 16).

**Tabla 16.** Consumo de energía per vehículo equivalente y consumo de energía de transporte per cápita

	Consumo de energía per vehículo 2018		Consumo de energía de transporte per cápita 2018	
	Promedio	Variación anual 2010–2018	Promedio	Variación anual 2010–2018
	tep/eq-car	%	tep/hab	%
Bolivia	1.06	2.7	0.33	4.8
Colombia	1.10	0.2	0.25	3.2
Ecuador	1.76	0.5	0.43	3.4
Perú	1.16	0.4	0.27	4.9

Elaboración propia a partir de datos de BIEE (Cepal, 2021a).

Estos indicadores hablan negativamente de la eficiencia energética del transporte, que se explica por el bajo precio del combustible, como lo indica la IEA e ICCT (2019), el contrabando (Donoso, 2019b; El Comercio, 2019; Oñate, 2019; G. Ruiz, 2015), una sobreoferta y falta de control en el

<sup>5</sup> Cálculos propios en base a datos de Sielac.

transporte pesado (Terneus y Viteri, 2020) y unos casi inexistentes estándares de consumo vehicular (Viscidi, 2017).

Considerando los malos indicadores de eficiencia del sector transporte, se presumiría que habría una atención especial sobre este sector, pero parece justamente lo contrario. Existe una falta de coordinación entre las dependencias estatales que tienen que ver con este sector; las bases de datos existentes son incompletas, presentan inconsistencias y se encuentran desacopladas; y, se evidencia un escaso y laxo control de las autoridades (Terneus Páez et al., 2022).

Según el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (2016b), para la determinación de los consumos del Balance Energético se establecen tres parámetros: i) el parque automotor registrado por el INEC, que presenta inconsistencias; ii) los recorridos promedios realizados tomados de una encuesta hecha en los principales medios digitales de compra/venta de vehículos, lo cual pone en duda la confiabilidad de los datos; y, el promedio ponderado del rendimiento (km/gal) declarado por el fabricante, el cual depende de múltiples factores como la altura geográfica, el tipo de conducción, si es dentro o fuera de la ciudad, edad del vehículo, tipo de mantenimiento, entre otras. Dada la gravedad de la situación, se requeriría de una metodología mucho más exacta y desagregada.

Ecuador, a 2021, era un 64 % urbano (World Bank, 2023), esto crea oportunidades para satisfacer una gran porción de las necesidades de la población con el uso de transporte público masivo.

### ***Pérdidas eléctricas***

Las pérdidas eléctricas son señal de que las instalaciones de distribución no tienen las inversiones y mantenimiento adecuado, lo que se traduce en mayores pérdidas técnicas o que existen conexiones ilegales que desafortunadamente constituyen prácticas bastante generalizadas (Coviello y Ruchansky, 2017).

Según Sielac (2023), Ecuador, con 14 %, se encuentra sobre el promedio de ALC, que a su vez supera la referencia internacional que es de 8 % (Contreras, 2020). Entre 2006 y 2014, Ecuador tuvo un desempeño admirable, pues logró reducir sus pérdidas eléctricas totales del 21 al 13 % (Sielac, 2023). En 2022, las pérdidas no técnicas, que se refieren a usos no registrados de la electricidad por parte de la población, representaron el 7 % (ARCERNNR, 2023).

## **Impacto social**

ALC cuenta con una importante dotación de recursos, y la relación entre la naturaleza y el desarrollo económico, ha sido un factor en constante pugna y el germen de conflictos en el seno de las comunidades, los pueblos indígenas y los diversos grupos de la sociedad civil (Naranjo y Willaarts, 2020). Estos eventos son fenómenos globales que hacen cada vez más difícil, lenta y costosa la consecución de políticas energéticas, ya que deben considerar los riesgos sociales-culturales así como la política interna (Von Hippel et al., 2011).

Según Martín y Justo (2015), la explotación petrolera, los proyectos hidroeléctricos y la minería, son la principal causa de conflictos socio-ambientales, e indicadores indiscutibles de la interacción agua-energía (Embid y Martín, 2017). A continuación, se presentan algunos casos en Ecuador.

Existen varios conflictos relacionados con la explotación petrolera, que suelen girar alrededor de temas de impacto ambiental, protección a la biodiversidad, derechos de las comunidades y pueblos indígenas. En algunos casos, las manifestaciones han logrado su objetivo de impedir la continuación de la actividad petrolera, resultando en la terminación de contratos de explotación (HAZ, 2005; Silva, 2010).

Uno de los conflictos más conocidos es el caso Chevron-Texaco, que operó en la Amazonía ecuatoriana entre 1964 y 1990, y que alcanzó tribunales internacionales. Según el Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, esta empresa fue la causante de graves desastres ambientales, que no fueron remediados y que han producido afectaciones a los habitantes de una zona de la región amazónica ecuatoriana.

Con respecto a los proyectos hidroeléctricos, se presentan los casos de Angamarca-Sinde, Abanico y del río Piatúa. El primero de ellos despertó la disconformidad de los pobladores de Moraspungo y las Juntas en el cantón Pangua. En septiembre de 2007, tras un intento fallido de socializar los resultados del estudio de impacto ambiental con la comunidad, se llevó a cabo una movilización colectiva intensa que comprendió el bloqueo del acceso a la zona, cierre del municipio y destrucción del cuarto de máquinas del proyecto hidroeléctrico Calope. La comunidad demandaba un cese de actividades y abandono inmediato del personal de las empresas hidroeléctricas del sector. Los pobladores expresaron su descontento debido al incumplimiento de los lineamientos socio ambientales de proyectos hidroeléctricos anteriores y la posible reducción del caudal que afectaría directamente su actividad agrícola. Además, la falta de mecanismos eficientes de difusión

y acceso a la información técnica incrementó su desconfianza, culminando en la suspensión indefinida del proyecto (Romero, 2010).

El segundo de ellos está localizado en la provincia de Morona Santiago, a 15 kilómetros de Macas, que es su capital, es una central hidroeléctrica de pasada, sin embalse. Se construyó en dos etapas de 15 MW y 22.5 MW, respectivamente (Hidroabánico, 2021). Según pobladores de la comunidad de Jimbotono, parroquia General Proaño, este proyecto provocó inundaciones de cultivos y fincas debido al incremento del caudal del río Jurumbaino, que capta sus aguas del río Abánico por el desfogue del agua represada en el embalse (Ullauri, 2014). Las organizaciones en contra de la construcción fueron: la Coordinadora Campesina Popular de Morona Santiago y Zamora Chinchipe, la Federación Interprovincial de Centros Shuar (FISCH), municipios, juntas parroquiales, Defensoría del Pueblo, entre otros. Se presentaron movilizaciones, paros y enfrentamientos violentos entre pobladores, guardias de Hidroabánico, la Policía Nacional y las Fuerzas Armadas (ADITAL, 2006; Ullauri, 2014). Los acuerdos para la culminación de este proyecto incluyeron obras de compensación para la comunidad, monitoreo y mantenimiento del cauce de los ríos Balaquepe y Jurumbaino, así como contratación del personal de la zona.

El tercer proyecto generó paros, denuncias y demandas contra el Estado. Los demandantes sostienen que no se realizó la consulta previa, libre e informada y se adhieren a los derechos de la naturaleza, a la salud, al agua, la alimentación y al trabajo. Los afectados, pertenecientes a la nacionalidad kichwa, consideraban que se vulneraron los derechos colectivos de los pueblos indígenas involucrados, que viven en el cantón Santa Clara de Pastaza. La Corte Provincial de esta provincia decidió suspender el proyecto hidroeléctrico sobre el río Piatúa, anuló la autorización del uso y aprovechamiento del caudal y derogó la licencia ambiental emitida por el Ministerio del Ambiente (G. Morán, 2017; Paz, 2019; Velázquez, 2020).

### ***Medio ambiente***

El Ecuador es considerado uno de los países más biodiversos del mundo (FAO, 2016), lo que le ha permitido tener acceso a grandes recursos naturales de importancia estratégica, cuya explotación ha estado muy ligada a su historia y a su inserción en la economía mundial, pero con un alto costo socioambiental. Existen tensiones entre los objetivos de conservación y la política extractivista, así como entre el nacionalismo de los recursos y la participación foránea (Escribano, 2013). La Constitución de 2008 le otorga derechos a la naturaleza, a la cual se la define como el espacio que

permite gozar de un ambiente sano, pero también de una vida digna a través de la explotación sustentable de sus recursos.

La sostenibilidad ambiental se refleja en cuatro métricas de: deforestación y cambio de uso de la tierra; el acceso a agua entubada, que subraya el nexo entre agua y energía.

### ***Deforestación y cambio de uso de la tierra***

Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Ecuador registró 12.5 millones de hectáreas (ha) de bosque nativo hasta 2018; la mayor cantidad de bosques se encuentran en la región amazónica y al norte de Esmeraldas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2023). En las provincias de la Amazonía se encuentra un 70 % de los bosques del país y un 26 % está entre la Costa, y en menor cantidad en la Sierra, especialmente en las estribaciones orientales de Los Andes (L. Ruiz, 2000).

Ecuador es uno de los países de América del Sur con una de las mayores tasas de deforestación (Camacho-López et al., 2021). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2019), la deforestación anual era del 1.5 % entre 1990 y 2000, y aumentó al 1.7 % entre 2000 y 2005, llegando a un total de 1,980 km<sup>2</sup> de bosque perdido al año. Entre las principales causas que están detrás de la reducción forestal en Ecuador se encuentra la utilización de terrenos para fines agrícolas. En concreto, la siembra de palma africana ha ocupado cerca de 250,000 hectáreas en la Amazonía y la Costa, donde también se cultivan otros productos como el arroz, el cacao, el azúcar y diversas frutas tropicales (Foreign Agricultural Service, 2023; B. Torres et al., 2020). Además, los pastos cultivados para la ganadería representan otro factor significativo (RAISG, 2022). La infraestructura también juega un papel importante en esta problemática, la ampliación y construcción de carreteras para la explotación hidrocarburífera, minera, tanto legal como ilegal, y para la construcción de hidroeléctricas han contribuido también a la pérdida de zonas forestales (Kleemann et al., 2022; RAISG, 2022). La deforestación continúa por falta de control y políticas públicas que frenen este fenómeno económico ambiental.

### ***Acceso a agua entubada***

Según Sovacool (2011), este indicador tiene por objetivo, subrayar el nexo existente entre agua y energía, el cual es especialmente particular en el Ecuador. Por un lado, existe un 80 % de dependencia de la energía hidroeléctrica, y por otro, ha habido un incremento significativo de



autorizaciones de uso de agua subterránea, de 2,342 a 9,841 l/s, de 2006 a 2016, respectivamente (Senagua, 2017a). Cabe mencionar que el bajo precio de la energía en este país puede conducir a la sobreexplotación de acuíferos (FAO, 2014; WWAP, 2014).

En el Ecuador, la disponibilidad de agua es de 5 y 78 Dm<sup>3</sup>/hab./año, para las vertientes del Pacífico y Amazonas, respectivamente (Campos et al., 2016). Aunque hay una reducción progresiva de la disponibilidad de agua, en general, existe una importante riqueza hídrica, que supera varias veces la media mundial (Senagua, 2017a). La disponibilidad de agua de la cuenca del Pacífico, supera los 1.7 Dm<sup>3</sup>/hab./año (WWAP, 2014), que es aquella bajo la cual se considera una condición de estrés hídrico. Sin embargo, en ciertas zonas costeras que no reciben el aporte de los deshielos de los nevados, la disponibilidad del agua se encuentra por debajo de este nivel, especialmente en el periodo de sequía. Estos son los sistemas hidrográficos de Jama, Portoviejo y Jipijapa, y Arenillas y Zapotal en las provincias de Manabí y Guayas, respectivamente.

En 2021 el promedio del indicador de cobertura del servicio de agua potable a nivel nacional fue de 78.8 % (ARCA, 2021), aunque hay cantones del país que tienen una preocupante escasez del recurso, particularmente en municipios de la región Costa y zonas como las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua (S. Morán, 2017). En cuanto al agua para consumo humano, en Ecuador es en promedio 230 litros diarios por persona (Ekos, 2019; Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2021), mientras que un nivel óptimo correspondería a una dotación de 100 a 150 litros por persona por día, para satisfacer las necesidades de consumo e higiene (Fernández et al., 2021). Esto puede ser debido a que, solo el 28 % de los hogares realizan prácticas de ahorro de agua y existe un 55 % de pérdidas en conducciones (ARCA, 2017; INEC, 2012b).

## **Gobernanza**

Los seis indicadores propuestos por el Banco Mundial (The World Bank, 2023) proporcionan una visión del funcionamiento de un gobierno y su interacción con los ciudadanos. Se evalúan las dimensiones políticas, que hacen referencia al proceso por el cual se elige y reemplaza a quienes ejercen el gobierno de un país; la dimensión económica, que se refiere a la capacidad del gobierno para formular y aplicar políticas; y la dimensión institucional, que se centra en la relación entre los ciudadanos y el Estado hacia sus instituciones.

En el caso particular del Ecuador, conforme a los datos proporcionados por el Banco Mundial (The

World Bank, 2023), en 2021 se evidencia un impacto adverso considerable de -0.7 en la calidad regulatoria, seguido de una falta de control de la corrupción en el sector público de -0.6. Para los indicadores de estabilidad política y estado de derecho se obtiene una puntuación de -0.3 y una percepción de efectividad del gobierno de -0.2.

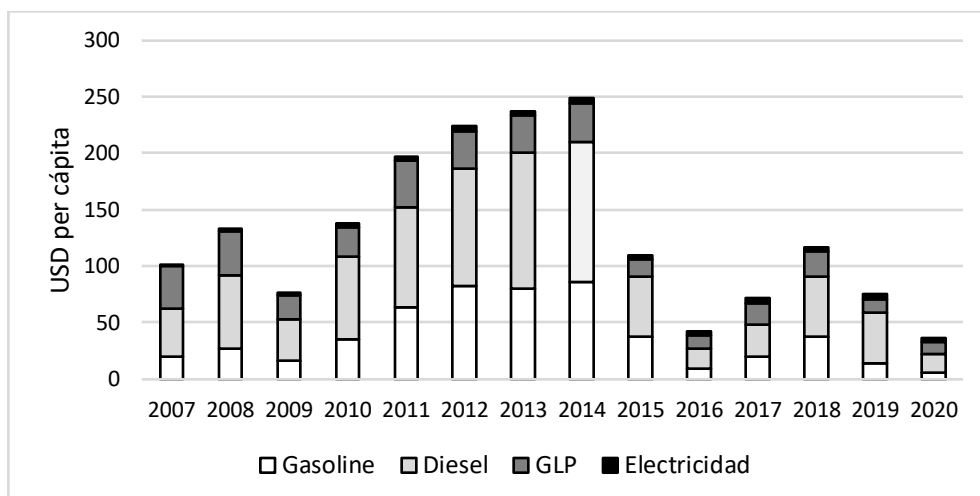
### *Subsidios energéticos per cápita*

La relación entre combustibles y alimentos ha estado presente en algunos de los más violentos conflictos que ha registrado el Ecuador. La destitución del presidente Jamil Mahuad estuvo relacionada con la eliminación del subsidio al GLP (Escribano, 2019) que se utiliza preferentemente para la cocción de alimentos.

Ante la caída de los precios del petróleo de 2014, y con el fin de cumplir con los acreedores internacionales, el presidente Lenín Moreno, eliminó los subsidios a los combustibles utilizados en el sector transporte a inicios de octubre de 2019. Esto produjo un levantamiento social, en el que estuvo presente la posible repercusión sobre el precio de los alimentos (Yáñez, 2019). Igualmente, el paro de junio de 2022 fue debido a: i) la subida progresiva del precio de los combustibles, de acuerdo con el precio internacional; y, ii) la inflación mundial en el precio de los alimentos. Esta variación se explica principalmente por el aumento del precio de la materia prima, el costo de la cadena de comercialización y los precios de los fertilizantes (BCE, 2023b). Cabe señalar que estos agroquímicos son productos intensivos en el uso de energía y el Ecuador es uno de los países que más utiliza este producto en el mundo (The World Bank Group, 2023).

Con respecto a la estabilidad política, cabe mencionar que el 17 de mayo de 2023, el presidente Guillermo Lasso aplica por primera vez en la historia del Ecuador, un instrumento jurídico denominado “muerte cruzada”, con el cual disuelve el Poder Legislativo y convoca a elecciones anticipadas. Este mecanismo se creó con la intención de poner fin a pugnas que puedan surgir entre Legislativo y Ejecutivo que afecten la normal gobernabilidad del país.

Un elemento clave de la política que ha influido fuertemente en la matriz energética en Ecuador son los subsidios a derivados del petróleo (M. Castro, 2011). En la Figura 7, se pueden visualizar los subsidios energéticos per cápita por año. En el periodo comprendido entre 2007 y 2021, los porcentajes del monto total de subsidios fueron del 48, 30, 20 y 3 % para diésel, gasolina, GLP y electricidad, respectivamente.



**Figura 7.** Monto de subsidios energéticos per cápita

Elaboración propia a partir de datos de BCE (2022b).

Conforme a los datos obtenidos del censo de población y vivienda del Ecuador realizado en 2010, se establece un promedio de 3.78 personas por hogar. A partir de este dato, se infiere que en el período comprendido entre 2007 y 2020, cada familia, de manera hipotética, habría percibido un monto de USD 488 anuales atribuibles a los subsidios energéticos. Sin embargo, según Mejía y Pinos (2020), el Estado ecuatoriano, en el periodo 2009–2019, con excepción de 2011, ha incurrido en una deuda que es insostenible, entre otras razones por el abultado gasto público.

#### 4.4 Conclusiones y recomendaciones de políticas

El objetivo de este estudio ha sido analizar la seguridad energética en el Ecuador, por medio de un análisis y comparación de ciertos indicadores que han permitido caracterizar su sistema energético.

##### Caracterización del sistema energético

El Ecuador tiene abundancia de recursos hidrocarburíferos e hidroeléctricos, pero también solares, de biomasa y otros. Produce el doble de hidrocarburos de lo que consume. Con 80 %, es uno de los países de ALC con mayores porcentajes de renovables en su matriz eléctrica. En la década de 2010 hizo un esfuerzo importante por diversificar la oferta energética, principalmente con generación hidroeléctrica; mejorar la eficiencia energética, con programas de recambio de electrodomésticos; disminuir la importación de derivados de petróleo, por medio del programa de biocombustibles y cocinas de inducción.

En comparación con los países de Bolivia, Colombia y Perú, que comparten la misma geografía, tienen estructuras productivas similares y tamaños comparables, muestra un mejor desempeño en la tendencia decreciente de la oferta total de energía, acceso a la energía, consumo de leña para uso residencial, asequibilidad y energías renovables en su matriz eléctrica. Sin embargo, va a la zaga en cuanto a intensidad energética final, su tasa de crecimiento y diversidad energética. La intensidad energética primaria de Colombia y Perú son las tres cuartas partes de la del Ecuador. Sin embargo, lo más preocupante es su tasa anual de crecimiento positivo, desde 2000 a 2021. Por el contrario, en la ZA (Sielac, 2023), en la región de ALC (Sielac, 2023) y en el mundo entero (IEA, 2022a), disminuye, como es lo deseable. En el desglose por sectores, destaca el transporte, que tiene la intensidad energética más altas de la región de ALC luego de Bolivia. Entre sus causas, se identifica el precio de venta al público de los derivados de petróleo, que son uno de los más bajos de ALC y del mundo (IEA, 2022a), lo que a su vez estimula el contrabando y la ineficiencia, entre otros.

A partir del nuevo milenio, el consumo de derivados de petróleo creció significativamente, pero la capacidad de refinación se mantuvo. Esto se tradujo en una tasa de crecimiento anual del 3.1 % de importaciones energéticas, que, en 2021, constituyeron la mitad de la energía consumida. Debido a este crecimiento de importaciones energéticas, a lo que se suma la declinación de las reservas probadas, la mayor participación de crudos viscosos y las restricciones ambientales, varios autores consideran que el Ecuador se convertirá en importador neto de petróleo alrededor de 2030.

### **Implicaciones sobre la seguridad energética**

La creciente e importante dependencia externa de energéticos representa una vulnerabilidad del Ecuador frente a eventos exógenos que afecten al sector petrolero, que es extremadamente volátil. Adicionalmente, el riesgo de que el Ecuador se convierta en importador neto de energía no solo comprometería la seguridad energética, sino también la balanza comercial. Por lo tanto, se requieren esfuerzos urgentes para lograr diversificar la economía ecuatoriana.

Ecuador presenta la menor diversidad de fuentes energéticas de la ZA, lo que pudiera afectar su capacidad de respuesta y adaptación de su sistema energético. Avanzar en un proceso de incorporación de energía primaria renovable en su matriz energética es una estrategia de seguridad, pero también económica, ambiental y comercial. Sin embargo, su estructura de gobernanza

centrada en el Estado, puede ser un impedimento para ello. La naturaleza descentralizada de muchas tecnologías de energía renovable permite ampliar el acceso a energía sostenible, y con esto mejorar la seguridad hídrica y alimentaria, a la vez que se desarrollan capacidades locales.

El Ecuador tiene actualmente aprovechada la cuarta parte de su capacidad hidroeléctrica, lo que significa que pudiera contar con sistemas eléctricos soberanos, de menor costo y mucho menor huella de carbono. Sin embargo, la falta de atención a preocupaciones legítimas de las poblaciones aledañas a los sitios de construcción de infraestructuras energéticas, a lo que se suma el empoderamiento de las comunidades indígenas con cosmovisiones diametralmente distintas, ha desencadenado una serie de conflictos socio ambientales.

La capacidad de refinación cubre menos de la mitad de la demanda de derivados de petróleo, y la infraestructura de transporte de estos energéticos está sujeta a un potencial riesgo de accidentes de diferente índole.

La reducción de la dependencia externa y vulnerabilidad también se logra incidiendo sobre la demanda. Para ello se requiere revisar la política de subsidios, sin afectar a los grupos más desfavorecidos. No obstante, este país se caracteriza por una débil gobernanza, que ha impedido llegar a consensos nacionales, que estimulen un consumo racional y eficiente.

### **Recomendaciones de políticas**

Iniciar un proceso de transición económica, con base en los recursos disponibles, considerando que su horizonte petrolero es desfavorable y agravado por la creciente demanda energética. Esta transición debe comenzar con políticas enfocadas en el uso de los recursos renovables, que hasta ahora han contribuido a reducir la dependencia de los combustibles fósiles en la generación de electricidad (Castro Verdezoto et al., 2019).

Es evidente que un estado de inseguridad energética repercutiría sobre otros sectores, en particular el hídrico y alimentario. Por ello, las acciones que se lleven a cabo no deben estar desconectadas de otros objetivos de política pública. La política energética en Ecuador debería ser abordada desde una perspectiva sistémica, considerando la complejidad de interacciones que se suscitan con otros sectores económicos, pero también con la sociedad y el medioambiente.

La diversificación de las fuentes energéticas y su transición, la eficiencia en el uso y la autosuficiencia energéticas implican un papel activo del Estado, por medio de una progresión de

mecanismos de política energética.

La integración energética regional permite tener escenarios menos vulnerables a impactos climáticos y de diferente índole. Adicionalmente promueve la adopción de estándares internacionales y marcos comunes para el manejo de datos e información.

Siendo la disponibilidad de agua un elemento clave para la seguridad energética del Ecuador, un punto débil es el relacionado con las épocas de estiaje agravadas por el cambio climático. Ello conlleva la necesidad de llevar a cabo de forma correcta y coordinada los procesos de planificación en materia de agua y energía.

Según la OLADE, se debe buscar que los proyectos hidroeléctricos, cumplan con los principios de sustentabilidad económica, ambiental, social y de gobernabilidad, para utilizar este abundante recurso que tienen los países andinos (Horta Nogueira, 2005).

## **5 IDENTIFICACIÓN DE INTERRELACIONES PRIORITARIAS EN EL ECUADOR**

El concepto del nexo WEF nació en 2011 en la conferencia de Bonn titulada “El agua, la energía y la seguridad alimentaria. Nexo–Soluciones para la Economía Verde” (Hoff, 2011; Martin-Nagle et al., 2012). Este enfoque establece que, en un entorno de cambio climático, crecimiento demográfico y cambios en los hábitos de consumo, nuestros hiperconectados mundos del agua, energía y alimentos son cada vez más interdependientes (Hoff, 2011), aspecto que debe ser considerado para la sostenibilidad de los planes de desarrollo de cada país (Willaarts et al., 2021). Cabe señalar que desde los orígenes del nexo WEF, el agua se ha colocado en un plano más importante con respecto a los otros dos elementos. Sin embargo, estudios como los de Terrapon et al. (2018), Ferroukhi et al. (2015) y Ochoa y Bracamonte (2014), destacan el papel de la energía en las interacciones con el agua y los alimentos. La falta de disponibilidad, inaccesibilidad e inasequibilidad de la energía tienen implicaciones directas en la purificación, distribución y saneamiento del agua; en la producción, procesamiento y transporte de alimentos; así como en el ámbito doméstico, en el uso sanitario del agua y el almacenamiento y cocción de los alimentos.

ALC, gracias a su generoso entorno natural, es exportadora de agua, alimentos y energía; sin embargo, estas actividades han estado asociadas con impactos negativos sobre el medioambiente y afectaciones a comunidades locales (Willaarts et al., 2021). En esta región persisten altos niveles de desigualdad, pobreza e incumplimiento de derechos humanos (Embid y Martín, 2017). Adicionalmente, el cambio climático, que subyace a las consideraciones sobre el nexo WEF, se prevé que afectará a la agricultura y a la generación hidroeléctrica (Bellfield, 2015b). Sin embargo, la sensación generalizada de abundancia de recursos, una débil gobernanza, una escasa capacidad para implementar normativas referentes a políticas públicas, junto con altos niveles de desigualdad, insatisfacción o inestabilidad económica, han impedido incorporar este enfoque como parte de su política (Naranjo y Willaarts, 2020; Urquiza y Billi, 2020; Willaarts et al., 2021).

Ecuador es un país tropical ubicado en la línea equinoccial, el más pequeño del subcontinente y el más densamente poblado. El sector primario de la economía, constituido principalmente por petróleo crudo, banano y crustáceos, tiene una participación del 20 %, estando por encima del promedio de ALC, que es del 13 % (Calderón Hoffmann et al., 2016). La prevalencia de la desnutrición supera el promedio regional del 7.2 % (FAO et al., 2021). La Constitución ecuatoriana, caracterizada como progresista, reconoce implícitamente una interrelación entre los recursos. Los arts. 15, 408 y 413 de la Constitución hacen alusión a la interconexión entre los

recursos energía, agua y alimentos. La energía y al agua, dos elementos del nexo WEF, son considerados por la Constitución, en su art. 313, como sectores estratégicos. Sobre estos, el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar. Por su parte, a la soberanía alimentaria, en el art. 281 de la Constitución, es considerada como un objetivo estratégico y una obligación del Estado.

El objetivo de este capítulo es identificar los ámbitos de interrelación prioritaria del nexo WEF, para ellos se toma como referencia aquellas propuestas por Embid y Martín (2022) y Jouravlev y Saravia (2021) para la región de ALC, que son las siguientes: a) la agricultura; b) el riego; c) la hidroelectricidad; d) la explotación de hidrocarburos y minería; e) los biocombustibles; f) los servicios de agua potable y saneamiento.

Este capítulo se encuentra dividido de la siguiente manera: Se inicia con la metodología empleada, luego el primer ámbito de interrelación que se refiere a la cadena alimentaria, y fue desarrollado en el artículo cuyo título en español es: *The Water–Energy–Food Nexus: An Analysis of Food Sustainability in Ecuador* (Terneus y Viteri, 2022). Este artículo se presenta en toda su extensión. A continuación, el segundo ámbito de interrelación que corresponde a los biocombustibles, lo cual fue publicado en el artículo titulado: *Analysis of biofuel production in Ecuador from the perspective of the water-food-energy nexus* (Terneus y Viteri, 2021). Se presenta un resumen considerando que la publicación no es de acceso libre.

Sigue el tercer ámbito se refiere al transporte de agroalimentos y fue motivo de una publicación científica titulada: *Analysis of agro-food transport in Ecuador faced with a possible reduction in the subsidy of diesel* (Terneus Páez et al., 2022). Se presenta un resumen por la misma razón indicada para el artículo anterior.

Se presentan adicionalmente las siguientes interrelaciones: hidroenergía, explotación de petróleo, minería a gran escala y servicios de agua potable y saneamiento. Para finalizar se presentan las conclusiones.

## 5.1 Método

Se utiliza una metodología cuantitativa y observacional basada en investigaciones propias y de fuentes secundarias para analizar los diferentes ámbitos de interrelación, se utilizan los siguientes parámetros:



- Relevancia económica y social. Para esto se considera información del Banco Central del Ecuador, la Constitución del Ecuador y otras fuentes secundarias.
- Consumo de agua. Para esto se utilizan los caudales autorizados correspondientes publicados por la Senagua (2017a). En caso de que no exista, se utiliza información secundaria de investigaciones específicas.
- Consumo o producción de energía. Los datos se obtienen del Balance Energético Nacional o de otras fuentes relacionadas.
- Riesgo de contaminación del agua. Debido a que el Ecuador no tiene un sistema de análisis de la calidad del agua, se utiliza información de investigaciones realizadas al respecto.

## **5.2 El nexo agua, energía y alimentos: un análisis de la sostenibilidad alimentaria en Ecuador**

El concepto de nexo WEF nació en 2011 en la conferencia de Bonn (Hoff, 2011). Estos recursos son elementos esenciales y fundamentales para el bienestar de la humanidad, para la reducción de la pobreza y para el desarrollo sostenible (Terneus y Viteri, 2022). El enfoque del nexo WEF establece que, en un entorno de cambio climático, crecimiento demográfico y cambios en los hábitos de consumo, estos recursos son cada vez más interdependientes. Esto significa que las políticas de un sector pueden afectar al otro, y esto debe tenerse en cuenta para la sostenibilidad de los planes de desarrollo de cada país (Willaarts et al., 2021).

Según Zisopoulou et al. (2018), un enfoque del nexo WEF se presenta como la única solución viable que puede equilibrar el aumento esperado en la demanda de estos tres recursos fundamentales, que están distribuidos de manera desigual en todo el mundo. Este enfoque identifica las interrelaciones entre el agua, la energía y la producción de alimentos, y aboga por su gestión integrada.

El enfoque del nexo WEF cumple con los ODS establecidos en la Agenda 2030. Los ODS que son directamente relevantes para el enfoque de nexo son el objetivo 2: hambre cero; el objetivo 6: agua potable y saneamiento; y el objetivo 7: energía limpia y asequible. La adopción de este enfoque reduce el riesgo de que las acciones formuladas a favor de los ODS se debiliten entre sí, garantizando así el uso sostenible de los recursos (Weitz et al., 2014).

Los sistemas alimentarios están en el centro de los ODS y dependen de manera crucial de una

serie de recursos naturales, en particular agua dulce y energía. El 70 % del agua se utiliza para la producción de productos agrícolas en el campo y también a lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos. El 30 % del consumo total de energía de uso final se dedica a este sector (FAO, 2011; WWAP, 2014).

La gestión de los sistemas alimentarios, hídricos y energéticos es un desafío creciente para ALC, que es la región más desigual del mundo (Embid y Martín, 2018). Según Willaarts et al. (2021), el crecimiento de la población local y global y sus cambios de hábitos ejercen una gran presión sobre los recursos hídricos, energéticos y alimentarios en ALC. Esta subregión es el principal exportador neto de alimentos del mundo (Cepal, 2021c), pero esta explotación intensiva ha ido de la mano del aumento de la contaminación y la degradación de los ecosistemas, amenazando el agua, la energía y la seguridad alimentaria (Naranjo y Willaarts, 2020). A medida que crece la demanda mundial de alimentos, aumentará la presión sobre los recursos naturales en ALC (Jouravlev y Saravia, 2021).

La conexión entre los sectores de alimentos, agua y energía en ALC es compleja (Embid y Martín, 2018; Naranjo y Willaarts, 2020; Willaarts et al., 2021). Comprender los diversos riesgos y sinergias del nexo WEF, así como los impactos en las diferentes partes interesadas, es esencial para buscar el desarrollo sostenible. Por esta razón, gobiernos, academia y otras partes interesadas realizan investigaciones con el fin de ayudar a diseñar políticas que busquen un equilibrio entre desarrollo sostenible y competitividad.

Este subcapítulo tiene como objetivo identificar y cuantificar el uso de agua y energía en los alimentos en el Ecuador, identificando las principales interrelaciones, junto con sus causas e impactos actuales. A continuación, se describen los antecedentes sobre las características del Ecuador en los sectores de alimentos, energía y agua, los métodos utilizados en esta investigación, los resultados y su discusión. Finalmente, se extraen conclusiones y se presentan sugerencias de políticas.

### **Producción de alimentos en Ecuador**

El art. 281 de la Constitución establece que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen de manera permanente la autosuficiencia alimentaria sana y culturalmente

adecuada. La Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (LORSA, 2010) fue aprobada en 2009. Esta ley tiene como objetivo establecer los mecanismos a través de los cuales el Estado cumple con el régimen de soberanía alimentaria.

Ecuador es considerado un país megadiverso gracias, entre otras cosas, a la presencia de la cordillera de los Andes, que divide el territorio en diversos paisajes naturales, climas y microclimas que fomentan las prácticas agrícolas (FAO, 2016). Además, cuenta con una ubicación oceanográfica privilegiada que ofrece una plataforma marítima abundante y variada (Ministerio de Comercio Exterior, 2017). Ecuador, junto con Chile, Colombia y Uruguay son los principales países exportadores de alimentos en la región de ALC (Olmos, 2017).

Con base en la HBA, la mayor producción de estos se lista en la Tabla 17 y representa el 97 % de la producción total.

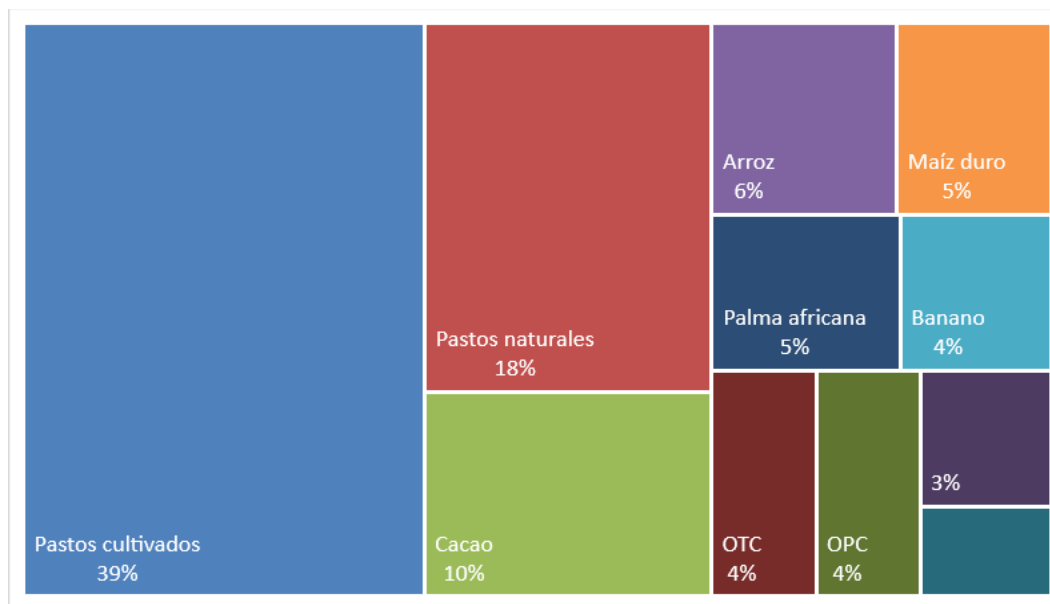
En 2019, los principales alimentos de exportación fueron el camarón con USD 3,891 millones, el plátano con USD 3,174 millones, las conservas de atún con USD 1,207 millones y el cacao con USD 657 millones (BCE, 2020). Las actividades asociadas a productos agrícolas, ganaderos y pesqueros representan el 53 % del empleo vinculado a las exportaciones (Lima y Castresana, 2016).

**Tabla 17.** Producción de alimentos en el Ecuador

<b>Producto</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Producto</b>	<b>Producción (t)</b>
Banana	6,635,217	Leche	2,392,892
Arroz	902,318	Camarón	754,414
Plátano	724,414	Azúcar	591,171
Aves de corral	505,100	Aceite de palma	443,155
Papa	424,736	Cacao	359,075
Huevos	265,498	Atún	277,786
Pescado	177,737	Carne de res	164,192

Elaboración propia a partir de datos del Magap (MAGAP, 2020).

De las importaciones totales relacionadas con la agricultura, el 41 % correspondió a alimentos como aceite de soja, trigo, pescado, crustáceos congelados y frutas. El 53 % corresponde a materia prima, productos intermedios como harina de soja y otros concentrados utilizados para alimentar animales y suministros como semillas, fertilizantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas (Egas et al., 2018).



**Figura 8.** Superficie de trabajo agrícola por cultivo

OPC = otros cultivos permanentes, OTC= otros cultivos temporales.

Elaboración propia en base a datos de (INEC, 2021).

La superficie de trabajo agrícola en 2020 fue de 5.2 millones de hectáreas. De las áreas destinadas a la producción, el 39 % corresponde a pastizales cultivados, el 18 % a pastizales naturales, el 28 % a cultivos permanentes orientados a la exportación y la agroindustria —como cacao, palma africana, plátano verde, banana, azúcar y otros cultivos permanentes—, y el 16 % compete a cultivos transitorios de la agricultura familiar campesina como arroz, maíz duro y otros cultivos temporales (INEC, 2021) (ver Figura 8).

El acceso a los recursos es diferente. Los grandes grupos agroindustriales y exportadores poseen el 80 % de la tierra concentrada en el 15 % de las unidades de producción agrícola (UPA), utilizan el 63 % del agua de riego, emplean agroquímicos de manera indiscriminada y están enfocados en la agroindustria y la exportación. Por otro lado, la agricultura familiar campesina tiene el 20 % de la tierra con el 85 % de las UPA, dispone del 37 % del agua de riego y desempeña un papel estratégico dentro del concepto de seguridad alimentaria, ya que se encarga del 64 % de la oferta de productos agrícolas aptos para el consumo interno (FAO, 2016, 2019).

De los cuatro países previamente mencionados, Ecuador presenta el más grande uso de fertilizantes (Olmos, 2017). El uso promedio de fertilizantes en Ecuador es 314 kg/ha, que es uno de los mayores índices a nivel mundial (Gorospe, 2018). El plátano destaca al utilizar 628 kg/ha de fertilizante, lo que implica 112,611 toneladas aplicadas en 2019. Se muestran los productos que consumen la

mayor cantidad de fertilizantes en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Productos que más fertilizantes utilizan en el Ecuador

<b>Producto</b>	<b>Fertilizante por Hectárea (kg/ha)</b>	<b>Cantidad de Fertilizante Aplicado (t)</b>
Banana	682	112,611
Cacao	141	70,110
Maíz duro	227	62,225
Palma africana	252	62,172
Arroz	213	61,537
Caña de azúcar	337	42,560
Plátano verde	113	16,450
Papa	458	10,130

<sup>a</sup> (INEC, 2020a).

Según afirma la FAO (2011), de los 10 principales usuarios de plaguicidas por zona de cultivo en el mundo, seis son de ALC. Ecuador ocupa el segundo lugar después de China, con 26 kg/ha (FAO, 2021). Los agroquímicos tienen diversos beneficios, pero la falta de un manejo eficiente genera una serie de efectos adversos sobre la salud y el medioambiente a lo largo de sus ciclos de vida (ONU, 2022).

### **Agua en Ecuador**

Según la Constitución de la República del Ecuador, el agua es un patrimonio natural, estratégico y de beneficio público, debe ser utilizado en armonía y con los valores ambientales, culturales, económicos y políticos. Los arts. 318 y 411 establecen que se utilizarán recursos hídricos para consumo humano, riego que garantiza la soberanía alimentación, flujo ecológico y actividades productivas, en este orden de prioridad. Además, se menciona que la sostenibilidad de los ecosistemas y el consumo humano será imperativa en el uso y aprovechamiento del agua.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua (LORHUyA, 2014) entró en vigor el 6 de agosto de 2014. Esta ley es un ejemplo de una forma moderna de regulación del agua que intenta dar una solución a problemas nacionales específicos, utilizando las técnicas

presentes en la legislación moderna sobre recursos hídricos, como gestión integrada, planificación hídrica, caudal ecológico y derecho al agua (Embid y Martín, 2015). El reglamento que da funcionamiento a la LORHUyA fue aprobado el 20 de abril de 2015 (Reglamento de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, 2015).

En el Ecuador existe una importante riqueza hídrica, sin embargo, presenta una gran heterogeneidad en la distribución espacial del recurso, que está limitado por las condiciones físicas y climáticas. Tiene dos cuencas hidrográficas: la del Atlántico al oriente y la del Pacífico al occidente. Los sistemas de agua que atraviesan el Amazonas y desembocan en el Atlántico tienen 317 km<sup>3</sup> por año, mientras que las que desembocan en el Pacífico tienen 115 km<sup>3</sup> anuales (Senagua, 2017a). El riego, con un 82 %, es la actividad con mayor consumo de agua, y esta es una tendencia en América Latina (MAATE, 2021).

En Ecuador se estima que el 65 % del agua que fluye por debajo de los 2,000 metros sobre el nivel del mar está contaminada (Senagua, 2016). Por ejemplo, el río Daule, además de ser utilizado para riego, es fuente de agua para consumo humano. Los valores encontrados se comparan con los límites permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana (TULSMA, 2003). El valor de oxígeno disuelto encontrado fue de 4.56 mg/l; que no cumple con el límite mínimo de 6 mg/l. En él además se encontraron 16,000 NMP/100 ml de coliformes fecales; el límite máximo permitido es de 1000 NMP/100 ml. En el sistema de riego El Mate, asociado a este río, se detectó un valor de nitrato de 86.48 mg/l; el límite es 10 mg/l. Se determinó que el índice de calidad del agua es un riesgo potencial para la salud humana (Senagua, 2010), por lo tanto, no es apta para el consumo humano. Esta situación se presenta, entre otros factores, porque solo el 5 % de las aguas residuales en el sector urbano es tratada y entre el 10-25 % del agua servida recibe tratamiento (MAGAP, 2011; Sato et al., 2013; Velasco T. et al., 2019). Además, existe contaminación por el uso de agroquímicos y residuos industriales, entre otros. Según Deknock et al. (2019) y Villegas et al. (2021), la contaminación del medioambiente de agua dulce con pesticidas está ampliamente presente en toda la cuenca del río Guayas y representa un riesgo ambiental. Según Izurieta et al. (2019), la contaminación por agroquímicos está relacionada principalmente con la producción agrícola industrial de banano y palma africana, mientras que la contaminación de las desembocaduras de los ríos está estrechamente relacionada con la actividad camaronera.

Según Senagua (2017a), en 2016, las autorizaciones para el uso de aguas superficiales fueron de 16,574 l/s para riego y 7,466 l/s para el sector industrial. En cuanto al caudal subterráneo

autorizado, el aumento fue significativo, pasando de 2,342 l/s principalmente para riego en 2006 a 9,841 l/s principalmente para uso industrial en 2016 (Senagua, 2017a). Según la base de datos de concesiones,<sup>6</sup> los mayores flujos se utilizan para la piscicultura, la acuicultura de camarones, pastizales, abrevaderos, plátanos, arroz y azúcar, y para plátanos, azúcar, camarones y arroz, hacia aguas superficiales y subterráneas, respectivamente. Esta base de datos tiene errores de escritura e información no uniforme que, según el Ministerio de Medio Ambiente, Agua y Transición Ecológica, se está corrigiendo.

Hay agua dulce disponible bajo tierra, principalmente en la cuenca del río Guayas y en la región Oriental. En la parte occidental de la provincia del Guayas existen zonas en las que el agua subterránea es el único recurso accesible para el abastecimiento público de los pueblos o el riego de cultivos (Gobierno Provincial del Guayas, 2012), y, en consecuencia, es el recurso esencial para la seguridad alimentaria y vital para el funcionamiento de los ecosistemas.

Además, el 78 % de la superficie con infraestructura de riego en Ecuador utiliza el método de gravedad, el cual presenta altas pérdidas de líquido en la conducción (Caicedo Camposano et al., 2015). Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP, 2019a; Valarezo y Muñoz, 2011), es imperativo establecer políticas que tiendan a mejorar prácticas agrícolas, especialmente en lo que respecta a métodos de riego y al uso de agroquímicos.

Probablemente, por las razones señaladas en los párrafos anteriores, la productividad del agua en Ecuador, que equivale a USD 6/m<sup>3</sup>, es la más baja de los países andinos (Arroyo et al., 2015). Según Arroyo et al. (2015), el promedio en ALC y en el mundo es de USD 10/m<sup>3</sup> y USD 12/m<sup>3</sup>, respectivamente.

A través de un reglamento emitido por la Agencia de Regulación y Control de Aguas (ARCA) (Fórmula de cálculo para la obtención de la tarifa referencial de agua cruda, 2016), se lograron los criterios técnicos de tarifas de agua cruda para los diferentes usos y aprovechamientos del agua. Para riego productivo de hasta 50 l/s la tarifa establecida fue de USD 0.0039/m<sup>3</sup>.

El agua virtual exportada por la región de ALC se proyecta en unos 190 km<sup>3</sup>, es decir, alrededor del 20 % de la estimación global (Arroyo et al., 2015), la agricultura de exportación tiene un uso preferencial del agua frente a la agricultura familiar campesina. En ciertas regiones del Ecuador, las relaciones entre los diferentes usuarios del recurso son controversiales, especialmente entre la

---

<sup>6</sup> La base de datos de concesiones de aguas superficiales y subterráneas fue proporcionada por el Ministerio de Medio Ambiente, Agua y Transición Ecológica para esta investigación.

agricultura industrial y de exportación y la agricultura familiar campesina (Acosta y Martínez, 2010; Gaybor, 2010; Hitz, 2010; Isch y Zapatta, 2010; Román, 2010; Senagua, 2009).

En cuanto al agua para consumo humano, es, en promedio, 230 litros diarios por persona (INEC, 2012b), lo cual es significativamente alto en la región de ALC, cuyo promedio es 169 litros diarios por persona (Ekos, 2019).

### **Panorama energético en Ecuador**

La promoción de la soberanía y la eficiencia energética se mencionan en la Constitución en los arts. 15 y 143, respectivamente. Según esta Carta Magna, estos no se lograrán en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

La Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE, 2019), aprobada en 2019, declara de interés nacional y como política de Estado el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas como elemento clave en el desarrollo de una sociedad solidaria, competitiva en la producción y preocupada por la sostenibilidad económica y ambiental. En 2021, mediante Decreto Ejecutivo n.º 229, se expide su Reglamento General.

Ecuador es un exportador neto de energía, que exportó 137 Mbep en 2019. El índice de suficiencia energética entre 2009 y 2019 fue de 2.12 en promedio. Esto indica que la producción de energía primaria, compuesta principalmente de petróleo crudo, fue más del doble de su demanda energética (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

En 2019, los principales energéticos consumidos fueron el diésel con 30 Mbep, la gasolina con 28 Mbep, la electricidad con 16 Mbep y el GLP con 9 Mbep. Para abastecer la demanda de energía, Ecuador necesita importar diésel, gasolina y GLP en un 62, 63 y 86 %, respectivamente. El índice de autosuficiencia energética, entre 2009 y 2019, disminuyó 5.7 % debido a un aumento del 64 % de las importaciones de los derivados del petróleo antes mencionados (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

El consumo final de energía per cápita en Ecuador, con 5.1 bep/hab, es el más alto de los países andinos (véase Tabla 19). Según Castro et al. (2018), se debe principalmente al consumo de transporte. En Ecuador destacan los índices energéticos del sector transporte. Junto con Bolivia y El Salvador, son los países que consumen más del 50 % de su energía a través del transporte. La intensidad energética del transporte es de USD 0.3 bep/1,000, la más alta después de Bolivia.



Ecuador, con 12.6 bep/eq-car, es el país que más energía consume por vehículo equivalente (véanse las columnas 2, 6 y 9 de la Tabla 19).

En contraste, el porcentaje de consumo en el sector agrícola es del 1%, el más bajo de ALC (Lapillone, 2016; OLADE, 2019) (véanse columnas 3, 4 y 5 de la Tabla 19). El sistema de producción en el sector agrícola en Ecuador es de 81 % de producción de baja escala y bajo consumo de energía (MAGAP, 2020).

Según Lapillone (2016), Ecuador junto con Panamá y El Salvador, son las naciones con mayor predominio del petróleo en su matriz energética industrial, con alrededor del 60 %. En el Balance Energético de 2019 (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), las fuentes de energía más utilizadas en el sector industrial fueron la electricidad y el diésel, con un 49 % y un 17 %, respectivamente. La intensidad energética industrial es de USD 0.4 bep/1,000 (véase la columna 7 de la Tabla 19). Cabe señalar que el mayor consumidor de energía industrial (sector industrial con más de 10 empleados) es el sector de alimentos, bebidas y tabaco, con un 48 % (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013).

La intensidad energética agrícola, con USD 0.1 bep/1,000, es la más baja de ALC, junto con Panamá, Costa Rica y El Salvador. Esto contrasta con la alta participación de este sector en el PIB de Ecuador, que, con un 8.8 % en 2019, es uno de los más altos de ALC (Lapillone, 2016) (ver columna 8 de la Tabla 19).

Por otro lado, el sector doméstico consume GLP, electricidad y leña en un 52, 37 y 11 %, respectivamente. Es el mayor consumidor de GLP del país, con el 71 % del total consumido, preferentemente para cocinar alimentos (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020). El consumo de energía de los hogares en Ecuador es de 2.6 bep/casa, uno de los más bajos de ALC después de Bolivia, Costa Rica y El Salvador. Las viviendas destinan, en promedio, el 3.4 % del gasto anual a energía, lo que equivale aproximadamente a USD 300 al año, junto con El Salvador, Bolivia y Nicaragua, uno de los promedios más bajos de ALC (Jimenez y Yépez, 2020) (para obtener más detalles, consulte las columnas 10 y 11 de la Tabla 19).

En 2015 se implementó un Programa de Eficiencia Energética en Cocinas, que resultó en la venta de aproximadamente 600,000 cocinas de inducción y representó alrededor del 17 % del monto planificado. Como afirma Nolivos (2021), esta iniciativa supone el mayor cambio en la cocina con energía eléctrica en todo el mundo. Sin embargo, no se logró el objetivo original que era la transición masiva del GLP a la electricidad y, así, evitar la importación de este hidrocarburo

(Recalde, 2015). Además, en 2012 se llevó a cabo el programa denominado “Renova”, que reemplazó 28,000 refrigeradores ineficientes (Jimenez y Yépez, 2020).

**Tabla 19.** Indicadores energéticos del Ecuador

País	Porcentaje				Intensidad de la energía			Consumo	Uso de	Gasto	Consumo
	Transporte <sup>a</sup>	Industria <sup>a</sup>	Agricultura <sup>a</sup>	Hogar <sup>a</sup>	Transporte <sup>b</sup>	Industria <sup>b</sup>	Agricultura <sup>b</sup>	unitario de	energía por	anual en	final de
	%	%	%	%	bep/USD 1000	bep/USD 1000	bep/USD 1000	transporte	hogar <sup>b</sup>	energía del	energía per
								por	bep/casa	hogar	cápita <sup>a</sup>
								carretera <sup>b</sup>	bep/eq-	USD	bep/hab
								car			
Argentina	33	22	7	25	0.2	0.5	0.5	4.7	7.8	650	9.4
Bolivia	58	19	3	15	0.4	0.5	0.2	7.5	1.9	300	4.0
Brasil	36	36	6	11	0.2	1	0.6	6	2.8	1,300	8.0
Chile	36	21	19	16	0.2	0.6	0.3	5.8	5.6	1,500	11.6
Colombia	37	29	2	18	0.1	0.3	0.2	7.9	3	600	4.8
Costa Rica	50	23	2	12	0.2	0.5	0.1	5.8	2.2	1,050	6.1
Ecuador	52	15	1	14	0.3	0.4	0.1	12.6	2.6	300	5.1
El Salvador	52	17	1	23	0.2	0.4	0.1	2.8	2.3	250	3.0
México	43	34	3	14	0.2	0.5	0.5	4.5	3.8	750	7.4
Nicaragua	31	12	1	42	0.2	0.3	0	3.3	5.5	300	2.9
Panamá	46	21	0	21	0.1	0.2	0.1	2.3	3.6	750	6.3
Paraguay	40	25		28	0.2	0.4	0	9.5	7.1	1,000	6.5
Perú	45	18	10	19	0.2	0.2	0.6	8.3	3.1	350	4.4
Uruguay	28	42	5	17	0.1	1	0.4	6.5	4.7	2,100	9.7

Información recopilada de a) (OLADE, 2019); b) (CEPAL, 2021a); y c) (Jimenez y Yépez, 2020)

## Metodología

Como recomiendan Naranjo y Willarts (2020), para facilitar la comprensión de la interrelación del nexo WEF se buscaron los siguientes indicadores: porcentaje de energía demandada por los alimentos en las diferentes etapas, de extracción de agua para uso agrícola y productividad energética de los alimentos. Además, siguiendo a Salmoral y Yan (2018), se determinaron el agua virtual y la energía incrustada. Para esto se utilizaron datos disponibles a nivel nacional, como balances energéticos (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), HBA (MAGAP, 2020), y otra información secundaria de Ecuador o países similares. El período de análisis fue 2019. Los años 2020 y 2021 no son un buen referente por el efecto de la pandemia de COVID-19. Los indicadores utilizados se indican a continuación:

**Extracción de agua para uso agrícola.** Este indicador también fue propuesto por Naranjo (2020). Se utilizó el concepto de huella hídrica. Las unidades se muestran en metros cúbicos por tonelada ( $m^3/t$ ). Bases de datos de Clercx et al. (2016), Mekonnen y Hoekstra (2012), ANA (2015), Wojcikiewicz et al. (2017) y Pérez Arcos (2012).

**Productividad energética de los alimentos.** Este indicador propuesto por Naranjo y Willaarts (2020) es la productividad energética de alimentos, expresado en toneladas por kilobarril de petróleo equivalente (t/kbep) (véase ecuación (1)).

$$FEP_i = \frac{1}{FEC_i} \quad (1)$$

FEP es la productividad energética de los alimentos; FEC es el consumo de energía de los alimentos. Es el consumo de energía necesario para la obtención de cada producto, expresado en barril de petróleo equivalente por tonelada (bep/t). Esta información no existe en Ecuador, por lo que se utilizan datos del país vecino de Colombia (UPME, 2007); y  $i$  es cada tipo de alimento exportado.

**Agua virtual.** Siguiendo a Salmoral y Yan (2018) y Arroyo et al. (2015), se entendió el agua virtual como el volumen de agua exportado en el comercio de productos alimenticios (véase ecuación (2)). VW es agua virtual; WF es la huella hídrica obtenida a partir de información del Ecuador. Si no existía se tomaba información internacional.

$$VW_i = WF_i * EF_i \quad (2)$$

Donde EF es la masa de los alimentos exportados (t) obtenida del balance de alimentos (MAGAP, 2020); e  $i$  es cada tipo de alimento exportado.

**Energía incorporada.** Siguiendo a Salmoral y Yan (2018), la energía incorporada se entiende

como la cantidad de energía exportada en el comercio de productos alimenticios (véase ecuación (3)).

$$EE_i = FEC_i * EF_i \quad (3)$$

Donde EE es energía incorporada, EF es masa de alimentos exportados, e i es cada tipo de alimento exportado.

**Porcentaje de energía demandada por los alimentos por etapa.** Este indicador fue propuesto por Naranjo y Willaarts (2020) y hace referencia a la cantidad de energía consumida en los diferentes pasos de la cadena productiva, como producción, transporte, procesamiento, transporte de usuarios y etapas domésticas.

**En producción.** Se utilizan los datos presentados por el Balance Energético Nacional 2019 en este sector (IIGE, 2019; Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020). Para el sector pesca y acuicultura se utilizaron los despachos de combustibles de Petroecuador (véase Tabla 20).

**Tabla 20.** Despacho de combustible para el sector pesquero y acuícola en 2019

Sector	Diésel (kbep)	Gasolina (kbep)
Camarón	2,062	28
Atún	1,083	1
Otras pesquerías <sup>a</sup>	454	0
Pesquería artesanal	0	1,005 <sup>a</sup>

Elaboración propia a partir de información proporcionada por la Agencia para el Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables mediante Oficio n.º ARCERNNR-DCOMH-2022-0539-OF. <sup>a</sup> Gasolina para motor de dos tiempos.

**En transporte.** Para la estimación de la demanda de transporte se utiliza la estimación de carga propuesta por (Ulloa, 2017). Para ello se consideró la demanda total del sector agrícola, pesquero y comercial. Para el sector manufacturero se consideró el 38 %, que corresponde al porcentaje del PIB del subsector de alimentos y bebidas (Ekos, 2018) (véase Tabla 21).

**Tabla 21.** Estimación de carga por sectores

		Agrícola- pesca	Extractivo	Fabricación	Comercio	Carga total
Estimación de carga	Mton	15	21	55	2	94
Carga de estimación de alimentos	Mton	15	0	21	2	38

Elaboración propia a partir de la estimación de carga propuesta por Ulloa, (2017).

Como resultado se encontró una demanda del 41 % con relación al total del transporte de carga.

El consumo energético del transporte de carga en 2019 fue de 16.6 Mbep (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), 41 % de los cuales corresponden a 6.8 Mbep de diésel.

***En proceso.*** Para determinar el consumo de energía en el procesamiento, se toma en cuenta la participación energética de los subsectores de alimentos, bebidas y tabaco, con respecto al sector industrial consumo. Los porcentajes de cada energético son 52 % diésel, 33 % electricidad, 100 % bagazo de caña de azúcar, 25 % fuel oil, 30 % GLP, 100 % leña y 40 % gasolina. Estos porcentajes se obtuvieron de los balances energéticos del Ecuador de 2013 (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013). Cabe señalar que, en los Balances de energía posteriores, este análisis no existe, por lo que se supone que este porcentaje se aplica para el período de 2019 (véase Tabla 22).

**Tabla 22.** Consumo del sector industrial por tipo de energía en kbep

	<b>Diésel</b>	<b>Electricidad</b>	<b>GLP</b>	<b>Leña</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Bagazo</b>	<b>Fuel oil</b>	<b>Fuente</b>
Porcentaje de consumo de alimentos del sector industrial 2013	52 %	33 %	30 %	100 %	40 %	100 %	25 %	(Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013)
Consumo energético del sector industrial alimentario 2019	217	6,438	714	358	147	1,543	1,505	(Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020)
Consumo energético del sector industrial 2019	110	2,125	214	358	59	1,543	376	

Elaboración propia a partir de información de (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013; Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020)



**Transporte de usuarios.** Para analizar el transporte de los usuarios se utilizan los mismos criterios de Van Hauwermeiren et al. (2007). Se aplicó un recorrido de 5 km hasta el punto de venta para conseguir 25 kg de alimentos por familia. Se supuso un viaje y medio por semana. Como resultado, se obtuvo un 5 % del trayecto promedio de un vehículo privado para obtener alimentos. Por esta razón, este porcentaje se aplicó al consumo promedio de automóviles y SUV en 2019. Según Terneus Páez et al. (2022) el promedio de viaje de un vehículo es de 15,000 km/año (véase la ecuación (4)).

$$\frac{5[Km] * 2 * 52[semana/año] * 1.5 [veces/semana]}{15,000 [km/año]} = 5 \% \quad (4)$$

El consumo de energía de los coches y SUV en 2019 fue de 9.9 Mbep (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), y el 5 % corresponde a 495 kbep de gasolina.

**Preparación de comida.** Para el consumo de energía en el almacenamiento de alimentos se considera que el consumo doméstico por refrigeración es de 450 kWh por año en promedio. Cabe señalar que este valor corresponde al consumo máximo de una refrigeradora establecido en la normativa (MERNNR, 2020a). Teniendo en cuenta que el consumo de energía en un hogar es de 1,557 KWh al año (Cepal, 2021a), este valor es equivalente al 30 % del consumo energético residencial.

Asimismo, se considera que el 80 % del consumo de GLP en los hogares se destina para cocinar alimentos (Conelec, 2013). Adicionalmente, el balance energético (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020) considera 1.3 Mbep de leña para uso doméstico (véase Tabla 23).

**Tabla 23.** Consumo del sector doméstico por tipo de energía en kbep

	Electricidad	GLP	Leña	Fuente
Uso porcentual por alimentos	30 %	80 %	100 %	
Consumo energético del sector doméstico 2019	4,744	6,608	1,331	(Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

Consumo de energía			
alimentaria del sector doméstico 2019	1,423	5,286	1,331

Elaboración propia a partir de información del (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

**Consumo de agua y energía en la producción de alimentos.** Se realizó una revisión bibliográfica con el propósito de encontrar estudios previos sobre el consumo de agua y energía de los principales productos ecuatorianos. Se puede encontrar la huella hídrica de los productos agrícolas, que indica apropiación directa o indirecta de agua dulce. La huella hídrica también incluye el agua necesaria para asimilar la contaminación producida por el uso de agroquímicos (Irena, 2015; Roibás et al., 2015). El estudio fue realizado por (ANA, 2015; Clercx et al., 2016; Pérez Arcos, 2012). En ausencia de información nacional, se utilizaron datos globales presentados por Mekonnen y Hoekstra (2011, 2012) para la leche, el azúcar, aceite de palma y aves. Para el camarón se utilizó la huella hídrica proporcionada por Wojcikiewicz et al. (2017) (véase la segunda columna en la Tabla 24).

Para obtener el consumo de energía en la producción de los 14 alimentos principales, ante la falta de datos nacionales se utilizó el estudio realizado por la Unidad de Planificación Minero Energética de Colombia (UPME, 2007). El consumo energético del sector pesquero y acuícola se obtuvo como la relación entre el despacho de energía y la producción de cada producto (véase la tercera columna en la Tabla 24).

**Tabla 24.** Huella hídrica y consumo energético de los principales alimentos en el Ecuador

<b>Producto</b>	<b>Huella hídrica (m<sup>3</sup>/t)</b>	<b>Consumo de energía (bep/t)</b>
Banano	576 <sup>a</sup>	0.20 g
Leche	1,207 <sup>b</sup>	0.06 g
Arroz	1,080 <sup>c</sup>	0.23 g
Camarón	1,315 <sup>d</sup>	2.77 <sup>h</sup>
Plátano	1,602 <sup>e</sup>	0.20 g
Azúcar	1,782 <sup>e</sup>	0.80 g
Aves de corral	2,872 <sup>b</sup>	0.04 g
Aceite de palma	4,970 <sup>e</sup>	0.21 g

Papa	348 <sup>c</sup>	0.23 <sup>g</sup>
Cacao	21.18 <sup>f</sup>	0.20 <sup>g</sup>
Huevos	2,872 <sup>b</sup>	0.04 <sup>g</sup>
Atún	0	3.90 <sup>h</sup>
Pescado	0	1.46 <sup>h</sup>
Carne de res	10,244 <sup>b</sup>	2.08 <sup>g</sup>

<sup>a</sup> (Clercx et al., 2016); <sup>b</sup> (Mekonnen y Hoekstra, 2012); <sup>c</sup> (ANA, 2015); <sup>d</sup> (Wojcikiewicz et al., 2017); <sup>e</sup> (Mekonnen y Hoekstra, 2011); <sup>f</sup> (Pérez Arcos, 2012); <sup>g</sup> (UPME, 2007); <sup>h</sup> Relación entre consumo y producción de energía.

## Resultados

En este capítulo se analizan los resultados encontrados con referencia a la cantidad de energía dedicada a la alimentación en el Ecuador y los energéticos utilizados, el agua y consumo energético de los principales alimentos producidos en el Ecuador.

**Energía y alimentos.** A partir del análisis de la energía consumida por los alimentos en las diferentes etapas, se obtuvo la siguiente información (véase Tabla 25).

**Tabla 25.** Consumo de energía por etapas de la cadena alimentaria en kbep

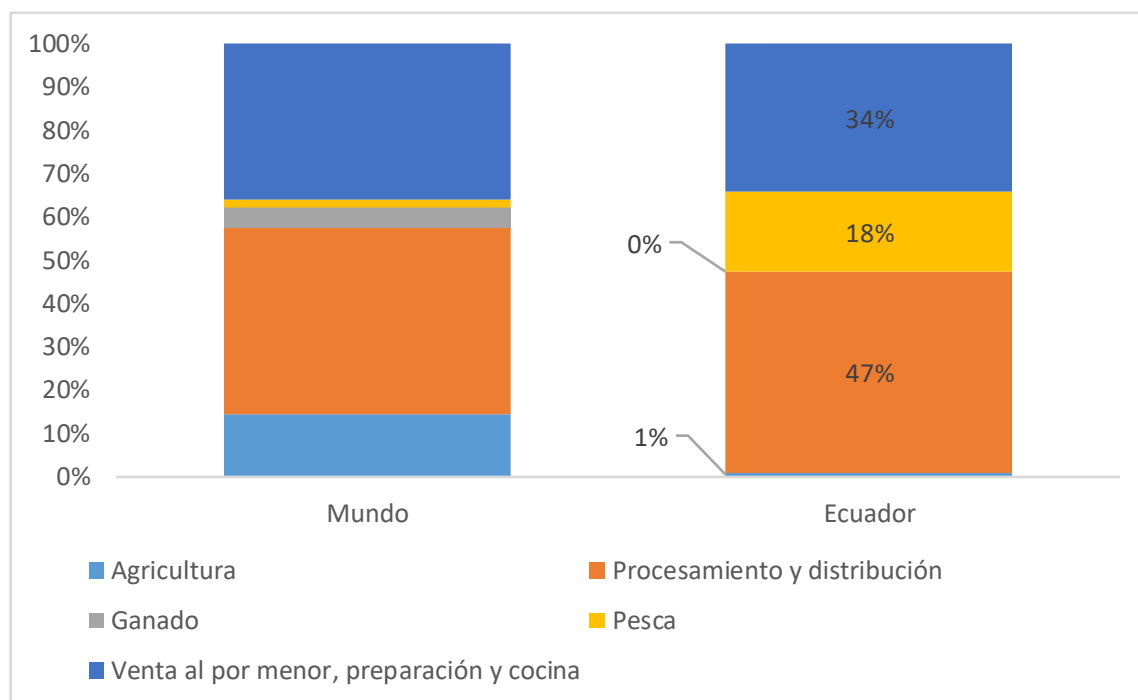
	Diésel	Electricidad	GLP	Leña	Gasolina	Bagazo	Gasolina
Producción	3,599				1,012		
Transporte	6,839						
Procesamiento	110	2,125	214	358	59	1,543	376
Transporte de usuarios					495		
Preparación de comida		1,423	5,286	1,331			
Agricultura			196				
Total	10,548	3,548	5,697	1,689	1,566	1,543	376
Porcentaje	42 %	14 %	23 %	7 %	6 %	6 %	2 %

Elaboración propia.

La energía demandada por los alimentos está compuesta por un 14 % de energía eléctrica, un 73 % de combustibles fósiles y 13 % biomasa. El consumo dedicado a alimentos es de 25 Mbep,

lo que equivale al 28 % del consumo total en Ecuador. Según Canning (2010), este porcentaje en EE.UU., Reino Unido y Nueva Zelanda es del 16, 20 y 30 %, respectivamente, mientras que en los países en desarrollo puede llegar al 55 % (FAO, 2011).

Por otro lado, en la Figura 9 se compara el porcentaje de participación en actividades agrícolas, de procesamiento, pesqueras y domésticas con un gráfico de promedios globales, según la FAO (2011). Cabe mencionar que en el Ecuador no hay desintegración del consumo de combustible para el ganado.



**Figura 9.** Porcentaje de consumo de energía en alimentos por sectores en Ecuador

Elaboración propia.

Al comparar las áreas en la Figura 9 se infiere lo siguiente: en primer lugar, el porcentaje de consumo de energía en agricultura es inferior al promedio mundial. En segundo lugar, el consumo de energía en pesca y acuicultura en Ecuador tiene un porcentaje más alto que el promedio mundial, que es del 1 % (FAO, 2015).

**Pesca y productividad energética en acuicultura.** Según la Arcernnr, el sector de pesca y acuicultura se clasifica como camarones, atún, otras pesquerías y pesca artesanal. La producción de camarones es un proceso intensivo en términos energéticos, principalmente debido al bombeo de agua y la aireación mecánica (Boyd et al., 2021; Troell et al., 2004). La proteína de camarón consume la mayor cantidad de combustibles fósiles después de la proteína de langosta (Pimentel y Pimentel, 2007). Debido al alto consumo de energía de la producción de camarones, como se puede observar en la Tabla 26, el Gobierno ecuatoriano lanzó el

proyecto para la electrificación del sector camaronero (Ministerio de Energía, 2021).

El principal exponente de la pesca industrial es el atún, orientado principalmente al mercado de exportación. Según Avadí et al. (2015), el consumo promedio en Ecuador es significativamente mayor que la captura promedio en el océano Pacífico, que es de 2.2 bep/t, según Parker et al. (2015). La Tabla 26, presenta la productividad energética y el consumo de energía de camarones y atún.

**Tabla 26.** Productividad energética y consumo de energía en pesca y acuicultura

Sector	Productividad energética (t/kbep)	Consumo de energía (bep/t)
Camarón	361	2.8
Tuna	256	3.9

Elaboración propia

Con respecto a la pesca artesanal, según el art. 104 de la Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y la Pesca (2020), su área establecida está dentro de las ocho millas náuticas. La pesca artesanal utiliza una cantidad significativamente alta de gasolina para motores de dos tiempos (Urresta, 2021). Sin embargo, no hay información sobre los desembarques de la pesca artesanal, por lo que no es posible establecer índices de productividad energética o consumo de energía.

**Energía utilizada en la alimentación.** A continuación, se detalla el uso de diésel, electricidad, GLP, leña, gasolina, bagazo y fuel oil en la alimentación.

El diésel, con un 42 % y 10.6 Mbep, es el combustible de mayor consumo, debido principalmente al transporte, el cual tiene un consumo de 6.8 Mbep. Cabe señalar que el consumo de energía dedicado al transporte en Ecuador es el más ineficiente de ALC (Cepal, 2021a; Lapillone, 2016). Adicionalmente, entre los sectores que consumen diésel se encuentra la pesca y la acuicultura, con un consumo de 3.6 Mbep. El sector industrial muestra una pequeña cantidad de consumo, con 212 kbep.

La electricidad se encuentra en segundo lugar, con un 14 %. Este consumo es de 3.6 Mbep entre uso industrial y uso doméstico. Este último equivale a 1.4 Mbep debido al uso de la refrigeradora. El consumo de electricidad per cápita de los hogares en Ecuador está por debajo del promedio en ALC (Jimenez y Yépez, 2020).

El GLP, con el 23 % del total, tiene un consumo de 5.7 Mbep, de los cuales 5.3 Mbep corresponden al consumo doméstico de cocina. El consumo energético equivale a 1.3 tanques

de GLP al mes por familia, según indica el INEC (2012a). El porcentaje de gasto de esta energía en relación al gasto total de los hogares es del 0.5 %, que es el más bajo de ALC (Jimenez y Yépez, 2020). Por otro lado, el consumo de este tipo de energía en el sector doméstico es el más alto de ALC con un 85 % (García y Arguello, 2021). El subsidio que otorga Ecuador a este combustible es el más elevado que se da a nivel mundial para cocinar (Nolivos et al., 2021).

El sector industrial tiene un consumo de 214 kbep. El sector agrícola tiene un consumo de 196 kbep, que se destina al secado de granos, como lo indica el Acuerdo 139 (Ministerio de Minas y Petróleo, 2008).

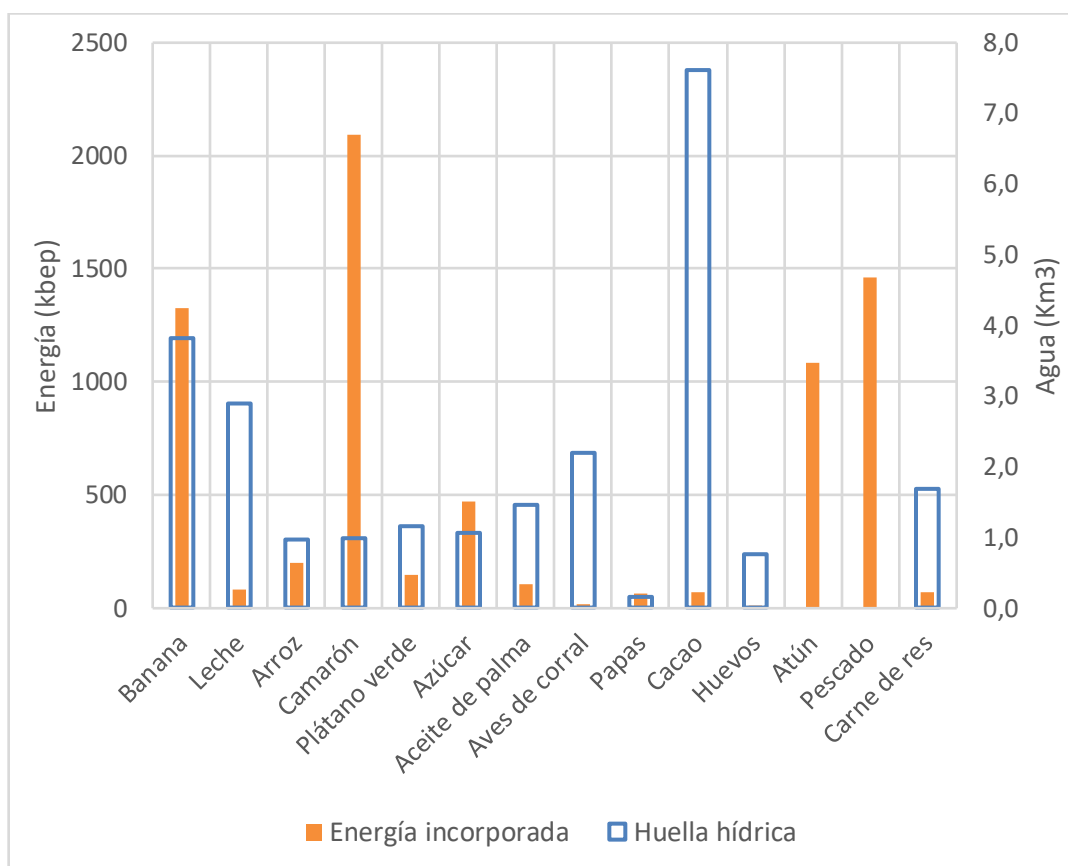
La gasolina presenta un consumo de 1.6 Mbep. Con este combustible la pesca artesanal destaca con 1 Mbep, como ya se indica en la Tabla 26.

La leña presenta un consumo de 1.7 Mbep, debido principalmente a su uso en la cocina doméstica, calculado en 1.3 Mbep. En ALC, el 20 % de los hogares ubicados principalmente en las zonas rurales utilizan combustibles como la leña, que son menos eficientes y más nocivos para la salud. Ecuador es uno de los países de ALC que utiliza menos leña (Jimenez y Yépez, 2020).

El bagazo de caña de azúcar se utiliza estacionalmente para producir calor y energía eléctrica (ARCONEL, 2019; Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020; Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos, 2020) y tiene un consumo de 1.5 Mbep. Existe potencial para el uso de residuos de palma africana, plátano, arroz y caña de azúcar en cultivos de exportación y de subsistencia. Sin embargo, ciertas políticas públicas, como los subsidios energéticos, desalientan la explotación de residuos (Calderón Llor et al., 2017).

El fuel oil tiene un consumo de 376 kbep y se utiliza principalmente para producir calor.

***Agua y energía utilizadas en la producción de alimentos.*** Los resultados encontrados permiten identificar y estimar la cantidad de energía y agua utilizada para producir alimentos en Ecuador. Destacan cacao, con 7.6 km<sup>3</sup> de huella hídrica; plátano, con 3.8 km<sup>3</sup>; leche, con 2.9 km<sup>3</sup>; y aves, 2.2 km<sup>3</sup>. Por otro lado, los productos con mayor consumo energético son el camarón (2.1 Mbep), el pescado (1.5 Mbep), el plátano (1.3 Mbep) y el atún (1.1 Mbep) (véase Figura 10).



**Figura 10.** Huella hídrica y consumo de energía de los productos alimenticios con mayor producción en Ecuador

Elaboración propia.

Del total de productos analizados, la huella hídrica es de 25 km<sup>3</sup>, de los cuales el 51 % está orientado al mercado internacional. Casi toda el agua virtual se exporta en banano y cacao, con un 60 y 35 %, respectivamente. Según Isch y Zapatta (2010), la ventaja competitiva de Ecuador ante el mundo parece ser precisamente el agua. La cantidad de energía consumida en los productos analizados es de 9.2 Mbep, de los cuales el 52 % está destinado a la exportación. La mayor cantidad de energía incorporada en productos de exportación se encuentra en camarones y banano, con un 37 y 17 %, respectivamente.

## Discusión

El agua es un elemento preferencial dentro del nexo WEF, y, de hecho, de los tres elementos, no tiene sustituto o alternativa. Sin embargo, debido a una concepción social que lo considera abundante, tiende a ser subestimado debido a la desigualdad en su valor en relación con otros recursos. En Ecuador, el alto consumo de agua y los niveles de contaminación dejan claro que no hay conciencia de que el agua es un recurso que necesita protección. Como indican Jouravlev

y Saravia (2021), se requieren políticas de desarrollo para construir una visión social de que el agua y el ecosistema son los recursos naturales en la región de ALC, la base de su riqueza, y se debe garantizar su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

El objetivo 3.3 del Plan Nacional de Riego 2019-2027 (MAGAP, 2019a) menciona: “optimizar la eficiencia en el uso del agua para riego”. Como objetivo para 2027, incluye lo siguiente: “55,966 ha con tecnificación del riego por superficie”. Sin embargo, según Franco-Crespo y Sumpsi Viñas (2017), el bajo precio del agua en Ecuador no motiva una gestión del agua más eficiente. La incorporación de nueva tecnología siempre generará barreras, por lo que se deben establecer esquemas fiscales para aquellos agentes que utilicen prácticas ineficientes. Por otro lado, abordar los problemas de escasez de agua mediante el aumento de tecnologías que promuevan la eficiencia en el riego solo es posible si hay garantías energéticas para respaldar esas tecnologías.

Según Embid y Martín (2018), el riesgo de abuso de los recursos de aguas superficiales y subterráneas tiene tres consecuencias. La primera, una reducción en la disponibilidad de agua para su uso aguas abajo. La segunda es un deterioro de su calidad debido a la contaminación con agroquímicos. Estas dos consecuencias se experimentan en Ecuador. Los conflictos por el agua son indicadores de las interacciones imperativas y especialmente problemáticas del nexo WEF. A pesar de que la contaminación del agua es un problema de gran magnitud (Senagua, 2016), la información disponible sobre este tema es limitada y dispersa. Según CEPAL y GIZ (2012), la laxitud de las políticas, su falta de cumplimiento o su inexistencia han contaminado los recursos hídricos del país.

Como tercer punto, la sobreexplotación de los acuíferos con bajos precios de la energía puede conducir a la ineficiencia energética y, en algunos casos, a la injusticia social. En Ecuador ha habido un fuerte aumento en el uso de aguas subterráneas. En México y en el estado indio de Punjab, el bombeo excesivo de agua subterránea para la agricultura estaba directamente relacionado con los subsidios energéticos (FAO, 2014; WWAP, 2014). Un ejemplo de las interrelaciones con las tres áreas del nexo se puede ver en este caso, impactando en la cantidad y calidad del agua subterránea para alimentación, con un alto coste energético para su extracción.

La baja calidad de la base de datos de concesiones otorgadas por el Estado muestra una falta de atención a este recurso. Las granjas camaroneras ubicadas en el interior utilizan aguas subterráneas, lo que significa un riesgo potencial para la salinización de los acuíferos. Debido a esto, deben reutilizar su agua, lo que evita que los efluentes ingresen a aguas naturales (Jory, 2017; Ministerio del Ambiente, 2017). Según la LORHUyA (Reglamento de Recursos



Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, 2015), se debe realizar un control de la cantidad y calidad del recurso hídrico. Sin embargo, este mandato se ha cumplido de forma limitada debido a la escasez de recursos económicos, capacidades institucionales insuficientes y falta de voluntad política (Senagua, 2016).

En Ecuador, el bajo precio de los derivados del petróleo, debido a un subsidio estatal generalizado, ha inducido al uso descuidado de estas fuentes de energía, como lo mencionan ampliamente Vallejo (2019), Espinoza y Guayanlema (2017), Puig Ventosa et al. (2018) y Terneus (2022). Esto ha tenido repercusiones en el sector del transporte, que tiene el consumo de energía más ineficiente en ALC (véase columna 9 en la Tabla 27). Según Avadí et al. (2015), esta es una de las causas del elevado consumo energético en la pesca del atún. Sin negar la necesidad de subsidios como instrumentos de política para aliviar la pobreza, en Ecuador existe un potencial significativo para su reorientación.

El art. 285 de la Constitución ecuatoriana establece que los subsidios tienen como objetivo redistribuir el ingreso. Sin embargo, en esta investigación se ha determinado que también brinda un apoyo importante a grandes grupos agroindustriales y exportadores.

La alimentación en el Ecuador depende aproximadamente en un 50 % de los combustibles fósiles importados, lo que implica que los alimentos son vulnerables a los vaivenes de la economía mundial. El diésel es el energético más utilizado, preferentemente en el sector del transporte de carga, que es considerado prioritario para conseguir la eficiencia energética (LOEE, 2019). La tercera fuente energética más utilizada en la cadena alimentaria es el GLP, con 20 %, principalmente en el sector residencial.

La pesca y la acuicultura tienen un consumo energético significativamente elevado. El Estado debe asegurar que estas industrias implementen acciones para optimizar el uso de la energía en sus procesos productivos, considerando que el combustible está fuertemente subsidiado. Es importante señalar que el sector privado también podría estar interesado en reducir las ineficiencias relacionadas con el acceso a los mercados internacionales. Estas acciones tendrán muchas más posibilidades de éxito si se desarrollan en el marco de políticas públicas.

Por otro lado, se debe fortalecer la pesca artesanal como sector estratégico para la seguridad alimentaria. Sin embargo, la informalidad y las condiciones de vida precarias lo convierten en un blanco fácil para ser cooptado por organizaciones criminales para el tráfico de drogas y combustible (Cornejo, 2020; Ecuavisa, 2018; El Telégrafo, 2012; Oñate, 2019; Parametría, 2019; Zabala, 2013). Sin embargo, el apoyo a este sector no debería consistir en el costo del combustible que estimula el uso no racional y el contrabando, sino más bien en la mejora de sus embarcaciones, capacitación, infraestructura y otros factores. En 2013 hubo un programa

para reemplazar los motores fuera borda de dos tiempos por motores de cuatro tiempos, que son más eficientes (OCARU, 2013), pero se desconoce su impacto.

En esta investigación, con sus propias limitaciones, se ha podido identificar que los alimentos que más energía consumen en el Ecuador están relacionados con el plátano, el camarón, el atún y la pesca. Por otro lado, los alimentos que producen mayor huella hídrica son el plátano y el cacao.

Ecuador, al igual que la región de ALC (Embid y Martín, 2017; Pérez Arcos, 2012), es un exportador de agua virtual y energía incorporada a través de los alimentos. El agua virtual es un indicador de la presión que ejerce el comercio internacional sobre los recursos hídricos en los países productores (Olmos, 2017).

La situación económica del Ecuador ha obligado a optar por un modelo de desarrollo basado fundamentalmente en la explotación intensiva de sus recursos naturales, lo que conlleva graves conflictos sociales y degradación ambiental (Jouravlev y Saravia, 2021; Stiglitz et al., 2017). Sin embargo, este país depende de estas industrias para la generación de divisas y la creación de empleo.

## **Conclusiones**

En esta investigación se analizó el nexo WEF en la cadena alimentaria en Ecuador, estimando indicadores que permitan visualizar las interrelaciones existentes. Se examinó información disponible públicamente, como el balance de alimentos y el Balance Energético Nacional de 2019, que fue el año de referencia de la investigación. Para información que no existía en el Ecuador se establecieron aproximaciones con base en parámetros generales o de otros países. Se determinó una importante dependencia de energía importada para la alimentación, lo que implica una situación de vulnerabilidad ante eventos externos. El sector pesquero y acuícola presenta un porcentaje significativamente elevado del consumo energético. El sector pesquero artesanal requiere de una intervención del Estado para ser contribuyente a la seguridad alimentaria. Sin embargo, cabe señalar que los subsidios al combustible lo hacen insostenible y alientan a los traficantes a operar ilegalmente.

De toda el agua y la energía necesarias para la producción de alimentos, poco más de la mitad va al mercado internacional como agua virtual y energía integrada. Esto implica que los grupos exportadores hacen un uso extensivo de los recursos hídricos y energéticos del país. Esto ocurre principalmente con el plátano, pero también con el cacao y el camarón. Es imperativo que Ecuador diversifique su modelo de desarrollo centrado en la explotación intensiva de los

recursos naturales, ya que esto implica una crisis en el sistema físico-natural y un aumento de la inequidad social.

La baja productividad del agua y el alto consumo energético de ciertos alimentos en Ecuador plantea la necesidad de formular políticas a través de las cuales se pueda lograr un uso más eficiente de los recursos, lo cual es un principio fundacional en la concepción inicial del nexo WEF (Hoff, 2011). El principio de eficiencia es mencionado innumerables veces en la Carta Magna, sin embargo, no ha despertado interés político, en parte por una supuesta abundancia de recursos naturales.

Ecuador enfrenta el desafío de diseñar y aplicar precios y tarifas acordes a la realidad, simultáneamente con la introducción de sistemas efectivos de subsidios para quienes lo requieran. El subsidio general al precio de la energía y la baja tarifa por el uso del agua no han mostrado signos adecuados de un uso racional y eficiente de los recursos del nexo WEF. Incluso manteniendo la función de subsidio deben proporcionar incentivos mínimos para su uso eficiente.

Es necesario desarrollar políticas y marcos regulatorios que tengan en cuenta las interrelaciones entre agua, energía y alimentos. Sería necesaria una evaluación clara del estado actual de los recursos naturales, como la calidad del agua y del suelo, así como de la energía necesaria en la agricultura y sus interrelaciones, para tomar decisiones políticas informadas. Se sugiere que estos sean temas de futuras investigaciones por parte del gobierno, la academia u otras instituciones.

Una aplicación efectiva del enfoque de nexo requiere, como punto de partida, el fortalecimiento de los programas de seguimiento y la generación de información estandarizada. La gestión independiente y aislada de los sectores del agua, la energía y los alimentos dificulta la obtención de índices de productividad.

Los principios declarativos de la Constitución del Ecuador en materia de soberanía alimentaria, agua y energía no tienen aspectos operativos efectivos. Se identifica una gobernanza débil como la causa de la contaminación del agua y del uso irracional de la energía. Según Jouravlev y Saravia (2021), en el contexto de una gobernanza débil, los intereses del sector privado pueden constituir un obstáculo importante para la implementación del enfoque de nexo, que puede incluso perseguir objetivos opuestos.

### **5.3 Análisis de la producción de biocombustibles en el Ecuador desde la perspectiva del nexo agua, energía y alimentos**

Este tema fue desarrollado en el artículo titulado: *Analysis of biofuel production in Ecuador from the perspective of the water-food-energy nexus* (Terneus y Viteri, 2021). Se presenta a continuación un resumen. Este subcapítulo tiene como objetivo analizar el impacto que la producción de biocombustibles tiene sobre el agua, la tierra, los alimentos y la energía, y su contribución a reducir la creciente dependencia de los derivados del petróleo en el sector transporte en el Ecuador. Se inicia con el proceso de establecimiento de la política de biocombustibles en Ecuador; luego se presenta la metodología; a continuación, se realiza una discusión de los resultados y se finaliza con unas conclusiones y propuestas de políticas.

### **Política de los biocombustibles en el Ecuador**

El Plan Nacional de Desarrollo (Senplades, 2009), conocido como Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013, enfocó sus esfuerzos en la promoción de la actividad industrial de biocombustibles en Ecuador. El propósito principal era lograr una sustitución efectiva de las importaciones de derivados del petróleo y fortalecer la soberanía energética, considerando que las reservas de petróleo estaban en declive. Para ello, se estableció un marco legal y se crearon entidades como el Consejo Consultivo de Biocombustibles y posteriormente el Consejo Nacional de Biocombustibles (Figueroa de la Vega, 2008).

Este plan propuso inicialmente un proyecto piloto en la ciudad de Guayaquil para el uso de gasolina mezclada con un 5 % de etanol de caña, denominada Ecopaís, con la posibilidad de incrementar esta proporción hasta un 10 %. Para cumplir con la demanda prevista, se planificó la expansión de la superficie destinada al cultivo de caña en 500 km<sup>2</sup> de los 1,262 km<sup>2</sup> que existían en ese momento (MAGAP, 2024).

A partir de 2014, todas las gasolineras en la provincia del Guayas estaban obligadas a vender gasolina Ecopaís, y en 2015 se emitió el Decreto Ejecutivo n.º 675 para la sustitución progresiva de toda la gasolina Extra por Ecopaís en todo el país, considerando la oferta local de etanol y cumpliendo con estándares técnicos establecidos (PetroEcuador, 2020).

Sin embargo, a pesar de estas medidas, el alcance de la gasolina Ecopaís solo llegó al 58 % del territorio ecuatoriano para 2020, según datos de Petroecuador (2020). Para aumentar la producción de etanol, los ingenios incrementaron sus inversiones y pusieron en marcha plantas de destilación de alcohol con fines energéticos.

Las tres plantas de destilación más grandes de Ecuador proveen etanol a Petroecuador para la producción de gasolina Ecopaís. Estas plantas también venden alcohol etílico a asociaciones de productores de aguardiente, con una contribución estimada del 3-4 % en comparación con el

volumen total de etanol vendido (Pacheco, 2019).

La gasolina Ecopaís tiene el mismo precio de venta, octanaje y características técnicas que la gasolina Extra; su demanda alcanza el 45 % del mercado, seguida por las gasolinas Extra y Súper. La mezcla para producir Ecopaís se realiza en varias terminales petroleras, con porcentajes de etanol que varían entre 2.6 y 3.5 % (PetroEcuador, 2019a).

En 2018, el presidente Lenín Moreno limitó la compra de etanol local argumentando que importarlo sería más económico. Sin embargo, en 2019, Petroecuador firmó un acuerdo para distribuir etanol local nuevamente. Además, en abril de 2019, el Ministerio de Agricultura y Ganadería anunció la posibilidad de sustituir cultivos de arroz de baja productividad por cultivos energéticos para impulsar los agrocombustibles en el país, buscando promover el desarrollo sostenible y fortalecer el sector agrícola (El Universo, 2019; La Hora, 2019; MAG, 2019; Vicepresidencia del Ecuador, 2019).

El sector agrícola ecuatoriano ha experimentado un cambio notable hacia monocultivos orientados a la exportación o usos industriales, impulsados por el apoyo gubernamental debido a su contribución significativa a los ingresos en moneda extranjera (Brassel et al., 2011; Hidalgo y Laforge, 2011; Román, 2010). Entre los principales cultivos del país, la caña de azúcar industrial ha ganado terreno, representando el 6 % del total de la superficie cultivada en 2019. Este cultivo ha experimentado un crecimiento intermitente desde 2010 hasta 2019, siendo un pilar importante del desarrollo agrícola, con un impacto significativo en el PIB y la generación de empleo.

La producción de caña de azúcar se divide en dos modelos claramente identificados: el industrial, predominante en las tierras bajas de la región costera, y el artesanal, impulsado por pequeños productores familiares en diversas áreas del país. Mientras que el modelo industrial está altamente mecanizado y utiliza grandes cantidades de fertilizantes, el modelo artesanal se caracteriza por su escala más pequeña y métodos de producción más tradicionales (FAO, 2019). A pesar de su importancia económica, la producción de caña de azúcar ha enfrentado desafíos significativos en los últimos años, incluyendo altos costos de mano de obra, bajos precios de venta y la competencia del azúcar colombiano en el mercado local (Banco Central del Ecuador, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020; Choez Corrales, 2018). La volatilidad de los precios internacionales del azúcar también ha afectado la rentabilidad del sector. A pesar de intentos de implementar medidas como salvaguardias para proteger la producción local, la estabilidad del sector sigue siendo un desafío constante (ASOCAÑA, 2020; Bernal y Rodríguez, 2020; El Espectador, 2018).

Por otro lado, el sector del transporte en Ecuador, según el Balance Energético Nacional 2018

(IIGE, 2019), representa el 49 % del consumo total de energía secundaria, siendo uno de los países de ALC con mayor dependencia en esta área (AEADE, 2019). Dentro del transporte, el subsector terrestre es el más significativo, consumiendo principalmente combustibles fósiles; la gasolina es el segundo más demandado después del diésel. La producción insuficiente de derivados del petróleo obliga a Ecuador a importar el 67 % de su gasolina, afectando su índice de autarquía. De no tomarse medidas, Ecuador podría convertirse en importador neto de derivados del petróleo para 2030. El subsector de vehículos ligeros, donde el 96 % consume gasolina, muestra una preferencia notable por SUV y pick-ups, con un alto consumo energético y bajo interés en la eficiencia (AEADE, 2019; IEA y ICCT, 2019; JATO, 2018). Según la IEA (2019), los países con precios de combustibles bajos tienen vehículos más grandes que los que tienen precios altos de combustible. En el caso de Ecuador, esto ha sido comprobado por Terneus et al. (2022). La falta de regulaciones en eficiencia energética y emisiones vehiculares contribuye a esta ineficiencia del sector de vehículos ligeros en Ecuador (Cevallos Sierra, 2016; F. Izurieta et al., 2013; Puig Ventosa et al., 2018; Vallejo Carpio, 2019).

## **Metodología**

La metodología se dividió en tres partes: en la primera se obtuvo información sobre el cruce de capas obtenida a través de Sistemas de Información Geográfica, con el fin de obtener ubicación, clasificación del suelo, capacidad de uso del suelo y disponibilidad de riego de los cultivos de caña de azúcar en el Ecuador. En la segunda, se utilizó el método *Penman-Monteith*, adoptado por la FAO para el análisis del consumo de agua de riego mediante el *software* Cropwat y Climwat. Finalmente, en la tercera parte, para determinar la cantidad de energía utilizada se utilizaron promedios de consumo específico obtenidos de fuentes bibliográficas.

## **Resultados y discusión**

Los productos que cuentan con mayor superficie clasificada como apta para la agricultura son los cultivos industriales de caña de azúcar, plátano y banano con un porcentaje superior al 80 %. El resto de los productos tienen un porcentaje del 41 % de tierras aptas para la agricultura. Asimismo, la caña de azúcar industrial destaca como el producto con mayor porcentaje de superficie irrigada. El resto de los productos tienen solo el 10 % de su superficie cultivada con acceso a riego. De acuerdo con Boelens et al., (2015), las concesiones de agua están sesgadas hacia las agroindustrias. Según Senagua (2019), las unidades de producción agrícola más

grandes, que son muy pocas, concentran la mayor superficie bajo riego, mientras que la gran mayoría, que son las más pequeñas, manejan una reducida superficie con disponibilidad de este recurso (FAO, 2016; FAO y CAF, 2009; INEC, 2020b).

Considerando un 85 % de terreno apto para la agricultura, para el cultivo de caña de azúcar, se puede estimar que la producción de etanol se produce a partir de 115 km<sup>2</sup> de terreno apto para la agricultura.

El análisis se realiza con los datos meteorológicos de la estación ubicada en el ingenio San Carlos, en el cantón Marcelino Maridueña. El resultado es una necesidad de riego de hasta 433 mm por año.

Considerando una producción de 5,460 litros de etanol/ha (Figuroa de la Vega, 2008), se ha obtenido un requerimiento de riego aproximado de unos 800 litros de agua por litro de etanol (véase Tabla 27).

**Tabla 27.** Consumo de agua para la producción de etanol

<b>mm</b>	<b>litros agua/m<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>3</sup> agua/ha</b>	<b>litros etanol/ha</b>	<b>Litros de agua /Litros de etanol cultivo de caña de azúcar</b>
433	433	4,330	5,460	793

Elaboración propia.

Los cultivos de caña de azúcar se encuentran mayormente en las subcuencas hidrográficas del río Yaguachi, que se caracteriza por ser una zona altamente propensa a conflictos por escasez de agua (Senagua, 2009).

Estudios reportan situaciones asociadas con el uso del agua en esta zona, debido al acaparamiento de agua por parte de empresas agrícolas bananeras y cañeras (Gaybor, 2010), empresas productoras de caña de azúcar (Isch y Zapatta, 2010) y grandes fincas o empresas agrícolas dedicadas a la producción de caña de azúcar, banano y arroz (Román, 2010). Otros cultivos se encuentran en la cuenca del Taura, cuyo abastecimiento de agua está por debajo de la cifra crítica de 2,000 m<sup>3</sup>/hab/año. Sin embargo, la situación puede haber mejorado gracias a los proyectos de regulación artificial (Senagua, 2017b).

Los conflictos en el sector agrícola relacionados con la disponibilidad de agua pueden seguir aumentando debido al apoyo estatal a la producción de cultivos energéticos (Senagua, 2009), aunque el orden de precedencia para la gestión de los recursos hídricos es el siguiente: consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ambiental y actividades

productivas (Registro Oficial 449, 2008).

Sin embargo, el agua consumida por los cultivos energéticos no es el único motivo de conflicto, la contaminación es otra razón. Según Berndes (2002) y Giampietro et al. (1997), el impacto de la producción de etanol sobre los recursos hídricos se relaciona principalmente con la posible carga contaminante sobre los sistemas acuáticos. El proceso de producción de etanol genera vinaza, que es un efluente con alta cantidad de materia orgánica y altas concentraciones de sólidos (Saulino, 2011). Según Cajamarca Carrasco et al. (2018), los residuos del procesamiento de la caña de azúcar se encuentran por encima de los límites máximos permisibles según la normativa ecuatoriana. Los cantones Marcelino Maridueña (GAD Maridueña, 2014), Milagro (GAD Milagro, 2015) y La Troncal (GAD Troncal, 2015), cuya principal actividad económica es el cultivo de caña de azúcar, identifican agroquímicos y residuos de ingenios de caña de azúcar como algunas de las amenazas al agua. La degradación del suelo debido a los cultivos extensivos de caña de azúcar también se menciona como parte de estas amenazas.

Los monocultivos requieren grandes cantidades de fertilizantes químicos y presentan condiciones ideales para la proliferación de insectos, hongos, bacterias y otros patógenos que requieren el uso de pesticidas. Estos agroquímicos son una de las principales causas de la degradación de las tierras (Segarra Galarza, 2014; Suquilanda, 2008) y contaminación de acuíferos (Senagua, 2016).

Según Senagua (2010), el agua de los ríos Bulubulu, Yaguachi, Chimbo y Chanchán, que riegan los cantones antes mencionados, se considera de mala calidad debido a varios factores, entre los que se encuentra la actividad agrícola y también se menciona el alto uso de agroquímicos. Según MAGAP (2011), la contaminación del agua en el Ecuador es un problema de gran magnitud.

En 2019, el área cultivada para la producción de etanol fue de unos 135 km<sup>2</sup>, que lo convierte en uno de los principales cultivos del Ecuador con una superficie similar a la de la yuca. El etanol es también el noveno producto con mayor cantidad de tierra apta para la agricultura y es el séptimo con mayor superficie irrigada.

Para asegurar la soberanía alimentaria en el Ecuador se requiere la producción de alimentos básicos. Los tres principales productos alimenticios de origen vegetal, por consumo per cápita en el Ecuador, son el maíz, el arroz y el trigo. Sin embargo, Ecuador es autosuficiente solo en arroz (FAO, 2016). Según MAGAP (2014) y Moreno et al. (2018), los cantones de Milagro y Naranjal, donde se cultiva caña de azúcar, presentan condiciones naturales óptimas para el cultivo de maíz.



Cabe señalar que los fertilizantes son productos energéticamente intensos. Por ser mayoritariamente importados, no son considerados como consumidores de energía en este país, pero representan una vulnerabilidad ante impactos económicos externos (Llive, 2016).

El porcentaje de etanol respecto al consumo de gasolina, fue menor al 2 % en 2019. La producción de etanol, que eventualmente podría poner en riesgo la seguridad alimentaria en Ecuador, contribuye al sector de vehículos livianos que se caracteriza por la ineficiencia. Esta baja cifra porcentual se ve eclipsada por el aumento en la demanda de gasolina que en promedio es del 5 % anual. Por este motivo, Gómez et al. (2008) aconsejan centrarse en políticas más efectivas destinadas a reducir el crecimiento del sector automotriz.

Este porcentaje de contribución del etanol a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles en el Ecuador es mínimo en comparación con los ahorros en el consumo de combustible que se podrían obtener con políticas de eficiencia energética. En el Ecuador el uso eficiente, racional y sostenible de la energía es política de Estado. Las políticas de eficiencia energética han alcanzado reducciones entre el 41 y el 67 % en los países que las han implementado (IEA, 2010). Esfuerzos aislados en el sentido de gestionar una política de ahorro y uso eficiente de la energía no se han materializado en la práctica, en parte por el escaso interés político y también por los limitados recursos de las instituciones involucradas (Figuroa de la Vega, 2008).

Además, la disminución de la importación de combustibles, que se consigue con la producción de etanol, no tiene sentido práctico si se produce contrabando entre un 5 y un 30 % de derivados del petróleo a través de las fronteras (Ministerio Coordinador de la Producción Empleo y Competitividad, 2010). Sin embargo, aumentar el precio del combustible, lo que eliminaría el incentivo al contrabando, es un desafío para los gobernantes.

### **Conclusiones y propuesta de políticas**

La producción de etanol agrava la inseguridad alimentaria en Ecuador. En cuanto al agua, y tomando como referencia el año 2019, el volumen de riego fue aproximadamente el 1 % de las autorizaciones de agua en una zona de vulnerabilidad crítica a conflictos por escasez hídrica. Por otro lado, la producción de etanol, tanto en cultivo como en producción industrial, presenta un riesgo de contaminación de los acuíferos, lo que en Ecuador es un problema de gran magnitud. En lo que respecta a la alimentación, cabe señalar que Ecuador no es autosuficiente ni en maíz ni en trigo, que son dos de los tres productos de origen vegetal más consumidos, lo que representa un riesgo para la soberanía alimentaria. Pese a ello, el etanol es el noveno producto con mayor cantidad de tierra apta para la agricultura y el séptimo con mayor superficie

irrigada en este país. En 2019, el déficit de maíz duro se podría haber cubierto con las superficies dedicadas al cultivo de etanol. Además, los biocombustibles que tienen el objetivo de reducir la dependencia del combustible importado profundizan la dependencia existente de los fertilizantes foráneos.

El objetivo declarado de reforzar la seguridad energética con el uso de biocombustibles se ha cumplido escasamente. El porcentaje del consumo de etanol respecto de la gasolina fue menor del 2 %, lo que rápidamente se vio eclipsado por un crecimiento del 5 % en el consumo procedente de un sector automovilístico derrochador. La producción de etanol implica el consumo de diésel, la mayor parte del cual se importa. Las experiencias en otros países sugirieron que las políticas de eficiencia energética aplicadas al transporte pueden lograr ahorros de combustible que reducen significativamente los volúmenes de importación. Sin embargo, estas acciones no se han implementado, probablemente por el bajo interés político que generan.

Muchos países latinoamericanos de clima tropical y altamente dependientes de las importaciones de derivados del petróleo han implementado políticas de fomento de los biocombustibles, motivadas también por los sectores agroindustriales. Esto podría representar un riesgo a corto y mediano plazo para la seguridad alimentaria y para el ecosistema. Para fortalecer la soberanía energética es necesario que las diferentes políticas que se elijan tengan una visión holística y combinen estrategias como mejoras tecnológicas, cambios en el comportamiento de los usuarios, mejoras en el transporte público, entre otras.

En la región latinoamericana hay evidencia de pérdida de áreas naturales y de contaminación de suelos y aguas. Las políticas de fomento de los biocombustibles podrían agravar esta situación, que se opone al desarrollo sostenible.

#### **5.4 Análisis del transporte agroalimentario en Ecuador ante una posible reducción del subsidio al diésel**

Este tema fue desarrollado en el artículo titulado: *Analysis of agro-food transport in Ecuador faced with a possible reduction in the subsidy of diesel* (Terneus y Viteri, 2020). A continuación, se presenta un resumen. El objetivo de este subcapítulo es analizar el transporte de alimentos en el Ecuador ante una posible reducción del subsidio al diésel, teniendo en cuenta como caso de estudio la EP-MMQ, con el fin de identificar lineamientos para la formulación de estrategias ante una reducción en el subsidio a este combustible. A continuación, se presenta el transporte de agroalimentos al Mercado Mayorista de Quito, luego se presenta la metodología utilizada,

se discuten los resultados y finalmente se presentan unas conclusiones e implicaciones en políticas públicas.

### **Transporte de agroalimentos al Mercado Mayorista de Quito**

El transporte de mercancías por carretera, que utiliza principalmente diésel, representa una quinta parte del consumo mundial de petróleo. Aunque las políticas públicas en este ámbito son más recientes que para los vehículos de pasajeros, ofrecen un gran potencial de mejora a nivel regional y global. En ALC, el transporte de carga por carretera predomina en un 70 %, generando un aumento en el consumo de energía debido al crecimiento del sector. El número de kilómetros recorridos por vehículo casi se ha duplicado entre 2000 y 2015, resaltando la necesidad de contar con estrategias para optimizar la eficiencia energética en este campo (Barbero y Guerrero, 2017; IEA, 2017a; Villalobos y Wilmsmeier, 2016).

En Ecuador, el transporte de carga es el mayor consumidor de energía, que representa el 6 % del parque vehicular, pero consume la mitad de la energía del sector. El INER (2017) destaca la importancia de estudiar las cadenas logísticas para proponer políticas de uso eficiente de energía. Tras un crecimiento económico impulsado por altos precios de materias primas, Ecuador realizó inversiones en infraestructura y política social, generando una economía en expansión y clase media. Sin embargo, el colapso del precio del petróleo en 2014 afectó las finanzas públicas, lo que obligó a revisar políticas. Este escenario resalta la necesidad de ajustes para sostener el desarrollo económico (Díaz - Cassou, 2018)

Desde que Ecuador se convirtió en exportador de petróleo en 1972, ha mantenido subsidios a los derivados de hidrocarburos. La IEA (2014) define estos subsidios como acciones gubernamentales para reducir el precio de la energía, generando discusiones mundiales por su costo fiscal, distorsiones en el mercado y efectos ambientales negativos. Estudios de instituciones como el Banco Mundial, OLADE y CEPAL (Hernandez y Antón, 2014; Roca et al., 2007; World Bank, 2008), han analizado el subsidio en Ecuador, que entre 2007 y 2016 sumó USD 53,900 millones y superó el 6 % del PIB entre 2013 y 2014. Aunque la Constitución de 2008 los contempla como medio de redistribución de la riqueza, evidencia más bien que aumentan la desigualdad (Coady et al., 2012; S. Espinoza y Guayanlema, 2017).

El transporte de mercancías, principalmente impulsado por diésel, recibe fuertes subsidios. Ecuador fija precios de diésel desde 2005, situándolo entre los más baratos del mundo (GlobalPetrolPrices, 2019). En abril de 2019, el precio era de USD 0.27 USD/litro, comparado con USD 0.71 y USD 0.98 en Colombia y Perú. Según normativas del INEN (2012), existen

diferentes tipos de diésel, destacando el diésel Premium con bajo contenido de azufre, una de las normativas más estrictas en América Latina (Viscidi y O'Connor, 2017). Aunque Ecuador produce parte de su diésel, su capacidad de refinación no cubre la demanda interna. En 2018 solo produjo el 29 % del diésel Premium consumido (Guayanlema et al., 2017; PetroEcuador, 2019b).

El 3 de octubre de 2019, el Gobierno del Ecuador emitió el Decreto 883 que hizo posible la eliminación del subsidio a los combustibles. Sin embargo, días después se vio obligado a derogarlo debido a las fuertes protestas sociales que se generaron. La reducción de la subvención al diésel es un tema sensible por el efecto que podría tener en los alimentos (Puig Ventosa et al., 2018). La relación entre el precio de los alimentos, la energía y otros sugiere un desafío complejo (World Bank, 2008).

Según Bitar (2016), en América Latina, el crecimiento demográfico y la demanda de la clase media harán que en las próximas décadas el consumo de alimentos, agua y energía se expanda rápidamente; lo que podría desencadenar estallidos sociales.

En Ecuador, en 2017 hubo una disponibilidad de 7.7 millones de toneladas de alimentos, de las cuales 1.2 millones fueron importadas (MAGAP, 2019b). Esto implica que el 85 % de estos alimentos no procesados forman parte de una cadena agroalimentaria. Juega un papel fundamental en la seguridad alimentaria de las ciudades; revitaliza el sector agrícola y rural muy exigente en mano de obra, con el 25 % del total en 2013 (Vicepresidencia de la República, 2015). La ciudad de Quito se abastece principalmente de tres sectores. Desde las plazas mayoristas de Ambato, que es de importancia intrarregional; de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas (en adelante Santo Domingo), que funciona como puerto de productos costeros, especialmente frutas; y del Carchi, que centraliza su propia producción de tubérculos y las importaciones fronterizas formales e informales desde Colombia (MDMQ, 2019).

Existen centros comerciales mayoristas, que reciben el producto alimenticio y lo canalizan hacia otros establecimientos que ofrecen el producto directamente a los consumidores finales (Hollenstein, 2019). El mercado mayorista más importante de la región interandina es la empresa pública Mercado Mayorista de Quito (en adelante EP-MMQ<sup>7</sup>), que abastece el 65 % de la demanda interna (EP-MMQ, 2013). Promueve la integración entre los diferentes actores de la cadena agroalimentaria, facilitando los procesos de acopio y comercialización de productos alimenticios. El transporte influye decisivamente, con el traslado de productos altamente perecederos a grandes distancias en el momento adecuado y con la apariencia deseada (FAO, 2008).

## Metodología

Este tema se divide en cuatro partes. En la primera parte se presenta la importancia y ubicación del caso de estudio – la EP-MMQ -; en la segunda se identifican los tipos de agroalimentos que se consideraron en el estudio y su importancia relativa dentro de la dieta del ecuatoriano; en la tercera se presenta la encuesta realizada, sus preguntas y características y, finalmente, en la cuarta parte se detalla la forma de cálculo de los indicadores de eficiencia energética utilizados en el análisis.

La EP-MMQ es una entidad que, desde 1981, se dedica al acopio y traslado de alimentos frescos, cuyo mecanismo de venta se centra en el comercio al por mayor. Se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, al sur de Quito, sobre la avenida Teniente Hugo Ortiz y Ayapamba, en un área de 21 ha (EP-MMQ, 2013).

En esta investigación se consideran los siguientes productos: papa, plátano verde, tomate, cebolla, naranja, tomate de árbol, maíz, fréjol y banana. Estos forman parte de los 29 productos reflejados en la HBA del 2017. Estos representan el 20 % del consumo total. Adicionalmente, se tiene registro de frutas tropicales como limón, mandarina, papaya, piña, legumbres como guisantes y vegetales como los pimientos.

Considerando la escasa información y estadísticas del sector transporte (INER, 2017) y, dentro de este, el de alimentos, se aplica una encuesta como instrumento, así como lo han hecho otros autores (Fukuda et al., 2013; Schoettle et al., 2016; Weerasekera y Amarasingha, 2017). Se realiza una recolección de datos en la EP-MMQ en el primer semestre del año 2019.

La encuesta, fue aplicada a los choferes de los camiones que ingresaron a la EP-MMQ entre los meses de febrero a mayo, en el horario de mayor flujo de vehículos de transporte, que es de 08:00 p.m. a 01:00 a.m., en los días de la feria que son los martes, viernes y sábados, obteniendo 1,119 registros de camiones y productos. Los datos solicitados a los conductores que ingresaron al mercado fueron los siguientes: producto que transportaban, origen, monto y gasto en combustible en el viaje de ida y vuelta. El entrevistador registró la matrícula del vehículo.

También se utilizaron datos e información de instituciones públicas y privadas, como la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), base de datos proporcionada por la Agencia de Metropolitana de Tránsito de Quito (AMT), datos abiertos del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), y la información proporcionada por el Servicio de Rentas Internas (SRI).

A partir de los datos obtenidos de la encuesta y otras bases de datos oficiales, el análisis se divide en términos de indicadores de eficiencia energética en el transporte, como la actividad de transporte de mercancías (tkm), el consumo de combustible (l/km) y la intensidad energética (l/tkm) (Kamakaté y Schipper, 2009; Pretty et al., 2005). Con los datos válidos, se obtuvo la mediana del consumo de combustible para cada tipo de modelo de camión. Con estos datos se logró una relación con su respectivo peso bruto vehicular.

## **Resultados y discusión**

En el Ecuador no existe una clasificación vehicular común entre los organismos gubernamentales relacionados con el transporte, como el Instituto Nacional de Estadística y Censo del Ecuador (INEC), el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y la agencia tributaria (SRI) (Ortega, 2014). En esta investigación se utilizará la normatividad del MTO (2016), que expide las normas de aplicación para el control del peso y dimensiones de los vehículos de carga pesada, y los define como aquellos cuyo peso bruto vehicular (PBV) supera las 3.5 toneladas.

Además, se observa que incluso en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV), se utilizan mal los términos técnicos como sinónimos: capacidad de carga y PBV. La norma técnica NTE INEN 2656 (2016) los define de la siguiente manera: la capacidad de carga es la carga máxima para la cual fue diseñado el vehículo y el peso bruto vehicular es la suma total del peso en vacío más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

Según los datos recabados en esta investigación existen 25 fabricantes de camiones, de los cuales HINO tiene el 69 % y Chevrolet el 22 %. Veinte modelos representan el 80 % del total de vehículos encuestados. Los vehículos más grandes encontrados en esta investigación son los camiones tipo 2DB y 3A que transportan papa, plátano verde, piña, papaya y arveja. Por otro lado, los productos de durazno, mandarina, cebolla, tomate y naranjilla son los que menos utilizan vehículos de gran capacidad.

El año promedio de fabricación de los vehículos es 2009. Esta información es bastante similar a la que se obtiene de la base de datos abierta del INEC que muestra el año 2008. Esto significa que los camiones en Ecuador son más nuevos que los de ALC cuyo promedio, es de 15 años (Barbero y Guerrero, 2017). A pesar de esto, la edad promedio del parque de vehículos puede ser menor debido a los rápidos aumentos de las ventas anuales a lo largo

del tiempo. A partir de 2000, la venta de camiones experimentó un crecimiento sostenido hasta 2014, que fue casi ocho veces mayor (AEADE, 2019).

El parque vehicular de camiones que transportan agroalimentos a la EP-MMQ se encuentra dentro del ciclo de vida de 4 a 10 años recomendado por Villalobos (2010), de acuerdo con los estándares de desempeño que son constantemente actualizados con nuevas tecnologías. Sin embargo, la resolución 111-DIR-2014 establece que la vida útil de un camión pesado es de 32 años, la cual es alto en la región (Umaña, 2014), lo que significa que continúan circulando significativamente lejos de su punto óptimo, lo que conduce a un alto consumo de combustible y altos costos de mantenimiento (Villalobos, 2010). El INER (2017), ha identificado un alto número de inconsistencias en las vidas útiles y matriculaciones de los vehículos de transporte de carga.

Los camiones más nuevos son preferentemente de la provincia de Imbabura y transportan cebolla, naranjilla, tomate de árbol, mandarina, tomate, pimiento y arveja. Por otro lado, los vehículos más antiguos son de la provincia de Santo Domingo y transportan plátano, papaya, naranja, durazno y piña.

Con respecto a la distancia recorrida, el 85 % de los vehículos de transporte que llegan a la EP-MMQ provienen principalmente de Carchi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo y Tungurahua. La mediana de la distancia recorrida por los camiones entre el lugar de origen y el mercado es de 176 km. De los productos seleccionados, los que más viajan son el limón y la papaya, con 354 y 257 km, respectivamente.

La medición nacional de indicadores de tránsito en el Ecuador es dispersa y no sistemática. Un dato simple pero importante para el análisis de las estadísticas de transporte son los kilómetros anuales recorridos por los vehículos (OECD/IEA, 2016). Con esta información se pueden obtener indicadores energéticos que son esenciales para el análisis del sector transporte en general (Cevallos Sierra, 2016). Estos datos se pueden recoger en la matriculación o en la revisión mecánica del vehículo de una forma muy económica.

Únicamente se utilizaron los datos proporcionados por la AMT para obtener la distancia recorrida anualmente por los camiones que ingresan al mercado. En esta base de datos, con la identificación de placas, se pudo obtener los kilómetros recorridos en los años 2015, 2016, 2017 y 2018 de solo 165 vehículos. La mediana de los kilómetros recorridos fue de 31,853 (km/año).

La carga tiene que ver con la capacidad del camión. Destacan la papa y el fréjol, que presentan entre 10 y 11 toneladas. Limón, papaya, naranja, plátano, plátano verde, manzana, maíz, en promedio 5 toneladas. En algunos casos, esto resultó ser mayor que la capacidad

de carga máxima del vehículo, lo que afecta la infraestructura de la carretera. Lamentablemente, la verificación del pesaje de los vehículos de carga es ocasional y revela graves deficiencias (Haro Cobo y Sánchez Chasiquiza, 2018).

La mediana del consumo de combustible fue de USD 30, lo que equivale a 30 galones de diésel, considerando el precio oficial de USD 1,037 /galón, que se mantiene sin cambios desde 2005 (Reglamento de regulación de precios derivados del petróleo, 2005). Los litros de diésel consumidos por la distancia recorrida, proporciona el consumo de combustible del vehículo.

Considerando la cantidad de modelos de camiones, de diferentes años de fabricación y con diferentes cargas, se comprende la variabilidad del consumo de combustible. Aunque los camiones pesados consumen mucho más combustible en promedio por kilómetro recorrido que los camiones más pequeños, esto no significa necesariamente que representen una forma menos eficiente de transportar carga.

Los valores obtenidos en esta investigación son superiores al promedio global. Ecuador está rezagado en la región en términos de regulaciones para vehículos pesados. Exige la normativa de la Unión Europea, la EURO II que regula las emisiones, sin embargo, sería deseable su eficiencia operativa (Viscidi y O'Connor, 2017).

Cabe mencionar que las características geográficas, la infraestructura vial, la edad promedio de los vehículos, las regulaciones de cada país, entre otras, pueden hacer que el consumo promedio específico de combustible sea completamente diferente (IEA, 2017a).

Una de las formas más obvias de reducir el consumo de combustible en el transporte terrestre de mercancías es disminuir la velocidad del camión. Una reducción de la velocidad de 15 (km/h) implica una reducción del 7 % en combustible (Hubenthal, 2010; IEA, 2017b; Villalobos, 2010). Lamentablemente, como menciona Izurieta (2013), en Ecuador el exceso de velocidad es una característica del transporte de carga pesada debido a un pobre control gubernamental sobre los límites de velocidad y el bajo costo del combustible.

Con respecto a la actividad de transporte de mercancías, la unidad de medida es la tonelada-kilómetro (tkm), que representa el transporte de una tonelada de mercancías en un transporte determinado a lo largo de una distancia de un kilómetro (OECD/IEA, 2016). La papa -con 2,821tkm- es el producto que tiene mayor actividad, mientras la cebolla presenta la menor con 404 tkm.

La intensidad energética es el consumo de combustible por unidad de actividad de transporte de carga (l/tkm), que a nivel nacional y regional en promedio varía entre aproximadamente 4 (l/100tkm) a 6 (l/100tkm) (IEA, 2017a). En esta investigación se encontró una mediana de



15 (l/100tkm). Este indicador es el resultado de una interacción entre la eficiencia de los vehículos y la tasa de utilización de la capacidad. Sin embargo, la intensidad energética general se vio más influenciada por este último (IEA, 2014). La mayor intensidad energética presenta la mandarina -con 21 l/tkm-, mientras la menor la presenta las arvejas con 6 l/tkm. Las papas y las arvejas tienen la intensidad energética más baja debido a una flota de camiones grandes y una buena tasa de utilización de la capacidad. La flota de transporte que mueve productos de la provincia de Imbabura, -como mandarina, tomate, durazno, tomate de árbol, pimiento y naranjilla-, generalmente tiene una intensidad energética mayor que los vehículos con productos de Santo Domingo como naranja, plátano verde, piña y banana.

Según Kamakaté (2009), una estrategia logística mínima permitiría lograr importantes ahorros de combustible, al mejorar el ajuste de la carga, seleccionar el vehículo adecuado según la distancia y minimizar los viajes en vacío. Sin embargo, hay varios factores opuestos. Por un lado, el bajo precio del combustible desincentiva la aplicación de medidas de eficiencia energética (McKitrick, 2017); por otro lado, existe la presencia de micro operadores de transporte pesado (Guasch, 2011; La Hora, 2018), muchos de los cuales trabajan de manera informal (Seminario, 2018).

Según la base de datos de la ANT, el 37 % de los camiones encuestados están clasificados como privados. Esto contrasta con el tipo de actividad que desarrollan, considerando que el art. 58.1 de la LOTTTSV, define transporte privado como aquel que satisface las necesidades del propietario sin ánimo de lucro.

Según Campos (2019), Ecuador, dentro de la Comunidad Andina, tiene el mayor número de camiones por cada cien mil habitantes. Una sobreoferta de vehículos de transporte pesado provoca deterioro del servicio, tarifas por debajo de costos y viajes vacíos (Barbero y Guerrero, 2017). En opinión de Ortega (2014), el estudio de viabilidad técnica, requisito previo para la entrega de un certificado habilitante en el transporte de carga pesada, no presenta una relación entre oferta y demanda como lo determina el art. 73 del reglamento de la LOTTTSV.

El costo del transporte de los productos agroalimentarios a la EP-MMQ depende de la intensidad energética y de la distancia que recorren. El hecho de que los camiones con mayor peso bruto vehicular sean destinados a recorridos más largos tiene sentido en las prácticas logísticas (Holguín-Veras et al., 2013; Ozen y Tuydes-Yaman, 2013). Sin embargo, es importante enfatizar que la distancia no es el único parámetro, ya que los requerimientos energéticos también dependen del tipo de transporte, la tasa de utilización de la capacidad y otros (IEA, 2017a).

El limón y la papaya tienen el mayor costo de transporte (USD 11/t) y (USD 10/t), respectivamente, debido a las grandes distancias que recorren (354 km) y (213 km), en cada caso, principalmente desde la provincia de Manabí. Cabe mencionar que las papas y las alverjas, también recorren largas distancias, sin embargo, tienen costos más bajos, entre USD 4/t y USD 5/t, debido a su menor intensidad energética.

Mandarina, tomate, durazno, tomate de árbol, naranjilla y pimiento, son algunos productos que provienen principalmente de la provincia de Imbabura, tienen costos elevados que varían entre USD 7 USD/t y USD 10 USD/t, debido a que tienen una mayor intensidad energética entre todos los productos.

Por su parte, el plátano verde, la piña y el banano, que son algunos productos provenientes de Santo Domingo, mantienen costos relativamente bajos que varían entre USD 4/t y USD 6/t. Los productos de fréjol, maíz y cebolla provienen principalmente de Tungurahua y Pichincha, sus costos varían entre USD 7/t y USD 4/t.

El porcentaje medio del costo del combustible respecto al producto es del 1.2 %. En tanto, suponiendo que se elimina el subsidio a los combustibles, y el precio del diésel pasara a costar USD 2.27 USD/galón, el porcentaje medio de aumento de precio del producto sería del 1.6 %. El producto papaya -con 5.8 %- presenta el mayor incremento, mientras el fréjol, -con 0.4 %- el menor. Se verifica que aquellos productos cuyo costo de transporte sea mayor, presentarían un mayor incremento en su precio ante una posible disminución del subsidio, como papaya, naranja, mandarina y tomate. El caso contrario ocurre con productos como la papa, la piña, el plátano verde, el guisante y el fréjol.

Según lo informado por Coady (2012), para un aumento de USD 0.25 dólares por litro de combustible, el aumento del precio de los alimentos sería del 0.03 %. Según Schwartz (2009), el costo indirecto de los alimentos en ALC, debido al transporte terrestre, se debe en gran medida a la poca regulación del sector y no al precio del combustible.

### **Conclusiones y propuesta de políticas**

Este análisis, tomando como caso de estudio el mercado EP-MMQ, a partir de una encuesta aplicada a los choferes de los camiones, a pesar de la incertidumbre, permite identificar las características del sector de transporte agroalimentario. Esto es fundamental para mejorar sus conocimientos y diseñar políticas con mayor precisión, en caso de que se aplique la reducción del subsidio al diésel, que es el combustible más utilizado en la cadena agroalimentaria.

Del total de camiones encuestados, el 91 % se concentra en dos empresas de camiones y el 44 % en cuatro modelos. Esto facilita la adopción de normas en conjunto con empresas privadas, para establecer rangos de consumo de combustible, tanto para vehículos nuevos como usados. El año promedio de fabricación de los vehículos es 2009. En general los vehículos nuevos provienen de la provincia de Imbabura y los más antiguos de Santo Domingo.

La mediana del consumo de combustible y la intensidad energética, de los camiones que llegan con productos a la EP-MMQ, son de 31 (l/100 km) y 15 (l/100tkm), respectivamente. Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, el consumo de combustible y la intensidad energética son mayores en comparación con los valores promedio internacionales. El porcentaje medio del coste del combustible, con respecto al precio del producto, es del 1.2 %. En tanto, suponiendo que se eliminara el subsidio a los combustibles, y el precio del diésel pasara a costar USD 2.27 USD/galón; el porcentaje medio de aumento de precio del producto sería del 1.6 %.

Los mayores costes de transporte se dan en aquellos productos que recorren largas distancias y tienen altas intensidades energéticas. Sin embargo, vale la pena mencionar que el transporte de papas y alverjas -que se caracteriza por tener un alto índice de utilización de capacidad y porque la flota que lo transporta es de gran capacidad-, tienen bajos costos de combustible. Una estructura logística mínima que maximice la utilización de los vehículos permitiría importantes ahorros de combustible.

En esta investigación se han encontrado elementos estructurales que afectan el transporte en general. El primero tiene que ver con una falta de coordinación entre organismos estatales para algo elemental, como es tener la misma clasificación vehicular. El segundo, con una base de datos de la ANT que tiene algunas inconsistencias. En tercer lugar, el escaso y laxo control de las autoridades sobre el peso transportado y la velocidad, lo que finalmente se traduce en un aumento del consumo de combustible. En cuarto lugar, la masificación de los camiones, que repercute en un alto porcentaje de viajes vacíos. Y, por último, un precio del combustible extremadamente bajo que desalienta cualquier medida de eficiencia energética. Este estudio de caso nos permite plantear la siguiente hipótesis: La debilidad institucional reflejada en la poca y deficiente regulación sobre el sector transporte, la baja calidad y la falta de sistematización de los datos, y los controles laxos por parte de las autoridades respectivas hacen que el sector agroalimentario sea más susceptible a una eventual disminución del subsidio al diésel.

Si se considera que los agro alimentos son una de las principales mercancías que se mueven

en el Ecuador, de su transporte depende la disponibilidad de alimentos frescos y nutritivos para las ciudades. Por su importancia e implicaciones, se recomienda establecer mecanismos de medición de la actividad para establecer una evaluación sólida de la situación. Esto a su vez es importante para aplicar medidas de eficiencia energética al uso de combustible y evaluar su progreso.

## 5.5 Hidroenergía

El objetivo de este subcapítulo es el de analizar el ámbito de la hidroenergía como una interrelación prioritaria del nexo WEF en el Ecuador. La energía hidroeléctrica es una fuente económica, limpia, soberana y renovable de producción de energía y ha constituido el 75 % de la producción eléctrica, entre 2017 y 2022 (Ministerio de Energía y Minas, 2023). Según el Plan Maestro de Electricidad 2016-2025 (MEER, 2017b), Ecuador tiene un potencial económicamente viable de 22 GW, de los cuales solo tiene instalados 5.1 GW (MEM, 2022). Las centrales hidroeléctricas que aportan con una energía de más de 50 MW construidas desde el año 2007 en orden de antigüedad se visualizan en la Tabla 28. Aquí se puede identificar que, excepto Mazar, son del subtipo de pasada, que significa un menor impacto ambiental.

**Tabla 28.** Centrales hidroeléctricas del Ecuador mayores a 50 MW, construidas después de 2000

Central	Inicio de operación	Provincia	Río	Potencia nominal [MW]	Subtipo
San Francisco	2007	Tungurahua	Pastaza	230	Pasada
Mazar	2010	Azuay y Cañar	Paute	170	Embalse
Manduriacu	2015	Pichincha e Imbabura	Guayllabamba	63.36	Pasada
Hidrosanbartolo	2015	Morona Santiago	Negro	49.98	Pasada
Coca Sinclair	2016	Napo y Sucumbíos	Quijos y Salado	1,500	Pasada
Paute-Sopladora	2016	Azuay y Morona Santiago	Paute	287	Pasada
Minas Francisco	2018	Azuay y El Oro	Jubones	270	Pasada

Delsitanisagua	2018	Zamora Chinchipe	Zamora	180	Pasada
Due	2017	Sucumbíos	Due	50	Pasada
Hidronormandía	2018	Morona Santiago	Upano	49.58	Pasada

Elaboración propia a partir de información de (MEM, 2022, 2023).

La base de datos Sielac (2023) revela que Ecuador ha aprovechado el 23 % de su capacidad hidroeléctrica, superando el promedio regional andino del 16 %. El Plan Maestro de Electricidad 2016-2025 destaca varios proyectos para expandir la generación hidroeléctrica, con especial énfasis en el proyecto Paute Cardenillo en el cantón Méndez, con 596 MW de capacidad, y el proyecto Santiago en la provincia de Morona Santiago, planeado en cuatro fases con 600 MW cada una (MEER, 2017b).

Sin embargo, el cambio climático que se evidencia en el aumento de las temperaturas, patrones fluctuantes de precipitaciones y el derretimiento de glaciares en Antisana, Cotopaxi, Chimborazo, Cayambe y Cotacachi pueden impactar negativamente la generación hidroeléctrica al aumentar la variabilidad de los flujos estacionales (Carvajal et al., 2019; Gallegos Castro et al., 2018; García-Garizábal et al., 2017; Jesús Peñil et al., 2020; La Frenierre y Mark, 2017; Mancinati et al., 2014; Rhoades, 2008; Valderrama Chávez et al., 2021). Estudios, como el realizado por Hasan y Wyseure (2018) en el río Jubones, sugieren que el cambio climático podría alterar los caudales estacionales y el potencial hidroeléctrico.

Proyecciones climáticas para Ecuador, según Samaniego et al. (2013), indican un posible aumento de temperatura de hasta 3 °C y un incremento de 5.5 mm/día en la precipitación a nivel nacional para finales de siglo. A pesar de esto, la IEA (2022c) y Peñil et al. (2020) proyectan un aumento en el factor de capacidad hidroeléctrica para la subregión andina. En contraste, Zaballa et al. (2017) anticipan una reducción del 5 % en el potencial hidroeléctrico para la misma subregión, estos resultados muestran la complejidad y las variaciones en las proyecciones climáticas y su impacto en la generación hidroeléctrica en esta región. Los proyectos hidroeléctricos, tienen un consumo de agua no consuntivo del 81 % del total del caudal autorizado (Senagua, 2017a).

El Observatorio de Conflictos Socio ambientales del Ecuador reporta el proyecto de creación de una central hidroeléctrica sobre la cuenca de gran biodiversidad del río Piatúa, que pertenece al corredor ecológico Llanganates-Sangay, ubicado en la provincia de Pastaza (S. Morán, 2019). Este cuerpo de agua es utilizado con fines turísticos a través de un balneario y es un espacio

donde la comunidad se desenvuelve y con el cual tienen una relación espiritual especial (Villa, 2022). Los habitantes del cantón Santa Clara, en su oposición al proyecto argumentaban lo siguiente: i) nunca se realizó la consulta previa sobre el proyecto hidroeléctrico ni del estudio de impacto ambiental (Paz, 2019); ii) violaba algunos derechos como son: a la identidad cultural, al trabajo, a la salud, al agua, a la soberanía alimentaria, a un medioambiente sano, respeto integral de la existencia de la naturaleza y regeneración de sus ciclos vitales, estructura y procesos evolutivos (Velázquez, 2020); iii) el interés de la empresa constructora era brindar energía a actividades mineras y que con el fin de ingresar a sus territorios se ofrecen suplir necesidades como acceso a servicios básicos, a escuelas y centros de salud (Villa, 2022); iv) la licencia ambiental menciona una baja sensibilidad, sin embargo, se desconoció su biodiversidad, la riqueza biótica, florística (Patiño et al., 2015), ictiológica y de presencia de anfibios; v) no existen estudios de probabilidad de aluviones (Paz, 2019).

El 2019 se interpuso una acción de protección por la violación de los derechos colectivos del pueblo kichwa de Santa Clara y la vulneración de los derechos de la naturaleza del río Piatúa. La Corte Provincial de Pastaza aceptó la acción y declaró la vulneración de los derechos de las comunidades y del río. Como medida de reparación integral, suspendió el proyecto hidroeléctrico en Piatúa, y retiró la autorización del uso y beneficio del caudal rivereño. A la vez, revocó la licencia ambiental autorizada por el Ministerio del Ambiente para el desarrollo del proyecto hidroeléctrico (Sentencia segunda instancia, 2019).

## **5.6 Hidrocarburos**

Este subcapítulo está destinado a analizar a la explotación de petróleo como un ámbito de prioritario de interrelación de los recursos de agua y energía, en la explotación de petróleo. El petróleo, desde 1972, desempeña un papel crucial en la economía ecuatoriana y ha sido históricamente una de las principales fuentes de ingresos para el país. En 2021 representó el 28 % de las exportaciones (Cepal, 2023).

Según Parra et al. (2020), el consumo energético de la explotación de petróleo en 2018, fue de 58 PJ para generación de energía eléctrica y 5 PJ para energía mecánica. Esto representa alrededor del 12 % del consumo energético nacional. Según el mismo autor, el consumo de agua de la industria petrolera fue alrededor de 6 hm<sup>3</sup>, lo que equivale a alrededor del 1 % de las autorizaciones a nivel nacional.

Según Ochoa et al. (2021) y Parra et al. (2020), el Ecuador tiene actualmente una proporción de agua de formación (conocida como BSW, por sus siglas en inglés); de un 80 %, lo que

significa que produce más agua que petróleo. El volumen estimado de BSW por unidad de suministro de petróleo a nivel nacional casi se duplicó de 2005 a 2018 y aumentó treinta veces de 1975 a 2018. Según el Decreto 1215, desde 2001, la disposición final de BSW es la reinyección en formaciones subterráneas, sin embargo, aún no está claro hasta qué punto se aplican estas regulaciones (Maurice et al., 2019).

El BSW puede contener sustancias como hidrocarburos, sólidos disueltos, metales pesados, alta concentración de sales y gases (Stewart y Arnold, 2011), por lo tanto, puede ser altamente tóxica para la salud humana y el medio ambiente (Ochoa-Caballero y Rivera-Parra, 2021; San Sebastián y Karin Hurtig, 2004). Por medio de los ríos que atraviesan la región pueden llegar a zonas habitadas más allá de los campos petroleros (Lessmann et al., 2016), y los derrames de BSW son menos evidentes y la comunidad los concibe como menos peligrosos, lo que supone un riesgo adicional (Becerra et al., 2013; Maurice et al., 2019). En un ambiente precario, la presencia de contaminantes puede llegar a las aguas superficiales, así como a las aguas subterráneas, poniendo de relieve una grave preocupación de salud para las poblaciones locales (Maurice et al., 2019).

La explotación petrolera ha tenido y sigue teniendo impactos socio ambientales claramente identificados (De la Bastida y Shapiro, 2009; Fontaine, 2004; Larrea et al., 2012). Según varios autores (Hurtig y San Sebastián, 2002; Hurtig y Sebastián, 2004; San Sebastian, 2001; San Sebastián y Karin Hurtig, 2004), residentes de áreas petroleras han expresado preocupaciones sobre la contaminación relacionadas con el desarrollo petrolero, entre los que se incluye problemas de salud y afectaciones a la vida acuática en arroyos y ríos utilizados para beber y bañarse. Estudios sugieren que estas comunidades enfrentan mayores tasas de morbilidad y mortalidad, enfermedades de la piel, aumento en el riesgo de abortos espontáneos, exceso de casos de cáncer, entre otros.

Maurice et al. (2019), en un estudio realizado cerca de campos petroleros, encontró en las corrientes de agua compuestos químicos en cantidades superiores a las establecidas, como manganeso, zinc y aluminio, así como tolueno en cantidades superiores a las naturales en pozos de aguas profundas. Este autor concluye que los riesgos para la salud debidos a la exposición al agua potable podrían verse más afectados por las condiciones de vida precarias que por las actividades petroleras en la región amazónica ecuatoriana.

Naranjo et al. (2015) encontró que las actividades petroleras desarrolladas en el Campo Libertador y que están próximas al río Aguarico contribuyen a incrementar las concentraciones de sodio y manganeso, lo cual puede estar asociado con el vertimiento de aguas de formación. No menciona que esto pueda causar riesgo a la salud.

Coronel et al. (2020) indica que en encuestas epidemiológicas la explotación de petróleo se asocia con problemas de salud en las poblaciones aledañas; sin embargo, menciona que la bibliografía no proporciona relaciones causales suficientes.

Barraza et al. (2018), en un estudio realizado en suelos, cultivos, agua potable y aire, encontró altos contenidos de bario y manganeso en cultivos específicos, y bario y molibdeno en partículas atmosféricas, estos dos últimos componentes se los relaciona directamente con las emisiones de petróleo. Este autor indica que los índices de cociente de peligros y riesgo de cáncer superan los valores recomendados por la EPA de EE.UU., sin embargo, señala que habría que considerar otros factores sociales.

Se pueden identificar cuatro etapas en la explotación petrolera en el Oriente ecuatoriano. La primera, desde 1967 a 1992, a la que Juteau-Martineau (2014), llama la etapa Texaco, en que un gobierno militar nacionalista pero económicamente débil, se vio obligado a depositar la extracción en una empresa como Texaco, pero también, incluso, la gobernanza local. Se externalizaron todos los costos socio ambientales, sin importar los efectos colaterales. Durante este periodo, las aguas de formación fueron liberadas directamente al medio ambiente, en bosques y ríos (Buccina et al., 2013; Quiñónez, 2000), sin embargo, existió una relativa calma debido a la presencia de los militares en los complejos petroleros.

La segunda etapa se ubica desde 1990 a 2000; para ese momento, las condiciones de pobreza en el Oriente eran peores que a nivel nacional y se conocían ya su estela de contaminación. Las comunidades se encontraban alertas y organizadas frente a la expansión de la frontera petrolera y se produce resistencia de parte de los pobladores que luchaban por sus derechos (Martínez et al., 2016).

En 1993, Texaco fue demandada por ciudadanos ecuatorianos habitantes de las zonas de influencia, en un tribunal de la ciudad de Nueva York. Se alegó que la explotación petrolera causó daños significativos al medio ambiente y a la salud de las comunidades locales. En 2011, un tribunal ecuatoriano ordenó a Chevron, que había adquirido Texaco, a pagar una indemnización multimillonaria por los daños ambientales. Sin embargo, Chevron no aceptó la responsabilidad y argumentó que Texaco ya había limpiado la mayoría de los sitios contaminados, según un acuerdo con el Gobierno ecuatoriano en 1998. Posteriormente, Chevron llevó el caso a tribunales internacionales y alegó que el juicio ecuatoriano fue fraudulento. En 2018, la Corte Permanente de Arbitraje de La Haya, falló a favor de Chevron, dictaminando que Ecuador violó su obligación de garantizar justicia equitativa en el caso original (Arbitraje TBI, 2018; Buccina et al., 2013; Martínez et al., 2016; Ministerio de



Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, 2015).

En 1996, en la provincia amazónica de Pastaza, el Estado ecuatoriano, da en concesión para la exploración y explotación de hidrocarburos, en el denominado Bloque 23, gran parte del territorio del pueblo indígena kichwa de Sarayaku, a la empresa petrolera CGC de origen argentino. En 2002, la empresa entró en el territorio con custodia militar para realizar perforaciones. La comunidad Sarayaku interpuso medidas ante la Corte Internacional de Derechos Humanos (CIDH), argumentando que el Gobierno ecuatoriano otorgó ilegalmente concesiones petroleras en su tierra sin consultar adecuadamente a los habitantes locales, violando así sus derechos. La CIDH respaldó la posición de Sarayaku, estableciendo un importante precedente sobre el derecho a la consulta de los pueblos indígenas antes de la implementación de proyectos que afecten sus tierras. En 2012, la Corte Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) emitió una sentencia a favor del pueblo kichwa de Sarayaku contra el Estado ecuatoriano. La demanda se centró en la violación de los derechos del pueblo indígena a la consulta previa e informada sobre la explotación petrolera en su territorio ancestral (Mora Ramírez, 2019; Ramírez-Cendrero et al., 2017).

En la tercera etapa, se radicalizan las protestas. El caso Dayuma de 2007, ilustra la compleja interacción entre los intereses gubernamentales, la explotación petrolera y los derechos de las comunidades indígenas. Las comunidades, ante la falta de respuestas a sus demandas de mejor infraestructura, soluciones a la contaminación ambiental y a la falta de agua potable, recurrieron a manifestaciones violentas como el único medio efectivo para hacer que se escuchara su voz. Hubo detenidos, heridos y una persona fallecida. La militarización de las instalaciones petroleras se decretó como medida para evitar futuras protestas, creando un clima de tensión y conflicto (Almeida, 2009; Martínez et al., 2016).

Este periodo de conflictividad, lleva a la adopción de la Ley de Gestión Ambiental (LGA, 1999) que establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia. Se cita, por ejemplo, el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE, 2001), que tiene por objeto regular las actividades hidrocarburíferas de exploración, desarrollo y producción, almacenamiento, transporte, industrialización y comercialización de petróleo crudo, derivados del petróleo, gas natural y afines, susceptibles de producir impactos ambientales; el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA, 2003) en el que se reconocen i) el compromiso de la sociedad de promover el desarrollo hacia la sustentabilidad, ii) que el desarrollo sustentable solo puede alcanzarse cuando sus tres

elementos -lo social, lo económico y lo ambiental- son tratados armónica y equilibradamente, y iii) que la gestión ambiental corresponde a todos en cada instante de la vida.

La cuarta etapa se reconoce a partir de la aprobación de una nueva Constitución, que marcó un hito en la historia del país al reconocer derechos fundamentales, y ser la única en el mundo al reconocer los derechos de la naturaleza. Este reconocimiento supondría un cambio paradigmático en la relación entre la sociedad y la naturaleza, especialmente en un país cuya economía ha dependido históricamente de la explotación petrolera.

En 2007, el gobierno de turno inicia con un proyecto de planificación del desarrollo y regulación de la economía por parte del Estado y en el que se potencia la política social. Este proyecto de reconstrucción del Estado requiere ingentes recursos, para lo cual continúa con la explotación petrolera, intentando aportar respuestas a las demandas económicas, socioculturales y ambientales de la población (Martínez et al., 2016). En este mismo año, se propone la iniciativa Yasuní-ITT (Ishpingo, Tambococha, Tiputini), como una respuesta audaz a los desafíos ambientales y las demandas energéticas de Ecuador. La propuesta consistía en dejar sin explotar las vastas reservas de petróleo en el Parque Nacional Yasuní, una de las áreas de mayor biodiversidad del planeta. A cambio, el Gobierno ecuatoriano solicitaba contribuciones financieras internacionales equivalentes a la mitad de los ingresos que se obtendrían de la explotación del petróleo. En 2013, Ecuador anunció la decisión de abandonar la iniciativa y permitir la explotación petrolera en el bloque ITT. Esta transición marcó un cambio paradigmático y generó debates sobre las complejidades de mantener compromisos ambientales en un contexto de necesidades económicas urgentes. Finalmente, y tras 10 años de intentos, la Corte Constitucional aprobó la consulta impulsada por Yasunidos. El 20 de agosto del 2023, el 59 % de los ecuatorianos decidió mediante las urnas, frenar la explotación petrolera en el Yasuní. Tras conocer los resultados, el ministro de Energía, Fernando Santos Alvite, aseguró que el Gobierno acatará la decisión de la ciudadanía, aunque mostró su preocupación pues sostiene que es un grave golpe a la economía, pues el Estado dejará de recibir, USD 1,200 millones anuales.

Con respecto a los derechos humanos, varios autores hablan de serias violaciones en la década de 1970–1980, especialmente hacia la población indígena, por parte de las empresas que operaron en esa época (Center for Economic and Social Rights, 1994; Fajardo y Heredia, 2010; Mannina, 1992; Suman, 2017; Watts, 2005). Los derechos que pudieran verse afectados son los derechos humanos al agua y al acceso seguro y permanente de alimentos sanos y el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, establecidos en los arts. 12, 13, 14 y 32 de la Constitución (Registro Oficial No 449, 2008).

## 5.7 Minería a gran escala

La minería, se considera un sector económico intensivo en el uso de energía y de agua, por ello en este subcapítulo se analiza como una interrelación prioritario del nexo WEF. Considerando que el Ecuador posee importantes reservas de oro, plata y cobre, el Gobierno nacional ha decidido respaldar el crecimiento de la industria minera como estrategia para atraer inversiones y abordar la grave crisis económica que afecta al país. Con esta finalidad, en 2009 se creó la Ley de Minería con el propósito de regularizar concesiones mineras, fortalecer la interculturalidad y proteger los derechos de comunidades, especialmente indígenas y afrodescendientes. Se creó también en 2009 la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM). En 2019 se lanzó el Plan Nacional de Desarrollo Minero 2020-2030, con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos nacionales mediante la implementación de una gestión armónica, eficiente, transparente y sostenible basada en la investigación y desarrollo (Estupiñan, 2021; MEM, 2021).

Según el Ministerio de Energía y Minas (2021), se ha registrado un notorio crecimiento en el sector minero, evidenciado por el aumento en las cifras de exportación. Durante 2021, los productos mineros ocuparon la cuarta posición en la estructura de las exportaciones ecuatorianas, alcanzando un valor de USD 2,092 millones, lo que equivale al 8 % del total de exportaciones. Este posicionamiento se sitúa por debajo de los sectores de petróleo, camarón y banano. La minería, en conjunto con la agricultura, se erige como una de las principales fuentes de empleo a nivel nacional, contribuyendo alrededor del 34 % del empleo total en 2021. Asimismo, el sector minero ha logrado atraer una porción considerable de la inversión extranjera directa, que representa el 17 % del total de esta inversión.

Según el Boletín Minero (BCE, 2022a), los proyectos son los siguientes:

- Fruta del Norte, una mina subterránea en Los Encuentros, Yantzaza, Zamora Chinchipe. Es operada por Aurelian Ecuador S.A., subsidiaria de Lundin Gold Inc., y exporta concentrados de oro y plata. Inició su producción en noviembre de 2019.
- Mirador, mina de cielo abierto en Tundayme, El Panguí y Zamora Chinchipe. Concesionada a Ecuacorriente S.A., subsidiaria de CRCC-Tonguan Investment, exporta concentrado de cobre. Comenzó la explotación en junio de 2019.
- Loma Larga, ubicada en Cuenca, en la provincia del Azuay, concesionada a Dundee Precious Metals Ecuador S.A., subsidiaria de Dundee Precious Metals, se encuentra en fase de evaluación económica; proyecta iniciar su construcción en 2024 y su producción

en 2026, con una vida útil de 12 años hasta el segundo trimestre de 2023.

- San Carlos Panantza, localizada en San Juan Bosco y Limón Indanza, Morona Santiago. Concesionada a ExplorCobres S.A., subsidiaria de CRCC-Tonguan Investment, con un tiempo de vida útil promedio de 25 años, se encuentra en fases de exploración avanzada e inicial, sin definir la fecha de inicio de construcción.

Existen dos proyectos funcionando Fruta del Norte y Mirador. Según el Plan de Expansión de la Generación (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018), los consumos energéticos previstos por la actividad minera se muestran en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Proyección de consumo eléctrico (GWh) por años<sup>1</sup>

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Fruta del Norte	54	95	119	140	146	145	145	145
Mirador	186	551	718	802	825	878	896	896
Total	240	646	837	942	971	1,023	1,041	1,041

<sup>1</sup> (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018).

La proyección del consumo eléctrico para el año 2022, de 837 GWh, representa el 3 % de la producción de energía eléctrica en el país. Este valor es dimensionalmente comparable con el consumo industrial de la provincia de Zamora Chinchipe, provincia donde se encuentran los proyectos, que es de 668 GWh en 2022, como indica la Arcernnr (2023). Adicionalmente, por primera vez, el BEN 2022 presenta el consumo de diésel de la minería, y es igual a 75 kbep en 2022, lo que representa el 0.2 % del consumo total de diésel en el Ecuador.

Considerando los consumos específicos de agua para la minería de oro y cobre (Loredo et al., 2009), y la cantidad de mineral extraído (BCE, 2022a), se puede hacer una aproximación del consumo de agua (véase Tabla 30).

**Tabla 30.** Cálculo del caudal de agua en las extracciones mineras en el Ecuador

	Consumo específico de agua <sup>a</sup>	Toneladas extraídas de mineral <sup>b</sup>	Periodo de extracción del mineral <sup>b</sup>	Caudal de agua
	m <sup>3</sup> /t	Mt	días	l/s
Cobre	0.37	25.5	974	112
Oro	0.74	3.11	912	29
Total				141

<sup>a</sup>(Loredo et al., 2009) <sup>b</sup> (BCE, 2022a).

El caudal de agua calculado es de 141 l/s, similar a las autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua para empresa minera, de uso industrial, en los cantones Yantzaza y el Panguí, que dan un total de 128 l/s. Este caudal resulta despreciable frente a las autorizaciones entregadas en la demarcación hidrográfica Santiago, que es de 202,840 l/s. Cabe señalar que en la planificación hídrica de esta cuenca (CISPDR, 2016a) no se hace referencia a ningún proyecto minero.

Los derechos que pudieran verse afectados son los concernientes al agua y al acceso seguro y permanente de alimentos sanos, el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, y el derecho a la salud establecidos en los arts. 12, 13, 14 y 32 de la Constitución (Registro Oficial No 449, 2008).

Según el Observatorio de Conflictos Socio ambientales del Ecuador (2024), en el ámbito minero, se registran 21 conflictos distribuidos en seis regiones geográficas: Amazonía norte, Amazonía sur, Costa norte, Sierra norte, Sierra centro y Sierra sur. En la Amazonía norte, se destaca el conflicto de Sinangoe y Minería Napo. Por su parte, la Amazonía sur alberga los conflictos de Fruta del Norte, Mirador, Panantza San Carlos y Warintza. En la Costa norte, surge el conflicto relacionado con la Minería Aurífera Esmeraldas. La Sierra norte enfrenta los conflictos de Cascabel, Llurimagua, La Merced de Buenos Aires, Bosque Los Cedros y Chocó Andino Pichincha. En la Sierra centro se manifiestan los conflictos de La Plata, Pangua y Telimbela-El Torneado. Finalmente, la Sierra sur presenta el conflicto de Río Blanco, Loma Larga, Ruta del Cobre, Vetas Grandes, Ponce Enríquez y Fierro Urco.

Según Torres (2020), la Contraloría General llevó a cabo dos evaluaciones especiales en proyectos mineros a gran escala de cobre y oro, en la provincia amazónica de Zamora Chinchipe. Los resultados de las auditorías señalan la falta de control gubernamental en el manejo de las fuentes de agua por parte de las empresas concesionarias. Según el informe, esto condujo a la contaminación de los ríos Wawayme, Tundayme, Quimi y Machinaza.

## **5.8 Servicio de agua potable y saneamiento**

Este subcapítulo tiene por objetivo analizar los servicios de agua potable y saneamiento como una interconexión prioritaria de los recursos de agua y energía especialmente en el contexto urbano. Ecuador tiene un 64 % de población urbana, que es menor al promedio de la región y de sus vecinos de Colombia y Perú (Sielac, 2023), sin embargo, representan importantes desafíos, especialmente en las grandes ciudades como Quito, Guayaquil, Santo Domingo y Cuenca.

En este ámbito de interconexión, destacan los servicios de agua potable y saneamiento, tanto en lo que se refiere a la expansión de su cobertura como sobre todo al mejoramiento de su calidad y al incremento del tratamiento de las aguas residuales urbanas. Se estima que una proporción significativa del consumo energético de estos servicios se localiza en la etapa de transporte y distribución, particularmente concentrada en la función de bombeo de los fluidos en materia de abastecimiento de agua potable. En alcantarillado, en cambio, el mayor consumo eléctrico se da en el tratamiento de las aguas residuales (Ferro y Lentini, 2015).

Según el INEC (2022), en 2021 se distribuyeron 125 hm<sup>3</sup> por mes, provenientes de un 47 % de fuentes superficiales y el resto de acuíferos. Esto representa el 2 % de las autorizaciones (Senagua, 2017a). El consumo de agua entubada es de 230 l/día/hab (INEC, 2022) y es el mayor de la región de ALC (iAgua, 2017). El 70 % del país tiene acceso a agua, pero su calidad es cuestionable (Molina et al., 2018; NNUU, 2023).

En Ecuador, las aguas servidas deberían ser tratadas conforme el Texto unificado de legislación ambiental, Tulas (Ministerio del Ambiente, 2017), en el que se especifican los parámetros de descarga para demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno del agua (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total, fósforo, entre otros parámetros; sin embargo, esta normativa ha sido obviada por los municipios (Torske, 2019). La mayoría de ciudades no cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales ni tampoco con alcantarillados separados para aguas servidas y aguas de lluvia, lo que dificulta aún más el tratamiento de agua (Peña et al., 2018).

El peso relativo del consumo de energía de los prestadores de servicio de agua potable, con respecto al consumo total nacional, puede variar significativamente dependiendo de las condiciones topográficas y climáticas, así como también económicas, tecnológicas y culturales. En los Estados Unidos, país especialmente intensivo en consumo de energía, su consumo es el 3 % del uso total de energía de las ciudades (WWAP, 2014). En Brasil y España, el consumo fue aproximadamente del 2.4 y 5.8 % del consumo total nacional, respectivamente (Burns, 2013; Vieira y others, 2012).

Considerando el consumo energético específico del suministro y del saneamiento (Chavarro, 2023), el caudal de agua distribuida (INEC, 2022) y un porcentaje del 10 % de tratamiento de aguas servidas (MAGAP, 2011; Sato et al., 2013; Velasco T. et al., 2019), se realiza una estimación general de la energía empleada (véase Tabla 31).

**Tabla 31.** Estimación del consumo energético mensual de los servicios de agua potable y

saneamiento

	Porcentaje	hm <sup>3</sup> /mes	<sup>a</sup> kWh/m <sup>3</sup>	GWh/año	Mbep/año
Extracción	100 %	125	0.7	1,044	
Saneamiento	10 %	12,5	0.23	36	
Total de agua potable y saneamiento				1,080	0.7

<sup>a</sup> (Chavarro, 2023). Elaboración propia

El consumo energético de 1,080 GWh, equivale al 4 % del consumo eléctrico nacional. Si bien el consumo energético del sector de agua potable y alcantarillado es relevante, el asociado a los usos finales supera ampliamente la energía vinculada al proceso de provisión de agua potable y tratamiento de aguas servidas. El gasto energético para calentar el agua representa la mayor causa de consumo de energía en los hogares. En estimaciones para ciudades de Australia y Nueva Zelanda donde la energía empleada para calentar el agua representa el 27 y 29 % respectivamente de la demanda residencial de energía (Kenway et al., 2011). Cabe señalar que el Ecuador tiene uno de los consumos de agua más altos del mundo y uno de los precios de GLP, que se utiliza para calentar el agua, más bajos del mundo.

Según Ferro y Lentini (2015), el consumo energético asociado a los usos finales del agua supera ampliamente la energía vinculada al proceso de provisión de agua potable y tratamiento de aguas servidas. Por lo tanto, políticas destinadas a la conservación y eficiencia energética tienen un alto impacto, especialmente aquellas orientadas a los usos finales que necesiten de agua caliente (Ferro y Lentini, 2015)

A continuación, se realiza el siguiente cálculo general, pero que da una idea de los consumos generales; se considera que el 20 % del GLP de uso residencial se utilizó en el calentamiento de agua sanitaria, según lo sugieren Espín (2009) y Guamán et al. (2016) (véase Tabla 32).

**Tabla 32.** Estimación general del consumo energético para agua sanitaria

Consumo residencial de GLP	Porcentaje de uso del GLP para calentamiento de agua	Consumo energético para calentamiento de agua sanitaria
Mbep	%	Mbep
6.8	20	1.4

*Nota.* Elaboración propia

Las estimaciones realizadas muestran que la energía para el calentamiento de agua es mayor

que la de los servicios de agua potable y saneamiento. Cabe señalar que el Ecuador tiene el precio del GLP —mayoritariamente utilizado para calentamiento de agua— más bajo de la región de ALC (Cepal, 2023). Por lo tanto, políticas destinadas a la conservación y eficiencia energética de calentamiento de agua, se espera que tengan un alto impacto en Ecuador.

El agua potable es un requisito básico para garantizar una vida digna y saludable, y su acceso equitativo es fundamental para la realización de varios derechos humanos fundamentales.

## **5.9 Conclusión**

Se identificaron las interrelaciones prioritarias del nexo WEF en el Ecuador. Como metodología se partió de las interrelaciones prioritarias de la región de ALC, se analizó su contexto económico y social, sus consumos de energía y agua, su probable afectación a la calidad del agua y sus conflictos asociados.

Los ámbitos analizados fueron la cadena alimentaria, los biocombustibles, el transporte de agroalimentos, la hidroenergía, la explotación de petróleo, la minería a gran escala y el agua potable y saneamiento. Cada uno de los tres primeros ámbitos fueron desarrollados en un artículo académico.

La cadena alimentaria, al igual que en otras regiones del planeta, tiene un elevado consumo de agua y energía. En el caso del Ecuador, las autorizaciones para el uso de agua para riego son del 82 % y el consumo de energía se calculó en 28 % del total de energía consumida. Sin embargo, cabe señalar que la distribución de recursos es desigual entre la agroindustria—exportación y la economía familiar campesina, lo que ha sido causa de tensiones sociales. El sistema de riego en el Ecuador es funcional las dos terceras partes, debido a su obsolescencia, obras inconclusas y expansión de la zona urbana. Sin embargo, no existe un inventario de estos. El sistema de riego más extendido es por gravedad, lo que presenta un uso ineficiente del agua. La planificación contempla la tecnificación del riego, pero este no se ha cumplido; adicionalmente, no se menciona la coordinación con el sector energético por la demanda que esto implicaría. El amplio uso de insumos químicos o biológicos para potenciar la producción, usados preferentemente por los grupos agroindustriales y de exportación, presentan un riesgo para la calidad del agua superficial y acuíferos. La contaminación de los cuerpos de agua y el bajo precio de los combustibles se identifican como los causantes del crecimiento exponencial de las autorizaciones de utilización de aguas subterráneas. Esto representa un riesgo de contaminación y sobreexplotación de acuíferos. Lamentablemente, el control es débil. La mitad de la huella hídrica de producción de alimentos y de la energía consumida es debido a los



productos de exportación, considerando que el Ecuador es uno de los principales exportadores de alimentos de la región.

Los biocombustibles fueron creados con la finalidad de ser una alternativa a la importación de naftas, sin embargo, su aporte ha sido de menos del 2 %; por el contrario, utiliza 135 km<sup>2</sup> de tierra, de los cuales el 80 % tiene vocación agrícola y cuenta con el 85 % de riego, mientras el promedio para otros cultivos de alimentos es de 40 % de tierras con vocación agrícola y 10 % de riego. En el sector automotriz se requiere aplicar medidas de eficiencia energética, como lo menciona el PLANEE; sin embargo, el bajo precio de los combustibles es el principal desincentivo.

El sector transporte resalta en el Ecuador por su alto consumo energético y su baja eficiencia. El relativo a los alimentos representa el 40 % del transporte de mercancías. Sin embargo, se evidencia falta de control, incumplimiento de normativas y bases de datos con fallas. Esta debilidad institucional impide tener un análisis objetivo de la situación que permita conocer el impacto cierto de la disminución del subsidio al diésel en el precio de los alimentos.

El potencial hidroeléctrico del Ecuador ha sido explotado únicamente en una cuarta parte, pero los conflictos socio ambientales y la falta de inversión pública y privada no permiten aprovechar esta fuente limpia, barata y soberana de producir desarrollo. La hidroenergía representa el 75 % de la generación eléctrica en el Ecuador. Este porcentaje es uno de los más altos de la región. Esta dependencia hace al país vulnerable ante los cambios climáticos como ya ha ocurrido en los periodos 1992–1997, 2009–2010, 2023. Se requiere diversificar las fuentes de generación, aunque el bajo precio de los combustibles y una gobernanza centrada en el Estado es un impedimento para las inversiones privadas.

La explotación de petróleo desempeña un papel crucial en la economía del Ecuador. Esta actividad, representa alrededor del 12 % del consumo energético nacional. La cantidad de agua de formación que se produce en el proceso de explotación es de 200 hm<sup>3</sup> al año, lo que constituye un riesgo para la contaminación de agua superficial y de acuíferos. La explotación petrolera ha tenido y sigue teniendo impactos socio ambientales, por su alto nivel de conflictividad. La mayor viscosidad de las reservas de petróleo, las restricciones socio ambientales y el elevado consumo hacen prever que el Ecuador se convierta en importador neto de hidrocarburos. Esto tendría consecuencias sobre las arcas fiscales y, por ende, sobre la política social, dentro de la cual destaca por su monto el subsidio a los combustibles.

Ante el inminente decaimiento de la producción petrolera, el Ecuador apuesta por la explotación minera a gran escala de oro, plata y cobre. Esta actividad es la que más inversión extranjera recibe y es uno de los principales productos de exportación. Únicamente hay dos proyectos en

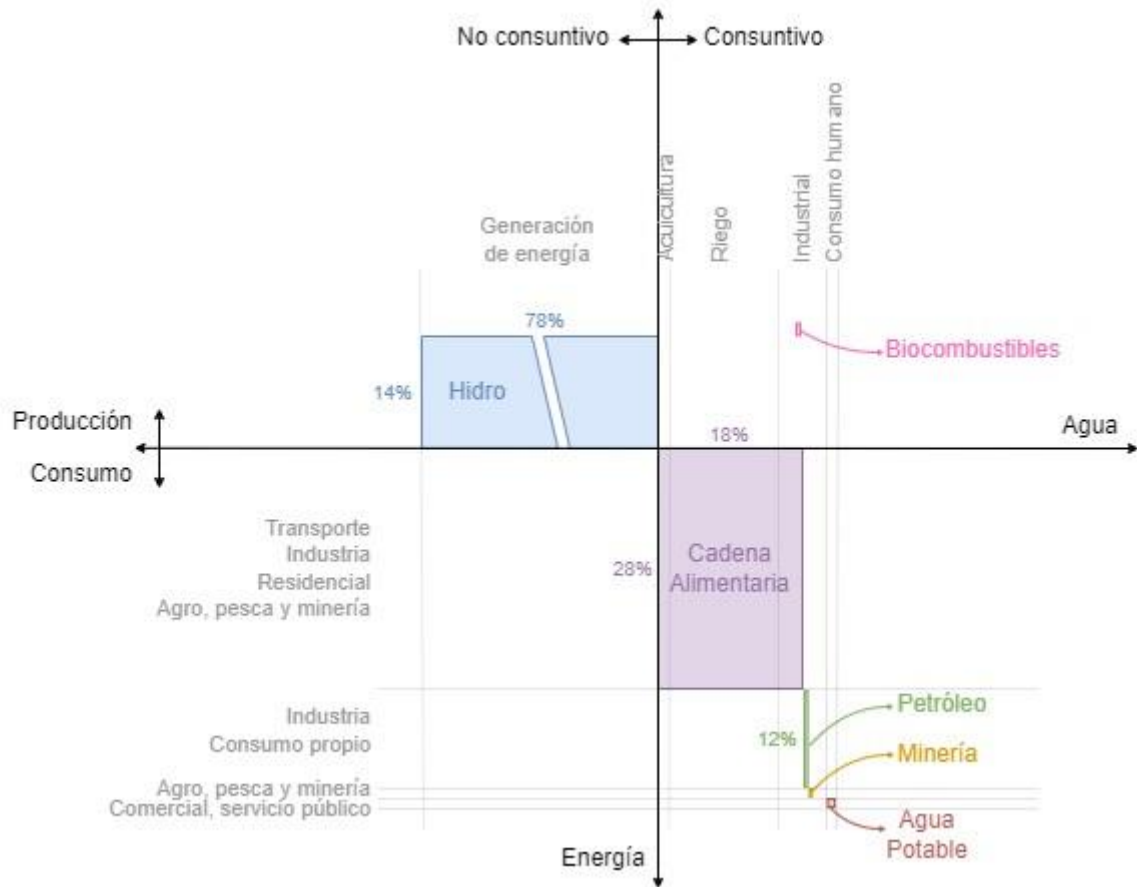
operación. Los datos arrojan un consumo del 3 % de energía eléctrica y de 0.2 % de diésel y una cantidad insignificante de agua. Este tipo de proyectos se caracterizan por su alto consumo de energía, de agua y por la contaminación de ríos debido al proceso de extracción. Presenta un alto nivel de conflictividad.

Mediante el servicio de agua potable y saneamiento, el Estado cumple con garantizar el derecho al agua limpia y segura de la población. Con 230 l/s, el consumo de agua entubada es el más alto de la región. El 70 % del país tiene agua entubada, pero este porcentaje es mucho menor en las zonas rurales. Aproximadamente el 10 % del agua servida es tratada, razón por la cual esta omisión es considerada la primera causa de contaminación de los cuerpos de agua. Las autorizaciones para consumo de agua en el Ecuador son del 2 %. El consumo energético para transporte y distribución es de aproximadamente el 4 % de electricidad, menor que el consumo para calentamiento de agua que es de alrededor del 20 % del consumo residencial de GLP.

En la Figura 11, se presenta un gráfico en el que se ubican los ámbitos de interacción. El eje vertical corresponde a la energía, la producción en la parte superior y el consumo en la parte inferior. En el eje horizontal se encuentra el agua, el uso consuntivo en la parte derecha y el no consuntivo en la parte izquierda. Se presentan adicionalmente, los subsectores del agua y la energía.

Destaca la cadena alimentaria por el consumo del 18 % de agua y el 28 % de energía. Dentro de la cadena alimentaria, se encuentra el transporte que representa el 15 % de su consumo energético. También se encuentran los biocombustibles cuyo consumo del agua está clasificado como riego.

La hidroenergía produce el 75 % de energía eléctrica, y hace un uso no consuntivo del agua, que es igual al 78 % del caudal de las autorizaciones. La extracción de petróleo tiene un consumo del 12 % de energía. Se encuentran también los ámbitos de la minería a gran escala, y el de agua potable y saneamiento.



**Figura 11.** Interrelaciones prioritarias

Elaboración propia

## **6 PROPONER POLÍTICAS PÚBLICAS ENCAMINADAS A PROMOVER LA SOSTENIBILIDAD**

El enfoque del nexo aborda las interdependencias entre los sectores de agua, energía y alimentos con el objetivo de aumentar la seguridad hídrica, energética y alimentaria en un marco de sostenibilidad ambiental. Se destaca la preocupación por el aumento proyectado en las demandas de estos recursos, especialmente en medio de eventos climáticos extremos. En ALC, los esfuerzos para estudiar el nexo aún no han influido lo suficiente en la formulación de políticas públicas. La urgencia de atender necesidades a corto plazo impide adoptar políticas integrales, lo que resulta en modelos de desarrollo intensivos en recursos naturales que generan dependencia y crisis ambiental y social. En situaciones macroeconómicas adversas, se sugiere enfocarse en políticas que aumenten la eficiencia, reduzcan pérdidas, minimicen los conflictos y potencien las sinergias (Embid y Martín, 2018).

Las políticas públicas pretenden modificar una situación de insatisfacción social, percibida como problemática por parte de un Estado. Tienen la finalidad de orientar el comportamiento de grupos de población, que se supone que generan el problema que se intenta resolver, ya sea de forma directa o actuando sobre su entorno. Para ello se requiere un conjunto estructurado de decisiones y acciones, intencionalmente coherentes, que dan lugar a actos formales, que movilizan recursos, ya sean estos económicos, de poder, de acción y/o legales. Las políticas públicas pueden ser consideradas como tales en la medida en que son impuestas por la autoridad legítima que reviste el poder público (Roth Deubel, 2002; Subirats et al., 2008).

Las políticas públicas son construcciones sociales que cristalizan la relación de fuerzas operantes en ese momento entre distintos actores políticos; representan la depuración de intereses, un concierto de voluntades, entre ellas la del propio gobierno (Subirats et al., 2008). La complicidad de las políticas públicas con intereses privados evidencian que un Estado es un simple actor más en la arena política y no siempre el más fuerte (Subirats, 2012). En la compleja interacción entre esos actores influyen las instituciones y las costumbres políticas de cada país (Stein et al., 2006).

Una administración pública fuerte y técnicamente competente puede contribuir a la calidad de las políticas por medio de una adecuada implementación. Las instituciones no son meramente instrumentales: son el crisol en el cual las políticas se forjan y adquieren su forma y significado verdaderos (Stein et al., 2006). No obstante, en ocasiones, entre sus intersticios, fluyen poderes tácitos, con intereses particulares, que pueden tener una profunda incidencia en el éxito o el fracaso de cualquier medida (Stein et al., 2006).

El objetivo de este capítulo es proponer políticas públicas encaminadas a promover la

sostenibilidad. Este capítulo está dividido de la siguiente manera: Primero presenta la metodología empleada, se continúa con la revisión del marco legal que incluye la Constitución, leyes sectoriales, planes nacionales de desarrollo, planificaciones sectoriales, se continúa con situaciones que requieren una acción pública y se finaliza con la propuesta de políticas públicas.

## **6.1 Metodología**

Para la metodología se toma como referencia los criterios de identificación de la necesidad de política pública, propuesto por Senplades (2011), y se establecen los siguientes pasos:

1. Revisión del marco legal como políticas supranacionales, la Constitución, Leyes de Hidrocarburos, servicio público de energía eléctrica, eficiencia energética, recursos hídricos y soberanía alimentaria.
2. Análisis de planes nacionales de desarrollo y planificaciones sectoriales
3. Identificación de situaciones objetivas que sean competencia de las autoridades públicas, cuya distancia entre el deber ser y el ser ameritan una acción política.
4. Proposición de políticas públicas.

## **6.2 Revisión del marco legal**

Como políticas supranacionales, que inciden sobre la nacional, se menciona a los derechos humanos y los ODS. Con respecto a los primeros, su jerarquía superior guía el ordenamiento jurídico. El derecho humano al agua y a la alimentación está reconocidos por la Constitución de la República del Ecuador, como se indica en los arts. 12 y 13; al ser un derecho fundamental, el Estado se autoimpone la obligación de garantizarlo.

El art. 12 señala: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. El art. 13 indica: “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales”.

Los ODS, formulados por la Organización de Naciones Unidas en la Cumbre de Desarrollo Sostenible 2015, mediante 17 objetivos inseparables e indivisibles tiene la finalidad de integrar las cuestiones sociales, económicas y ambientales. Ecuador ratificó esta propuesta como parte de su política pública a través del Decreto 371 (Adopción como política pública la Agenda 2030, 2018). Algunos de estos ODS, el 2, 6 y 7, están directamente relacionados con el

significado del nexo. Aun cuando estos aparecen formalmente separados, se trata de alcanzarlos en conjunto, lo que sugiere que la idea del nexo está presente (Embid y Martín, 2017).

La Constitución hacen alusión a esta interconexión entre los recursos energía, agua y alimentos. El art. 15 señala: “La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”. El art. 408 dice: “El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad”. El art. 413 señala: “El Estado promoverá la eficiencia energética... energías renovables, que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria... ni el derecho al agua”. También se menciona en los art. 284 y 304, que la política económica y comercial tendrá como objetivo asegurar y contribuir a la soberanía alimentaria y energética.

La soberanía alimentaria se define en el art. 281: “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”.

Con respecto a la soberanía energética, no existe una definición comúnmente aceptada. Según Montesdeoca (2011), este término utilizado por la Asamblea Constituyente del Ecuador, tiene que ver con la reducción de la dependencia energética exterior y el fortalecimiento de la integración regional, y se puede sintetizar como seguridad de suministro, competitividad, sostenibilidad, accesibilidad; además, tiene como finalidad cumplir con los requerimientos de iluminación, almacenamiento y preparación de alimentos.

Según Dos Santos Venes (2014) y Franquesa (2023), la soberanía energética depende fuertemente de alcanzar la soberanía alimentaria y territorial, reivindicando la autoproducción de energía y la generación distribuida, que ponen en el centro a las personas, la biodiversidad y la sostenibilidad.

A la energía y al agua, dos elementos del nexo WEF, la Constitución, en su art. 313 los considera como sectores estratégicos. Además, el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionarlos.

### **Revisión de leyes sectoriales**

A continuación, se presentan las Leyes de Hidrocarburos, Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica; Ley Orgánica de Eficiencia Energética; Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua y Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía

Alimentaria.

**Ley de Hidrocarburos.** El sector hidrocarburífero ecuatoriano se encuentra regulado por la Ley de Hidrocarburos n.º 1459, publicada en el Registro Oficial 322 del 1 de octubre de 1971, y, codificada mediante Decreto Supremo n.º 2967 del 6 de noviembre de 1978, publicado en el Registro Oficial 711 de 15 de noviembre de 1978, y sus posteriores reformas. Regulan la explotación industrial del petróleo y el gas. Establecen y regulan los diferentes tipos de contratos que pueden celebrarse con el Estado. Además, existen varias normas especiales que regulan materias específicas de la industria, tales como son: Normativa de la Ley de Hidrocarburos, Normativa de Operaciones de Hidrocarburos, Normativa Ambiental de Operaciones de Hidrocarburos, y otras leyes y reglamentos en materia ambiental, tributaria y contable. En esta ley se establece que el valor de los combustibles debía fijarlo el propio presidente de la República.

Este marco legal ha sido criticado por desconocer la necesidad de la construcción de una economía pospetrolera, considerando que el Ecuador tiene un horizonte finito para la extracción de crudo debido a la finitud de sus reservas y al aumento constante de la demanda de derivados. A esta ley se la identifica como una de las principales barreras para el cambio de la matriz energética, que causa una situación paradójica en la que el país exporta petróleo, pero también importa derivados del petróleo que los vende con enormes subsidios que benefician a grupos acomodados y al contrabando (Acosta Espinosa, 2011; Cevallos Nasimba, 2018).

Según Montesdeoca (2011), las políticas implementadas han sido desde el lado de la oferta, lo que produce una constante dependencia de la extracción y exportación petrolera y el aumento del consumo de combustibles fósiles por parte de los usuarios. Por tanto, se hacen necesarias políticas complementarias que vayan del lado de la demanda que permitan alcanzar la soberanía energética.

La explotación de petróleo tiene un horizonte desfavorable debido al agotamiento de sus reservas, mayor viscosidad y problemas socio ambientales que se van agravando. Este escenario adverso traerá enormes desafíos para el Ecuador, cuya economía es poco diversificada, lo que evidencia la necesidad de replantear un nuevo esquema de desarrollo.

**Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.** Esta ley tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Sus objetivos específicos son: cumplir la prestación del servicio público de energía eléctrica, a través de la generación, transmisión, distribución y comercialización, importación

y exportación de energía eléctrica; proveer a los usuarios finales un servicio público de energía eléctrica y de alumbrado público; proteger los derechos de los usuarios finales; aprovechar los recursos energéticos, con énfasis en las fuentes renovables; formular políticas de eficiencia energética; diseñar mecanismos que permitan asegurar la sustentabilidad económica y financiera del sector eléctrico; asegurar la igualdad y uso generalizado de los servicios e instalaciones de transmisión y distribución; y, desarrollar la energización rural (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018).

***Ley Orgánica de Eficiencia Energética.*** La ley, aprobada en 2019, tiene como objetivo establecer el marco legal y funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética en Ecuador. En 2021, mediante Decreto Ejecutivo n.º 229, se expide su Reglamento General. Busca promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas para aumentar la seguridad energética, mejorar la productividad, fomentar la competitividad económica, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, contribuir a la mitigación del cambio climático y garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente saludable y tomar decisiones informadas (LOEE, 2019).

Se establece como prioritario para el país y como una política fundamental del Estado la promoción del uso eficaz de la energía, considerándolo esencial para fomentar una sociedad justa y duradera. Los fundamentos de esta política abarcan la optimización en el uso de recursos energéticos, su conservación, el incremento de la eficiencia productiva, el incentivo de fuentes energéticas limpias, y la promoción de una cultura nacional que valore la eficiencia energética. Además, se garantiza la transparencia y la disponibilidad de información, tanto para los consumidores como para los responsables de la toma de decisiones (LOEE, 2019).

***Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.*** La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua en Ecuador (LORHUyA, 2014) fue publicada el 6 de agosto de 2014 y establece principios fundamentales que definen el manejo, acceso y uso del agua en el país. Reconoce el vínculo evidente entre el agua y los alimentos, al igual que lo hacen las Naciones Unidas (2019).

Algunos aspectos claves que se destacan son los siguientes:

- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable e imprescriptibles; considera a los diversos elementos naturales, como ríos, lagos, aguas subterráneas, entre otros, como de dominio hídrico público.
- Se establece la prohibición de la propiedad privada sobre el agua; se reconoce el acceso equitativo al agua; la gestión integral y participativa del agua.



- La unidad territorial es la cuenca hidrográfica y se reconoce el derecho humano al agua.
- La protección ambiental del agua es un principio fundamental de la ley, que abarca aspectos como la protección de fuentes de agua, derechos de la naturaleza, caudal ecológico y medidas de prevención y control de la contaminación hídrica.
- La ley regula distintas tarifas relacionadas con el agua, con la finalidad de reconocer al agua como un bien económico, considerando principios generales y específicos aplicables a prestadores de servicios públicos.

Según Jouralev y Saravia (2021), la LORHUyA resalta la conexión de la planificación con el desarrollo regional y sectorial, así como la vinculación de la planificación sobre todas las administraciones públicas de diferentes niveles de gobierno, lo cual la distingue de otros ejemplos en la región.

***Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria.*** La Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA, 2010) tiene como objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumple con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente.

En la LORSA se distinguen nueve ejes principales:

- El acceso al agua y a la tierra, que debe cumplir con una función social y ambiental.
- La protección de la agro diversidad, los saberes ancestrales vinculados a él, la asociatividad de cultivos, el sostenimiento de especies, la creación de bancos de semillas y plantas nativas.
- La investigación, asistencia técnica y diálogo de saberes.
- El fomento de la producción dirigidos mayoritariamente a los pequeños y medianos productores.
- El acceso al capital e incentivos, donde en este caso la ley contemple la implementación de un seguro agroalimentario para cubrir la producción y los créditos agropecuarios.
- La comercialización y abastecimiento agroalimentario.
- La sanidad y la inocuidad alimentaria, que garantice que la biodiversidad no se vea afectada por prácticas de monocultivos ni por semillas transgénicas.
- Incentivo al consumo de alimentos nutritivos, preferentemente de origen agroecológico

y orgánico.

- La participación social (Cordero-Ahiman, 2022).

A pesar de que la Constitución ecuatoriana ha incorporado el principio de soberanía alimentaria y se ha implementado la Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria (LORSA), según Bravo y Acosta (2020), la realidad muestra que la gran agroindustria utiliza predominantemente los suelos de alta calidad y cuenta con un extenso acceso a sistemas de riego para exportar productos, mientras el país debe importar alimentos. La problemática se intensifica en las zonas rurales, donde los agricultores se enfrentan a desafíos económicos derivados de la imposición de paquetes tecnológicos y la influencia de las empresas comercializadoras, lo que reduce sus ingresos y los coloca en una situación de vulnerabilidad económica. Según Pinto (2020), la LORSA no ha logrado establecer un mecanismo que limite la producción con uso intensivo de insumos químicos y biológicos y sus efectos sobre el agua, el suelo y también la salud de las personas.

El uso de fertilizantes ricos en nitrógeno y fósforo impacta negativamente en cuerpos de agua al estimular el crecimiento excesivo de algas, desencadenando la eutrofización. Esta sobreabundancia de materia orgánica agota el oxígeno disuelto y amenaza la vida acuática. Además, aumenta la presencia de nitratos en el agua subterránea, que afecta su calidad y potencialmente la contamina. Los pesticidas agrícolas, arrastrados por la escorrentía o por deriva, también contaminan lagos y ríos, envenenando peces y amenazando la salud humana. Las descargas de los efluentes de la acuicultura del camarón, pueden contener nutrientes, drogas, antibióticos y químicos que pueden afectar la salud de los ecosistemas acuáticos y la seguridad alimentaria (FAO, 2021; Jouravlev y Saravia, 2021; ONU, 2022; Tobey et al., 1998). Según la base de datos abierta del Banco Mundial (World Bank, 2023), el consumo de fertilizantes por unidad de tierra cultivada del Ecuador, era igual al promedio de ALC hasta el año 2000. A partir de aquí, se incrementa significativamente hasta 2021, que presenta 368 kg/ha, siendo uno de los más altos de la región, luego de Colombia, Costa Rica, Brasil, Chile y Belice. Si bien los productos químicos o biológicos proporcionan diversos beneficios a la producción de alimentos, sus pautas de utilización y la falta de una gestión eficiente conllevan una serie de efectos adversos para la salud y el medio ambiente que lo hacen insostenible (Llive, 2016; ONU, 2022).

### **6.3 Planes Nacionales de Desarrollo**

Según el art. 293 de la Constitución, el Plan Nacional de Desarrollo es la guía para políticas,

programas y proyectos públicos. Se analiza el Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017, Plan Toda una Vida 2017–2021 y Plan de Creación de Oportunidades 2021–2025.

El plan denominado “Plan Nacional del Buen Vivir” corresponde al periodo 2013-2017. Este documento se basa en una forma de vida que garantiza la armonía con la naturaleza. Busca la erradicación de la pobreza, promoción del desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza. Sus dimensiones son: diversificación productiva y seguridad económica, acceso universal a bienes superiores, equidad social, participación social, diversidad cultural y sustentabilidad. Tiene 12 lineamientos estratégicos, 111 políticas y 92 metas.

El Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” corresponde al periodo 2017-2021. Se basa en la modificación de condiciones estructurales de desigualdad y pobreza, que da lugar a una sociedad más justa que reconozca a las personas como sujetos de derecho a lo largo de su vida. Da prioridad a las personas con vulnerabilidad, basándose en que existen condiciones de riesgo en el transcurso de su vida y que no todas las personas cuentan con los mismos recursos y capacidades para enfrentarlas. Se encuentra compuesto por siete misiones: Ternura, Impulso Joven, Mis Mejores Años, Mujer, Casa para Todos, Manueles y Menos Pobreza Más Desarrollo. El plan incluye 9 objetivos, 81 políticas y 149 metas.

El Plan de Creación de Oportunidades, perteneciente al periodo 2021-2025, se alinea con el Plan de Gobierno 2021-2025 y la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Su enfoque radica en la formulación y ejecución de políticas públicas destinadas a fomentar el crecimiento económico y social del país. Se estructura en cinco ejes: económico y generación de empleo, social, seguridad integral, transición ecológica e institucional. Inicialmente, el plan comprendía 16 objetivos, 55 políticas y 130 metas, pero en octubre de 2022 se incorporaron tres metas adicionales al eje social.

Se evidencia una falta de continuidad y coherencia en los planes de desarrollo gubernamentales, lo que refleja una problemática arraigada en la gestión pública. Esta discontinuidad resulta perjudicial, ya que impide la consolidación de políticas efectivas y la consecución de metas a largo plazo. La ausencia de una visión común trascendente a los ciclos electorales genera inestabilidad y dificulta el uso racional de los recursos y su preservación.

Las metas de los planes de gobierno, en el ámbito de la energía, son las siguientes:

- Reducir las fuentes de contaminación hídrica.
- Ahorrar combustible en la generación eléctrica.
- Aumentar la potencia instalada de generación eléctrica y de distribución.

- Reducir las pérdidas eléctricas.
- Reducir el consumo de los sectores económicos.

Con respecto al sector del agua, un resumen de las metas, se presenta a continuación:

- Incrementar el porcentaje de la población con acceso a agua apta para el consumo y servicios de saneamiento.
- Incrementar el territorio nacional bajo protección hídrica.
- Reducir la contaminación de fuentes hídricas.
- Incrementar el porcentaje de aguas residuales que recibe tratamiento.
- Incrementar el acceso a riego y drenaje.
- Incrementar las autorizaciones para uso y aprovechamiento del agua.
- Incrementar la superficie del territorio con planes de gestión integral de los recursos hídricos.

Con respecto a las metas relativas a los alimentos, se mencionan en términos generales las siguientes:

- Erradicar la desnutrición, por grupos etáreos.
- Incrementar las exportaciones agropecuarias.
- Aumentar el índice de productividad agrícola
- Incrementar el porcentaje de la participación de alimentos producidos en el país en la dieta.
- Reducir la concentración de la tierra
- Incrementar el porcentaje de productores asociados de la agricultura familiar campesina.
- Incrementar al valor agregado industrial del sector acuícola y pesquero.

#### **6.4 Planificación sectorial**

A continuación, se realiza el análisis de la Agenda Nacional Energética 2016–2040, Plan Nacional de Eficiencia energética 2016–2035, Plan Maestro de Electricidad 2018–2027, Plan Nacional de Recursos Hídricos y Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por Cuenca Hidrográfica.

## **Planificación energética**

El uso eficiente de los recursos y la eficiencia energética están presentes en la Constitución, las leyes e instrumentos legales y de planificación energética como: la Agenda Nacional Energética-ANE (2016-2040) el Plan Nacional de Eficiencia Energética-PLANEE (2016-2035) y el Plan Maestro de Electricidad-PME (2018-2027).

En 2021 se anunció el inicio del proceso de desarrollo del Plan Energético Nacional del Ecuador–PEN 2050, que es una herramienta que orientará las acciones a largo plazo en temas de eficiencia energética, áreas de generación, expansión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad; así como en fases de exploración, producción, refinación y comercialización de hidrocarburos. Vale resaltar que su consecución fue fruto de un proceso en el que se involucraron diferentes instituciones de los sectores del agua, ambiente, productividad, planificación, finanzas y agropecuario.

**Agenda Nacional de la Energía 2016–2040.** La Agenda Nacional de Energía (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016a) es una herramienta que aporta al fortalecimiento de la planificación estratégica integral e incorpora una visión de largo plazo; sienta las bases del futuro desarrollo del sector energético ecuatoriano, como factor esencial en la promoción del bienestar ciudadano y el desarrollo productivo. Apuesta porque las directrices emanadas perduren en el tiempo y devenguen en políticas de Estado. Para ello, se han definido cinco grandes objetivos estratégicos con respecto a la matriz energética: a) planificada, equitativa; b) diversificada, renovable y sostenible; c) soberana y segura; d) eficiente; e) integrada regionalmente (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016a).

**Plan Nacional de Eficiencia Energética.** El Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE), tiene por objetivo incrementar el uso eficiente de los recursos energéticos mediante la ejecución de programas y proyectos de eficiencia energética en los sectores relacionados con la oferta y demanda de energía, a fin de reducir la importación de derivados del petróleo, contribuir a la mitigación del cambio climático y crear una cultura de eficiencia energética respaldada por una sólida base jurídica e institucional.

Por ello, el PLANEE fomenta la sustitución progresiva de combustibles y fuentes de energía con alto impacto ambiental por otros con bajo contenido o sin carbono, que incluyen fuentes de energía renovable. Entre sus tópicos más importantes se encuentran el eje jurídico e institucional requerido para la implementación del PLANEE, los objetivos específicos de los sectores residencial, comercial y público; industrial; transporte y consumo propio del sector energético y sus correspondientes líneas de acción.

Con respecto al eje jurídico, se puede señalar que hay avances. La LOEE (LOEE, 2019), aprobada en 2019, señala que el uso eficiente, racional y sostenible de la energía es política de Estado al ser fundamental para lograr un país competitivo en la producción pero además respetuoso con el ambiente. Sin embargo, no hay evidencias de la creación del Sistema de Indicadores Nacionales de Eficiencia Energética (SINEE) (Pazmiño Miranda, 2020) que es una de las metas.

El Eje Residencial, Comercial y Público plantea una estabilidad en el consumo y una disminución de la intensidad energética de estos sectores; sin embargo, los consumos desde 2016–2022 en el sector residencial han crecido a una tasa del 1.2 %.

Según Pazmiño et al. (2020), se ha cumplido con el Programa de Normalización y Etiquetado de Equipos que Consumen Energía pero el Proyecto de Definición de Mecanismos de Control y Fiscalización para la Implementación y Mejora Continua de la Norma NEC Eficiencia Energética, Climatización y Energía Renovable, se ha cumplido parcialmente.

El PLANEE, con respecto al eje industrial, consideraba un incremento significativo de su consumo energético de hasta 30 Mbep en 2026, fruto de la transformación de la matriz productiva, que implicaba mudar hacia un estilo de desarrollo con mayor valor agregado. La economía del Ecuador se caracteriza por ser primaria–extractivista, con poco valor agregado de conocimiento (Chungandro et al., 2021). El sector industrial muestra la misma tendencia de crecimiento; en 2022, el consumo fue de 16.3 Mbep.

El PLANEE es ambicioso con respecto al eje de transporte, pues prevé una disminución significativa del consumo energético de aproximadamente 5 % anual. Al contrario, el BEN 2022 presenta un incremento del 2,1 % a partir de 2016.

En la Tabla 33 se presentan los consumos de los diferentes sectores económicos y la intensidad energética del sector transporte; se compara la propuesta del PLANEE con los valores mostrados en el BEN 2022. Se puede evidenciar que no se están cumpliendo las metas establecidas. Se considera que el subsidio a los hidrocarburos es el principal impedimento para cumplirlo.

**Tabla 33.** Comparación consumo e intensidad energética, de proyección del PLANEE y BEN

	Unidades	Consumo energético aproximado proyectado (Mbep)	Consumo energético real (Mbep)
Consumo residencial, comercial y público	Mbep	18	21

Consumo transporte	Mbep	39	49
Intensidad energética transporte	bep/1000US D2007	0.48	0.92
Consumo propio	Mbep	3.7	4.3

Elaboración propia a partir de información de (MEM, 2022; Ministerio de Energía, 2017).

**Plan Maestro de Electricidad.** El Plan Maestro de Electricidad, denominado Plan de Expansión de la Generación (PEG 2018–2027), menciona que, considerando la tendencia de crecimiento, más las cargas de: proyectos de eficiencia energética, transporte, institutos públicos y privados, centros de transferencia tecnológica, empresas de alta tecnología y de desarrollo agroindustrial, se prevé un crecimiento medio del 7 % en bornes de generación. Para lograr esto se requiere implementar proyectos de generación, transmisión y distribución, por lo que se necesitan casi USD 13,000 millones.

Según el PEG 2018–2027, se prevé ampliar la capacidad de generación eléctrica conectada al Sistema Nacional Interconectado en 1.7 GW hasta 2022; sin embargo, según el BEN 2022, de 2018 a 2022 únicamente ha crecido 103 MW. Este bajo cumplimiento de la programación es debido a la situación macroeconómica del Estado, los conflictos socio ambientales y el poco interés de la iniciativa privada.

Entre los proyectos de generación, se menciona al hidroeléctrico Piatúa; sin embargo, debido a conflictos socio ambientales, la Corte Provincial de Pastaza lo suspendió, retiró la autorización del uso y aprovechamiento del caudal y revocó la licencia ambiental emitida por el Ministerio del Ambiente (G. Morán, 2017; Paz, 2019; Velázquez, 2020). Cabe señalar que existe un mayor empoderamiento de las comunidades indígenas que, junto a los colonos, en algunos casos se han opuesto a la construcción de grandes obras de infraestructuras hidroeléctrica en su hábitat, que generalmente tiene afectaciones sobre el caudal o calidad del agua, la fauna y flora, sitios sagrados, entre otros. Le corresponde al Estado abordar los conflictos políticos sociales y ambientales en torno a estos proyectos, para lo que se requiere el cumplimiento de estándares ambientales y una mejor redistribución de las rentas económicas.

Con respecto a las pérdidas de energía por distribución, el PEG 2018–2027; prevé una disminución en el tiempo; la proyección para 2022 es de 9.8 %, sin embargo, según el BEN 2022, estas han venido creciendo desde 2018 hasta alcanzar el 13.2 % en 2022.

Para mantener la efectividad y vida útil de los proyectos hidroeléctricos, se requiere la protección y conservación de las fuentes de agua y de sus ecosistemas. Sin embargo, estos están perdiendo su capacidad de regulación hídrica por el avance de la frontera agrícola, lo cual se ve

agravado por el cambio climático (Buytaert et al., 2006; Hofstede et al., 2014; MAE, 2014). Según Larrea (2012), los programas de conservación de las fuentes hídricas como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Áreas de Protección Hídrica, Proyecto Socio Bosque, entre otros, por ser débiles y carecer de estímulos adecuados, no han impedido la deforestación y eliminación de páramos.

### **Planificación hídrica**

Según la LORHUyA, existen dos niveles de planificación hidrológica al cual el Estado y los gobiernos seccionales deben sujetarse: el Plan Nacional de Recursos Hídricos y los Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por Cuenca Hidrográfica. El primero debería contener al menos los siguientes elementos: a) los balances hídricos nacionales; b) los proyectos hidráulicos; c) las necesidades específicas de conservación y protección de los ecosistemas captadores de agua; y d) las condiciones para implementar trasvases entre cuencas hidrográficas (Embid y Martín, 2018).

Por otro lado, los planes de gestión integral por cuenca deberían comprender al menos: a) la descripción de los usos presentes y futuros del agua; b) las necesidades hídricas; c) los factores de preservación del agua; d) la prelación de los aprovechamientos dependiendo de las actividades productivas; y e) la identificación de las áreas de protección hídrica (Embid y Martín, 2018).

### ***Plan Nacional de la Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas de Ecuador***

De acuerdo con las disposiciones de la LORHUyA, el MAATE —considerando las demarcaciones hidrográficas— realizó el Plan Nacional de Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas del Ecuador (PNGIRH) (CISPDR, 2016b).

El PNGIRH busca fortalecer medidas para controlar el recurso hídrico, aumentar la captación a través de infraestructura sostenible, gestionar desastres por sequías e inundaciones, asignar y usar eficientemente los recursos hídricos, garantizar protección y conservación, establecer gestión integral de cuencas, salvaguardar la seguridad del agua, promover desarrollo socioeconómico y conservación ecológica (CISPDR, 2016b; Yáñez et al., 2017).

Consiste en la planificación hidrológica de la cuenca guía, las intervenciones sobre las fuentes naturales de agua y ecosistemas acuáticos asociados de una cuenca, incluyendo la generación



hidroeléctrica, considerando sus efectos en lo social, ambiental y económico. Estos no deberían ser simplemente planteamientos teóricos. Cabe mencionar que, en la demarcación hidrográfica Santiago se desarrollan dos grandes proyectos de minería; sin embargo, en el documento no se considera este importante uso del agua (CISPDR, 2016a).

Con respecto a la contaminación del agua, la planificación hidrológica (CISPDR, 2016b) indica que para abordar la contaminación es esencial implementar medidas como la creación de áreas de protección para fuentes de agua potable y el control de diversas fuentes contaminantes. Esto incluye la gestión de contaminantes provenientes de entornos domésticos, urbanos, agrícolas, industriales y mineros. Se debe priorizar la construcción de instalaciones de tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas clave, gestionando la recolección y eliminación de aguas residuales en industrias contaminantes. Las zonas agrícolas también necesitan franjas de transición para abordar los contaminantes específicos de esa área, seguido por medidas dirigidas a las fuentes contaminantes asociadas a la actividad minera. Además, se debe mejorar la red de monitoreo de la calidad del agua para una evaluación efectiva (Senagua, 2016; Yáñez et al., 2017). Se requiere financiamiento para aplicar las medidas propuestas por el PNIGRH, sin embargo, el presupuesto de los gobiernos seccionales generalmente se orienta a la construcción de soluciones viales (CISPDR, 2016b; Yáñez et al., 2017).

### ***Plan Nacional de Riego y Drenaje***

El Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012–2026 tiene algunos objetivos que se han cumplido parcialmente debido a la pandemia y cambios institucionales y otros faltan de cumplirse, como el inventario nacional de riego y el control de afluentes contaminantes de agua superficial y subterránea (MAATE, 2021).

Uno de los objetivos es ampliar la cobertura de riego y mejorar su eficiencia. Cabe señalar que la eficiencia de riego es del 67 % debido al deterioro de la infraestructura y expansión de la zona urbana. En este objetivo se encuentra incrementar el riego tecnificado a 57,000 ha. Otros objetivos son fortalecer las asociaciones de regantes, reorganizar caudales y garantizar la calidad y cantidad de agua.

## **6.5 Situación que requiere una acción pública**

En esta investigación se han encontrado situaciones que requieren de una acción pública con respecto al uso ineficiente de recursos y los efectos que pudiera tener uno de ellos sobre otros recursos o grupos humanos. Se las describe a continuación:

Los planes de desarrollo de los diferentes gobiernos de turno se encuentran desarticulados con

respecto al anterior; no hay coincidencia de lineamientos, ejes, políticas ni metas. Existe una falta de consensos políticos y entre los diferentes poderes del Estado. Para alcanzar objetivos nacionales, como la preservación de los recursos los cuales pueden durar muchos años.

La Constitución del Ecuador y las leyes sectoriales, hacen referencia a un manejo eficiente, racional y sostenible de los recursos de agua, energía y suelo, además de garantizar autosuficiencia de alimentos. Sin embargo, las planificaciones sectoriales tienen un bajo nivel de cumplimiento.

La debilidad institucional se evidencia en la laxitud de las políticas o su inexistencia, la falta de cumplimiento de las normas existentes, la ausencia de sanciones rigurosas o insuficiente voluntad política. Esta característica se identifica como la causa de la contaminación del agua y el alto consumo energético. Los principios declarativos de la Constitución del Ecuador con respecto a la seguridad hídrica y soberanía alimentaria y energética, no son operativos ante una débil gobernanza. En este contexto, los intereses privados, que persiguen fines distintos, pueden constituir un gran obstáculo para la implementación del enfoque del nexo WEF.

Los datos e información son escasos, dispersos, no sistematizados, incompletos, de mala calidad y en algunos casos reservados. No obstante que, en Ecuador, es responsabilidad de las instituciones públicas, crear y mantener registros de manera profesional, para que los ciudadanos puedan ejercer su derecho a la información. Para una planificación adecuada es fundamental tener un sistema de información consolidado, que sea además la base para una ciudadanía informada, consciente y propositiva. El enfoque del nexo WEF, requiere usos desagregados de los recursos naturales y una evaluación sistemática de los estados de estos.

El Ecuador importa la mitad de la energía que consume. Para producir una unidad de riqueza utiliza cada vez más energía que el promedio de ALC. Se prevé que el país se convierta en importador neto de petróleo para 2030, debido a la reducción de sus reservas, la viscosidad creciente, los problemas socio ambientales y el alto consumo. El artificialmente bajo precio de los derivados de petróleo estimula: el contrabando de derivados de petróleo, la explotación de aguas subterráneas y la sobrepoblación de transporte pesado. Por otro lado, el subsidio generalizado de los combustibles desestimula el desarrollo de nuevas fuentes energéticas y el deseable hábito de ahorro energético.

El Ecuador tiene explotada la cuarta parte de su capacidad de generación hídrica, la cual es una fuente limpia, barata, sostenible y endógena de producir energía moderna y con ello impulsar la economía y fortalecer la seguridad hídrica y alimentaria. No obstante, los conflictos socio ambientales, la escasa inversión pública o privada, la disminución de la regulación hídrica por parte de los ecosistemas debido a la expansión de la frontera agrícola, el ENSO y el cambio

climático pueden afectar su desarrollo.

La contaminación del agua es un problema mayor en el Ecuador. La falta de tratamiento de las aguas residuales urbanas, la mala gestión de insumos químicos o biológicos en el sector agropecuario, los desechos pecuarios, la producción de petróleo y la minería son sus principales causas. No existe un monitoreo sistemático de la calidad del agua.

El incremento exponencial de las autorizaciones de uso de agua subterránea se produce en un contexto de contaminación de los cuerpos de agua superficiales y de bajo precio de los combustibles. Existe el riesgo de una explotación intensiva y contaminación de los acuíferos, lo que pondría en peligro su sostenibilidad, así como su accesibilidad para las poblaciones más vulnerables, que dependen de estos recursos hídricos subterráneos para su suministro de agua potable.

El consumo de agua entubada en el Ecuador es uno de los mayores de la región de ALC. El 70 % de viviendas tienen acceso a agua, pero su calidad es cuestionable. Un 10 % de las aguas servidas urbanas reciben tratamiento, por lo que esta situación ha sido reconocida como la principal causa de la contaminación del agua en el Ecuador. La desnutrición crónica infantil se debe, entre otros factores, al agua contaminada.

Únicamente las dos terceras partes de la infraestructura de riego es efectiva debido al envejecimiento de sistemas, obras inconclusas, y expansión urbana. El sistema de riego más utilizado es por gravedad, el cual presenta significativas pérdidas. La oferta hídrica va decayendo, con el consecuente acaparamiento de agua para riego. La tecnificación del riego es una meta deseable, sin embargo, hay que considerar la demanda energética que esto implica y que no impulsa el avance de la frontera agrícola. El riego mediante energías renovables es una opción, sin embargo, el bajo precio de los combustibles desestimula cualquier iniciativa.

Hay diferencias en el acceso a los recursos entre los grupos agroindustriales-exportadores y la economía familiar campesina. Ecuador es uno de los principales exportadores de alimentos en la región, lo que supone una presión adicional sobre los recursos de agua y energía. Aproximadamente la mitad de la huella hídrica y del consumo energético de la producción de alimentos está relacionada con la exportación. Sin embargo, este país depende de importaciones de alimentos, lo que implica una vulnerabilidad ante eventos externos.

El transporte tiene la intensidad energética más alta de la región luego de Bolivia. El combustible que utiliza es un 67 % importado. Con el fin de disminuir la importación de combustibles, se crearon los cultivos energéticos en Ecuador, que compiten con los alimentos por los recursos de suelo y agua. Del consumo energético total del sector transporte, la mitad es debido al traslado de mercancías, y de estas el 40 % es de alimentos. A pesar de la

importancia de este sector, se evidencia una debilidad institucional que se manifiesta en bases de datos de mala calidad, incumplimiento de normativas y controles laxos.

El sector pesquero artesanal requiere de una intervención del Estado para ser contribuyente a la seguridad alimentaria. Sin embargo, cabe señalar que los subsidios al combustible lo hacen insostenible y alientan a los grupos irregulares.

## **6.6 Propuesta de política pública**

A continuación, se proponen políticas públicas encaminadas a un manejo más eficiente de los recursos y a un abordaje interdependiente entre los sectores de agua, energía y alimentos, con el objetivo de aumentar la seguridad hídrica, energética y alimentaria. Es importante reconocer que las propuestas de políticas pueden variar en su dificultad de implementación y alcance. No obstante, el gobierno no debería limitarse a aplicar solo aquellas que son más visibles, ignorando aquellas de largo aliento que, aunque menos perceptibles inicialmente, son fundamentales para lograr un impacto significativo en el futuro.

Las propuestas son en políticas de Estado, coordinación institucional, necesidad de información fiable, fortalecimiento institucional, desvinculación de los hidrocarburos, inversiones, cambios culturales, planificación flexible, pesca artesanal, empresa privada, instrumentos económicos, gobernanza del agua, uso de agroquímicos, aguas residuales urbanas, planificación flexible de hidroeléctricas y biocombustibles. Se presentan a continuación:

- Creación de un cuerpo legal que permita a la Secretaría Nacional de Planificación establecer prescripciones que aseguren una continuidad de los planes de desarrollo de cada gobierno. Esto con el fin de evitar que las políticas de preservación de recursos estén sujetas al vaivén de los gobiernos de turno.
- Creación de mecanismos formales de coordinación interinstitucional entre las entidades rectoras, tales como el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Agua, Ambiente y Transición Ecológica, Agricultura y Ganadería, Industria, Comercio Exterior, Productividad y Pesca, en la elaboración, aprobación y ejecución de la planificación. Asegurar que los gobiernos seccionales realicen su planificación bajo la consideración de la interdependencia de los recursos del nexo WEF.
- Una normativa que establezca la necesidad de que el INEC, como entidad encargada de la producción de información estadística del Ecuador, asegure la disponibilidad de información fehaciente referente al uso y aprovechamiento de los recursos de agua, energía y alimentos y garantizar la publicidad y libre acceso. Para esto, las instituciones

deberán recopilar y administrar los datos e información que pudieran provenir del sector público, privado o de la academia. Esto supone capacitación del personal para manejar datos que permitan el entrecruce con aquellos provenientes de otros ámbitos y así levantar indicadores relevantes.

- Fortalecer a las entidades e instituciones públicas con capacidades tecnológicas, humanas y financieras, bajo los principios de transparencia, rendición de cuentas y participación ciudadana, con la finalidad de potenciar las capacidades de las instituciones para implementar las planificaciones sectoriales.
- Diseñar y aplicar precios, tarifas e instrumentos económicos acordes a la realidad, simultáneamente con la introducción de sistemas efectivos de subsidios para quienes lo requieran. Para ello se necesita que las políticas sectoriales y los instrumentos económicos apunten al mismo objetivo. El precio de la energía debe ser revisado.
- Iniciar un proceso de desvinculación de la economía de los hidrocarburos, con un proceso disruptivo en las estructuras productivas que den valor agregado de conocimiento e innovación, que promuevan el desarrollo de capacidades endógenas, la disminución de asimetrías tecnológicas y de conocimiento, y que evite el uso predatorio de sus recursos naturales
- Promover las inversiones acordes con el enfoque del nexo y/o al mejoramiento de la eficiencia en el uso de recursos. Para ello se requieren condiciones institucionales adecuadas, con una legislación acorde y una planificación efectiva y coherente con los incentivos fiscales.
- Fomentar el cambio de paradigmas culturales hacia estilos de vida más conscientes, que privilegien el consumo responsable y la economía circular con la finalidad de reducir la presión sobre los recursos naturales.
- Establecer una gobernanza eficaz y una planificación flexible en torno a los proyectos, que le permita abordar los conflictos políticos, sociales y ambientales de una manera justa con el cumplimiento de estándares sociales y ambientales, y una mejor captura, distribución y uso de las rentas económicas.
- Una planificación flexible, capaz de adaptarse a la incertidumbre de la economía, de la sociedad y del cambio climático. Como opciones se plantean sistemas hidroeléctricos de menor tamaño que, si bien son menos eficientes, producen menor impacto ambiental

y eventualmente pudieran generar empoderamiento en la población aledaña; estos pueden ubicarse a ambos flancos de la cordillera, lo que reduce la vulnerabilidad ante variables climáticas.

- Diversificar las fuentes de generación energética renovable, con el fin de reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica, cuya vulnerabilidad a los cambios climáticos puede agravarse.
- Rediseñar el necesario apoyo al sector pesquero artesanal como parte fundamental de la soberanía alimentaria, con medidas no vinculadas al combustible como pueden ser regulaciones efectivas para evitar la sobrepesca; construcción de infraestructura, como muelles, embarcaderos, mercados; facilidades para la adquisición de mejoras tecnológicas y de capacitación, entre otras.
- Involucrar a la empresa privada, en el aumento de eficiencias en el uso del agua y la energía. Este sector con el fin de demostrar su compromiso con la sostenibilidad y acceder a mercados más exigentes con requisitos ambientales estrictos, se encuentra interesada en el cumplimiento de normativas y certificaciones ambientales. Sería deseable que esto se desarrolle en el marco de políticas públicas que proporcionen guías claras de comportamiento.
- Fortalecer la gobernanza del agua, a través de: la gestión integral de los recursos hídricos, que garantice el acceso, uso y aprovechamiento justo, equitativo y sostenible del agua para las diferentes actividades presentes en la cuenca, respetando el orden de prelación; realizar de manera sistemática el diagnóstico, prevención, control, mejoramiento y conservación de la calidad del agua; la modernización de los sistemas de riego, con la finalidad de incrementar la producción de alimentos y el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades rurales, pero que eviten la expansión de la frontera agrícola; las áreas de protección hídrica, que garantice el mantenimiento y conservación del recurso agua que abastezcan el consumo humano o garanticen la soberanía alimentaria, pero también los otros aprovechamientos como la generación hidroeléctrica.
- Establecer una normativa para el uso de insumos químicos biológicos en el sector agropecuario con el fin de prevenir los efectos perjudiciales sobre la calidad del agua, el medio ambiente y el ser humano.
- Apoyar a los gobiernos seccionales en la búsqueda de fuentes de financiamiento para el

tratamiento de aguas residuales urbanas.

- Una política pública enfocada en la promoción de medios de transporte más eficientes y sostenibles, con el fin de reducir la dependencia del sector automotriz de combustibles importados. Paralelamente, se debe fomentar la investigación y desarrollo de alternativas a los biocombustibles que no compitan con la producción de alimentos ni agoten recursos naturales escasos. Además, es esencial implementar medidas de control y regulación que garanticen la sostenibilidad ambiental y social de la producción de biocombustibles con el fin de mitigar los impactos negativos en la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

## 7 CONCLUSIONES

Esta tesis doctoral aborda el problema de la correlación de riesgos entre los sectores de agua, energía y alimentos cuya escasez podría causar inestabilidad económica, social y política. El enfoque del nexo agua, energía y alimentos subraya la interdependencia entre estos recursos y propone cambios integrales que implique modificar políticas y estructuras.

En ALC, la interrelación entre agua, energía y alimentos es compleja, debido a su alta dependencia de recursos naturales y a los efectos del cambio climático. El Ecuador es un país exportador de petróleo, lo cual ha influido fuertemente en su modelo de desarrollo y en su matriz energética.

El objetivo general de esta tesis fue analizar las interrelaciones del nexo WEF en la matriz energética del Ecuador, lo cual fue desarrollado en las siguientes seis fases de investigación: revisión de literatura, levantamiento primario de datos, análisis de ámbitos de interrelación, caracterización de la matriz energética, identificación de interrelaciones prioritarias y proposición de políticas públicas.

El paradigma de investigación escogido fue el pospositivismo, puesto que se considera la medición de las interrelaciones de agua, energía y alimentos, como central para su comprensión y comparación. Este análisis cuantitativo fue enriquecido con una comprensión global del contexto que incluyó factores económicos, sociales y ambientales. El diseño de la investigación es no experimental transversal y descriptiva. Utiliza como técnicas la encuesta y la información secundaria de bases de datos.

El resultado global de la investigación es que el bajo precio de los combustibles influye en la interrelación con los recursos de agua y alimentos. Por otro lado, los gobiernos de turno, en su búsqueda de ingresos económicos para la caja fiscal, han fomentado la extracción de petróleo y minerales y la producción de banano, camarón, atún, cacao, entre otros, para lo cual se requieren grandes cantidades de agua y energía. Esto tiene repercusiones sobre la calidad del agua, la dependencia energética, los ecosistemas, y está activando conflictos socio ambientales. El primer objetivo de la investigación fue caracterizar el actual modelo energético del Ecuador, lo cual se realizó mediante el análisis de las dimensiones de disponibilidad, infraestructura, precios de la energía, eficiencia, impacto social, medio ambiente y gobernanza. Esta caracterización muestra que el Ecuador; cuenta con abundantes recursos hidrocarbúricos e hidroeléctricos, además de otras fuentes de energías renovables y produce el doble de hidrocarburos de lo que consume. En comparación con sus países vecinos, presenta mejores indicadores en oferta total de energía, acceso, consumo de leña, asequibilidad, renovabilidad de su matriz eléctrica y bajos niveles de pobreza energética. Sin embargo, enfrenta desafíos en



intensidad energética final especialmente en el sector transporte y en el desarrollo de energías renovables no hidráulicas.

El bajo precio de los derivados de petróleo se identifica como una de las causas de la ineficiencia, del contrabando, del significativo incremento de autorizaciones de agua subterránea, del bajo desarrollo de energías renovables no hidráulicas, sobrepoblación de camiones, entre otros.

A partir del año 2000, el consumo de derivados de petróleo creció, lo que resulta en un aumento anual del 3 % en importaciones energéticas que constituyeron la mitad del consumo en 2021. La dependencia energética externa creciente, la declinación de reservas probadas, las restricciones socio ambientales y la presencia de crudo cada vez más viscoso, indican que Ecuador podría ser importador neto de petróleo en 2030, amenazando a la caja fiscal y con ello la generosa política de subsidios a los combustibles.

El segundo objetivo de la investigación fue la identificación de las interrelaciones prioritarias del nexo WEF. Por ello, se analizó en profundidad la cadena alimentaria, los biocombustibles y el transporte de agro alimentos. También se reconocieron como prioritarias a la hidroenergía, la explotación de petróleo, la minería y el servicio de agua potable y saneamiento. A continuación, se detallan los hallazgos obtenidos.

- El transporte de carga es el sector de mayor consumo en el Ecuador, y los alimentos generan el 40 % de esta demanda. A pesar de su importancia, se evidencia debilidad institucional que se manifiesta en sobrepoblación de camiones, bases de datos de mala calidad e incumplimiento de normativas.
- La alta demanda del sector obliga al país a importar crecientes volúmenes de derivados de petróleo. En este contexto nacen los biocombustibles, con la finalidad de lograr una sustitución efectiva de combustibles foráneos. Sin embargo, este energético escasamente ha cumplido con el objetivo de reducir las importaciones de derivados de petróleo, ya que su aporte en 2019 fue menor al 2 %, que rápidamente fue eclipsado por un crecimiento del 5 % en la demanda de gasolina. Por otro lado, han puesto en riesgo la seguridad alimentaria del Ecuador, al convertirse en el noveno ítem producido por terrenos con suelo con vocación agrícola, el séptimo con más áreas regadas, y por utilizar un sistema de producción basado en el monocultivo y con amplia utilización de agroquímicos.
- El hecho de que Ecuador sea uno de los principales exportadores de alimentos de la región ha implicado un alto consumo de insumos químicos o biológicos para potenciar

la producción. Si a esto se le suma la escasa regulación por parte de las autoridades de control, resulta un riesgo potencial de contaminación de suelo y agua.

- Por otra parte, la producción de alimentos de exportación tiene un alto consumo energético, destacándose el sector de la pesca y la acuicultura que representó el 7 % del total de consumo de derivados de petróleo en 2019. Igualmente, los productos que presentan mayor huella hídrica son el cacao (7.6 km<sup>3</sup>), el banano (3.8 km<sup>3</sup>). Aproximadamente, la mitad de la huella hídrica producida se orientan al mercado internacional debido a las exportaciones.
- Ecuador ha explotado una cuarta parte de su potencial hidroeléctrico, por lo que cuenta con una fuente limpia, barata, sostenible y endógena de producir energía moderna y con ello fortalecer la seguridad energética y de manera sinérgica la seguridad hídrica y alimentaria. Ecuador, con 75 % tiene uno de los mayores porcentajes de generación hidroeléctrica en su matriz eléctrica. No obstante, los conflictos socio – ambientales, la escasa inversión pública o privada, la disminución de la regulación hídrica por parte de los ecosistemas debido a la expansión de la frontera agrícola, el ENSO y el cambio climático pueden afectar su desarrollo.
- La explotación de petróleo desempeña un papel crucial en la economía del Ecuador. Conforme se encuentra crudo de mayor viscosidad, se incrementa la intensidad en el uso de energía y agua. Esta actividad, consume alrededor del 12 % del consumo energético nacional. La cantidad de agua de formación que se produce en el proceso de explotación es de 200 hm<sup>3</sup> al año, lo que representa un riesgo para la contaminación de agua superficial y de acuíferos. La explotación petrolera ha tenido y sigue teniendo impactos socio ambientales, por ello tiene un alto nivel de conflictividad en el Ecuador.
- La explotación minera a gran escala, de oro, plata y cobre, es la apuesta del Ecuador ante el inminente decaimiento de la producción petrolera, no obstante, presenta el mayor nivel de conflictividad. Este tipo de proyectos se caracterizan por su alto consumo de energía, de agua y por la contaminación del agua debido al proceso de extracción. Únicamente hay dos proyectos en operación. Los datos arrojan un consumo del 3 % de energía eléctrica y una cantidad insignificante de agua.
- Con el servicio de agua potable y saneamiento, el Estado cumple con garantizar el derecho al agua limpia y segura de la población. El Ecuador, con 230 l/s, tiene el mayor consumo de agua entubada en la región. El 70 % del país tiene agua entubada, pero su

calidad es cuestionable. Aproximadamente el 10 % del agua servida es tratada, razón por la cual es considerada la primera causa de contaminación de los cuerpos de agua. Las autorizaciones para consumo de agua en el Ecuador son del 2 %. El consumo energético para transporte y distribución es de aproximadamente el 4 % de electricidad. En el tercer objetivo de la investigación, se propusieron políticas públicas encaminadas a promover la sostenibilidad, lo que se concretó planteando marcos normativos que fomenten el uso eficiente de recursos, la planificación intersectorial y la mejora de la información. Se propone un amplio acuerdo nacional para tener políticas de Estado independientes del vaivén político; creación de canales formales de coordinación institucional para la elaboración y ejecución de la planificación; diseñar y aplicar precios, tarifas e instrumentos económicos que permitan un uso sostenible de los recursos; mejorar la gestión de las instituciones públicas, que permitan implementar la política en territorio; fortalecer la gobernanza del agua en concordancia con el Plan de Gestión Integral de los Recursos Hídricos. Sin descartar lo anterior, esta investigación considera que el Ecuador requiere cambios disruptivos en políticas, instituciones y cultura para lograr un uso eficiente de los recursos, sobre lo cual la Constitución del Ecuador insiste de manera reiterativa y es un principio fundante en la concepción inicial del nexo WEF. La mayor conciencia sobre la seguridad de los recursos que el mundo está viviendo, puede ser capitalizada, para negociar nuevos pactos sociales tendientes a alcanzar un manejo más racional y cuidadoso de estos.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. (2006). *Breve Historia Económica del Ecuador* (Segunda).  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/111157-opac>
- Acosta, A., y Martínez, E. (2010). *Agua un derecho humano fundamental* (Nadesha Montalvo Rueda). Abya Yala. <https://abyayala.org.ec/producto/agua-un-derecho-humano-fundamental-pdf/>
- Acosta Espinosa, A. (2011). La reforma a la ley de hidrocarburos y la renegociación de los contratos petroleros. *La Tendencia*.  
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/4422/1/RFLACSO-LT11-15-Acosta.pdf>
- Acosta Espinosa, A., Darlic, V., y Granja, G. (1989). Estadísticas Energéticas del Ecuador. *ILDIS*. [https://ecuador.fes.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/indice\\_libros-energeticas-0136.pdf](https://ecuador.fes.de/fileadmin/user_upload/pdf/indice_libros-energeticas-0136.pdf)
- ADITAL. (2006, octubre 24). *Ecuador: Construcción de hidroeléctricas provoca conflictos*. Biodiversidad en América Latina.  
[https://www.biodiversidadla.org/Principal/Prensa/Ecuador\\_construccion\\_de\\_hidroelectricas\\_provoca\\_conflictos](https://www.biodiversidadla.org/Principal/Prensa/Ecuador_construccion_de_hidroelectricas_provoca_conflictos)
- Adopción como política pública la Agenda 2030, Pub. L. No. Decreto 371 (2018).  
[https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/instrument/files/decreto\\_371\\_71305.pdf](https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/instrument/files/decreto_371_71305.pdf)
- AEADE. (2019). *Anuario 2018* (Mauricio Montenegro / La Caracola Editores). Editorial Ecuador.
- Algora-Buenafé, A., Bermúdez, P., Merino-Salazar, Gómez García, A., Ramón, A., García, G., Einstein, A., Carcelén, -, y Quito-Ecuador. (2017). Epidemiological study of fatal road traffic accidents in Ecuador. *Australasian Medical Journal*, 10, 238-245.  
<https://doi.org/10.21767/AMJ.2017.2951>

- Allouche, J., Middleton, C., y Gyawali, D. (2015). Technical veil, hidden politics: Interrogating the power linkages behind the nexus. *Water Alternatives*, 8(1).
- Almeida, A. (2009). Criminalización de la protesta contra la explotación petrolera en la Amazonía. En *Riqueza privada, pobreza pública*. CIDSE.
- Al-Saidi, M., y Elagib, N. A. (2017). Towards understanding the integrative approach of the water, energy and food nexus. *Science of The Total Environment*, 574, 1131-1139. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.046>
- Altomonte, H., Coviello, M. F., y Lutz, W. F. (2003). *Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Restricciones y perspectivas*. Naciones Unidas, CEPAL.
- Amigo-Jorquera, C., Guerrero-González, M. J., Sannazzaro, J., y Urquiza-Gómez, A. (2019). Does energy poverty have a female face in Chile? *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 2(1), 378-390. <https://doi.org/10.1080/25729861.2019.1608038>
- ANA. (2015). *Huella Hídrica del Perú. Sector Agropecuario*. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/huella-hidrica-2015-ana-peru.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/huella-hidrica-2015-ana-peru.pdf)
- Ang, B. W., Choong, W. L., y Ng, T. S. (2015). Energy security: Definitions, dimensions and indexes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1077-1093. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.064>
- Arbitraje TBI. (2018, septiembre 7). *Tribunal Internacional Resuelve a favor de Chevron en Caso Contra Ecuador*. <http://www.juiciocrudo.com/arbitraje.php/articulo/tribunal-internacional-resuelve-a-favor-de-chevron-en-caso-contra-ecuador/10189>
- ARCA. (2017). *Director Ejecutivo de Arca recorre medios de comunicación en Guayas y Santa Elena*. Comunicados. <http://www.regulacionagua.gob.ec/director-ejecutivo-de-arca->

recorre-medios-de-comunicacion-en-guayas-y-santa-elena/

ARCA. (2021). *Boletín Estadístico 2021*. [http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boleti%CC%81n-estadi%CC%81stico-APS-2021\\_fn\\_v02.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boleti%CC%81n-estadi%CC%81stico-APS-2021_fn_v02.pdf)

ARCERNNR. (2020). *Informe de Sustento Proyecto Regulacion de Subsidios.pdf*. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/02/Informe-de-Sustento-Proyecto-Regulacion-de-Subsidios.pdf>

ARCERNNR. (2021). *Línea de Tiempo General sobre la Normativa e Institucionalidad del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/TL-EES-R3.pdf>

ARCERNNR. (2022). *Difusión de tarifas y subsidios de energía eléctrica*. <https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/11.-Difusio%CC%81n-de-tarifas-y-subsidios-de-energi%CC%81a-ele%CC%81ctrica-.pdf>

ARCERNNR. (2023). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2022*. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/EstadisticaAnual2022-baja-1.pdf>

ARCONEL. (2019). *Proyecto de Regulación: Generación Eléctrica a Partir de Residuos o Desechos Sólidos No Peligrosos Municipales*. [https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/10/Inf-Sustento\\_RSNNPM-Dif-Ext.pdf](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/10/Inf-Sustento_RSNNPM-Dif-Ext.pdf)

Arias, K. M. (2014). *Gobernanza energética y neonacionalismo, caso refinería del pacífico: Implicaciones en política energética, económica, social y ambiental* [Posgrado, FlacsoAndes].

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/10469/6178/TFLACSO->

2014KMAM.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Arroyo, V., Ballesteros, M., y Mejía, A. (2015). *Inseguridad Económica del Agua en Latinoamérica: De la abundancia a la inseguridad*. CAF. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00406.pdf>
- ASOCAÑA. (2020, septiembre 30). *Sector Agroindustrial de la Caña*. Asocaña - Sector Agroindustrial de la Caña. <https://www.asocana.org/Default.aspx>
- Avadí, A., Bolaños, C., Sandoval, I., y Ycaza, C. (2015). Life cycle assessment of Ecuadorian processed tuna. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(10), 1415-1428. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0943-2>
- Ayala, E. (2008). *Resumen de historia del Ecuador* (3ª ed. act). Corporación Editora Nacional.
- Ayres, R. U., y Simonis, U. E. (1994). *Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development*. United Nations university press.
- Ayres, R. U., Van Den Bergh, J. C., y Gowdy, J. M. (1998). *Viewpoint: Weak versus strong sustainability*. Tinbergen Institute Discussion Paper.
- Banco Central del Ecuador. (2015). Reporte de coyuntura sector agropecuario. *Publicaciones económicas, 88-II-2015*.
- Banco Central del Ecuador. (2016). Reporte de coyuntura sector agropecuario. *Publicaciones económicas, 88-IV-2015*.
- Banco Central del Ecuador. (2017). Reporte de coyuntura sector agropecuario. *Publicaciones económicas, 90-II-2017*.
- Banco Central del Ecuador. (2018). Reporte de coyuntura sector agropecuario. *Publicaciones económicas, 91-II-2018*.
- Banco Central del Ecuador. (2019, octubre). Reporte de coyuntura. Sector agropecuario. *Banco Central del Ecuador, 92-IIT*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyu>

ntura/Integradas/etc201902.pdf

Banco Central del Ecuador. (2020). Reporte de coyuntura sector agropecuario. *Publicaciones económicas, 92-IV-2019*.

Barbero, J., y Guerrero, P. (2017). *El transporte automotor de carga en América Latina: Soporte logístico de la producción y el comercio*. <https://bit.ly/3dFUjlc>

Bardi, U. (2009). Peak oil: The four stages of a new idea. *Energy, 34(3)*, 323-326. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.08.015>

Barraza, F., Maurice, L., Uzu, G., Becerra, S., López, F., Ochoa-Herrera, V., Ruales, J., y Schreck, E. (2018). Distribution, contents and health risk assessment of metal(loid)s in small-scale farms in the Ecuadorian Amazon: An insight into impacts of oil activities. *Science of The Total Environment, 622-623*, 106-120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.246>

BCE. (2010). *La economía ecuatoriana luego de 10 años de dolarización*. <https://bit.ly/2ztOGb0>

BCE. (2012). *Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cspe201266.pdf>

BCE. (2020). *Evolución de la Balanza Comercial Enero – Diciembre 2019*. Banco Central del Ecuador.

BCE. (2022a). *Boletín del Sector Minero. Primer Trimestre 2022*. Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero072022.pdf>

BCE. (2022b). *Cifras del Sector Petrolero*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/indice.htm>

BCE. (2023a). *Estadísticas de Comercio Exterior*. <https://sintesis.bce.fin.ec/BOE/OpenDocument/2303281959/OpenDocument/opendoc/>



openDocument.jsp?logonSuccessful=true&shareId=1

BCE. (2023b). *Informe de la evolución económica de la economía ecuatoriana en 2022 y perspectivas* 2023.

[https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/EvolEconEcu\\_2022pers2023.pdf](https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/EvolEconEcu_2022pers2023.pdf)

Becerra, S., Paichard, E., Maurice, L., y others. (2013). Vivir con la contaminación petrolera en el Ecuador: Percepciones sociales del riesgo sanitario y capacidad de respuesta. *Revista Lider*, 15(23), 102-120.

Bellfield, H. (2015a). *The-Water-Energy-Food-Nexus-in-LAC-April-2015-lower-res.pdf*. Global Canopy Programme. <https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/03/The-Water-Energy-Food-Nexus-in-LAC-April-2015-lower-res.pdf>

Bellfield, H. (2015b). *The-Water-Energy-Food-Nexus-in-LAC-April-2015-lower-res.pdf*. Global Canopy Programme. <https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/03/The-Water-Energy-Food-Nexus-in-LAC-April-2015-lower-res.pdf>

Bernal, M., y Rodríguez, C. (2020, junio 18). *Ecuador: Más de 500 mil toneladas de azúcar se proyectan para la zafra de caña este año | Noticias Agropecuarias*. El Productor. <https://elproductor.com/ecuador-mas-de-500-mil-toneladas-de-azucar-se-proyectan-para-la-zafra-de-cana-este-ano/>

Berndes, G. (2002). Bioenergy and water—The implications of large-scale bioenergy production for water use and supply. *Global Environmental Change*, 12(4), 253-271. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00040-7)

Bertinat, P. (2016). *Transición energética justa: Pensando la democratización energética*. Friedrich-Ebert-Stiftung Uruguay. <https://tallerecologista.org.ar/wp-content/uploads/2019/02/Doc.-FES-2016.pdf>

Beteta, H., y Moreno-Brid, J. C. (2012). El desarrollo en las ideas de la CEPAL. *Journal of*

- Economic Literature*, 9. <https://www.scielo.org.mx/pdf/eunam/v9n27/v9n27a4.pdf>
- Bitar, S. (2016). Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina: Edición 2016. CEPAL. <https://bit.ly/2YZhgeW>
- Bloomer, A., Jagoda, K., y Landry, J. (2010). Canadian oil sands: How innovation and advanced technologies can support sustainable development. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 9(2), 113-132. [https://doi.org/10.1386/tmsd.9.2.113\\_1](https://doi.org/10.1386/tmsd.9.2.113_1)
- Boelens, R., Hoogesteger, J., y Baud, M. (2015). Water reform governmentality in Ecuador: Neoliberalism, centralization, and the restraining of polycentric authority and community rule-making. *Geoforum*, 64, 281-291. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.07.005>
- Bolton, R., y Foxon, T. J. (2015). Infrastructure transformation as a socio-technical process— Implications for the governance of energy distribution networks in the UK. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 538-550. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.02.017>
- Boyd, C. E., Davis, R. P., Wilson, A. G., Marcillo, F., Brian, S., y McNevin, A. A. (2021). Uso de recursos en la cría de camarón blanco. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(4), 772-788. <https://doi.org/10.1111/jwas.12818>
- Brandao, R., Diez-Roux, E., Taddia, A. P., Mendoza, S. M. D. la P., y Peña, E. D. la. (2013). *Diagnóstico de seguridad vial en América Latina y El Caribe: 2005 - 2009*. Inter-American Development Bank.
- Brassel, F., Breilh, J., y Zapatta, A. (Eds.). (2011). *¿Agroindustria y soberanía alimentaria? Hacia una ley de agroindustria y empleo agrícola*. Sistema de Investigación de la Problemática Agraria en el Ecuador (SIPAE).
- Bravo, E., y Acosta, A. (2020). La Ley de Soberanía Alimentaria a los 10 años. En E. Daza, T.

- Artacker, y R. Lizano (Eds.), *Cambio climático, biodiversidad y sistemas agroalimentarios: Avances y retos a 10 años de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en Ecuador*. Editorial Abya-Yala.  
<https://doi.org/10.7476/9789978105689>
- Brent, A. C., y Pretorius, M. W. (2008). Sustainable development: A conceptual framework for the technology management field of knowledge and a departure for further research. *South African Journal of Industrial Engineering*, 19(1), 31-52.
- Briones-Hidrovo, A., Uche, J., y Martínez-Gracia, A. (2019). Estimating the hidden ecological costs of hydropower through an ecosystem services balance: A case study from Ecuador. *Journal of Cleaner Production*, 233, 33-42.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.068>
- Brown, L. R. (2008). *Plan B 3.0: Mobilizing to save civilization (substantially revised)*. WW Norton & Company.
- Brundtland, G. H. (1987). Our common future—Call for action. *Environmental Conservation*, 14(4), 291-294.
- Bryant, S. T., Straker, K., y Wrigley, C. (2020). Designing our sustainable energy future: A shock doctrine for energy. *Energy Policy*, 147, 111914.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111914>
- Buccina, S., Chene, D., y Gramlich, J. (2013). Accounting for the environmental impacts of Texaco's operations in Ecuador: Chevron's contingent environmental liability disclosures. *Accounting Forum*, 37(2), 110-123.  
<https://doi.org/10.1016/j.accfor.2013.04.003>
- Burke, P. J., y Nishitateno, S. (2015). Gasoline Prices and Road Fatalities: International Evidence. *Economic Inquiry*, 53(3), 1437-1450. <https://doi.org/10.1111/ecin.12171>
- Burns, C. (2013). Important Water-Energy Nexus Considerations. *A Sustainability Assessment*.

- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., y Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, 79(1-2), 53-72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.002>
- Caicedo Camposano, O., Balmaseda Espinosa, C., y Proaño Saraguro, J. (2015). Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24, 18-22.
- Cajamarca Carrazco, D. I., Ávalos, P., Meléndrez, T., López, F., y Paredes, M. (2018). Polución Hídrica en el Ecuador, como Resultado del Proceso Agroindustrial Cañero. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (septiembre 2018). En línea. [//www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/polucion-hidrica-ecuador.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/polucion-hidrica-ecuador.html)
- Calatayud, A., Sánchez González, S., Bedoya Maya, F., Giraldez Zúñiga, F., y Márquez, J. M. (2021). *Congestión urbana en América Latina y el Caribe: Características, costos y mitigación*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0003149>
- Calderón Hoffmann, A., Dini, M., Stumpo, G., y others. (2016). *Los desafíos del Ecuador para el cambio estructural con inclusión social*.
- Calderón Loor, M., Andrade, F., Lizarzaburu, L., y Masache, M. (2017). *Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador*. CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41830/1/S1700556\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41830/1/S1700556_es.pdf)
- Callon, M. (1984). Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. *The sociological review*, 32(1\_suppl), 196-233.
- Calvo, R., Álamos, N., Billi, M., Urquiza, A., y Lisperguer, R. C. (2021). *Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47216/4/S2100433\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47216/4/S2100433_es.pdf)
- Camacho-López, C. O., Carrión-Paqui, N. S., y Jaramillo-Villa, A. F. (2021). Análisis

- multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Zamora Chinchipe. *Polo del Conocimiento*, 6(11), Article 11.  
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3325>
- Campbell, C. J., y Laherrère, J. H. (1998). The end of cheap oil. *Scientific American*, 278(3), 78-83.
- Campos, A., Banda, R., K. Sinichenko E, y Gritsuk. (2016). Distribución per cápita del agua en el Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 10(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.53591/cna.v10i1.248>
- Campos Canales, R., y Pérez, G. (2019). *Tecnología y recambio energético en el transporte automotor de America Latina y el Caribe*. <https://bit.ly/3bkUVeo>
- CAN. (2020). Informe Anual: Accidentes de Tránsito en la Comunidad Andina, 2019. *Comunidad Andina, Secretaría general*.  
<https://www.comunidadandina.org/DocOficialesFiles/DEstadisticos/SGDE957.pdf>
- Canese, M. (2013). *La Tarifa Social de la Energía en América Latina y El Caribe*.
- Canning, P. N. (2010). *Energy Use in the U.S. Food System*. DIANE Publishing.
- Carvajal, P. E., y Li, F. G. N. (2019). Challenges for hydropower-based nationally determined contributions: A case study for Ecuador. *Climate Policy*, 19(8), 974-987.  
<https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1617667>
- Carvajal, P. E., Li, F. G. N., Soria, R., Cronin, J., Anandarajah, G., y Mulugetta, Y. (2019). Large hydropower, decarbonisation and climate change uncertainty: Modelling power sector pathways for Ecuador. *Energy Strategy Reviews*, 23, 86-99.  
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.12.008>
- Castro, M. (2011). *Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador*. CEDA.  
<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00344.pdf>
- Castro, P., Castro, M., y Cunha, M. (2018). Análisis Comparativo de Indicadores Energéticos

- de Países Miembros de la Comunidad Andina de Naciones. *Revista técnica energía*, 14, 236-245.
- Castro Pablo. (2003). *Termodinámica de la supervivencia para las ciencias sociales*, Leonardo Tyrntania. <https://bit.ly/3fMX0mW>
- Castro Verdezoto, P. L., Vidoza, J. A., y Gallo, W. L. R. (2019). Analysis and projection of energy consumption in Ecuador: Energy efficiency policies in the transportation sector. *Energy Policy*, 134, 110948. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110948>
- Cely Icaza, N., y José Calle, E. (2019). Examining the Foreign Trade dynamics of Ecuador under Dollarization using Ricardian Theories. *Journal of Asia Pacific Studies*, 5(3).
- CENACE. (2017). *Revista CIER Sin fronteras para la energía*. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000690.pdf>
- Center for Economic and Social Rights. (1994). Rights Violations in the Ecuadorian Amazon: The Human Consequences of Oil Development. *Health and Human Rights*, 1(1), 82. <https://doi.org/10.2307/4065263>
- Cepal. (2016). *Horizontes 2030: La Igualdad en el Centro del Desarrollo Sostenible*. United Nations.
- CEPAL. (2016). *Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de la República del Ecuador*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40474-informe-nacional-monitoreo-la-eficiencia-energetica-la-republica-ecuador-2016>
- Cepal. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Cepal. (2021a). *Base de Información de Eficiencia Energética*. <https://biee-cepal.enerdata.net/en/datamapper/electricity-consumption-per-electrified-household.html>

- Cepal. (2021b). *Desarrollo en transición: Propuesta de concepto y medición para una cooperación renovada en América Latina y el Caribe*.  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/47156-desarrollo-transicion-propuesta-concepto-medicion-cooperacion-renovada-america>
- Cepal. (2021c, marzo 17). *Agencias ONU y expertos llaman a América Latina y el Caribe a aunar visiones hacia la Cumbre sobre los Sistemas Alimentarios* [Text]. CEPAL.  
<https://www.cepal.org/es/noticias/agencias-onu-expertos-llaman-america-latina-caribe-aunar-visiones-la-cumbre-sistemas>
- Cepal. (2022). *Hacia la transformación del modelo de desarrollo en América Latina y el Caribe: Producción, inclusión y sostenibilidad*.
- Cepal. (2023). *CEPALSTAT Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas*.  
<https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/index.html?lang=es>
- Cepal, y GIZ. (2012). *Diagnóstico de las Estadísticas del Agua en Ecuador*.  
<https://bit.ly/3bmcGKg>
- Cevallos Nasimba, M. C. (2018). *La política de hidrocarburos en el Ecuador, periodo 2007-2015: Hacia la seguridad energética* [Master's Thesis]. Quito, Ecuador.
- Cevallos Sierra, J. (2016). Estimating road transport fuel consumption in Ecuador. *Energy Policy*, 92, 359-368. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.008>
- Chavarro, P. (2023). *Eficiencia energética en el sector de Agua de Saneamiento*. CEPAL: Economía Circular en el Sector de Agua Potable y Saneamiento (México), México.  
[https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/4.eficiencia\\_energetica\\_agua\\_saneamiento.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/4.eficiencia_energetica_agua_saneamiento.pdf)
- Chavez-Rodriguez, M. F., Carvajal, P. E., Martinez Jaramillo, J. E., Egüez, A., Mahecha, R. E. G., Schaeffer, R., Szklo, A., Lucena, A. F. P., y Arango Aramburo, S. (2018). Fuel saving strategies in the Andes: Long-term impacts for Peru, Colombia and Ecuador.

- Energy Strategy Reviews*, 20, 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.12.011>
- Chengot, R. (2021). Impacts of Climate Change and Agro-Exports on the Water-Energy-Food Nexus in Santa Elena Peninsula (Ecuador). *AGU Fall Meeting Abstracts, 2021*, GC24B-04.
- Chini, C. M., Nugent, J., Stillwell, A. S., y Peer, R. A. M. (2022). A critical review on the accounting of energy in virtual water trade. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134558. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134558>
- Choez Corrales, N. C. (2018). *La Importación de azúcar colombiana y su incidencia en el ingreso económico del sector cañicultor de Naranjito* [Tesis de grado]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Administrativas.
- Chungandro, V., Montenegro, N., Ramírez, J., y Guevara, C. (2021). Análisis de la red productiva ecuatoriana de 2019, utilizando la teoría de redes. *Cuestiones Económicas*, 31(3), 25-25.
- CISPDR. (2016a). *Demarcación Hidrográfica Santiago*. <https://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA%20DH%20SANTIAGO.pdf>
- CISPDR. (2016b). *Plan Nacional de la Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas de Ecuador*. <http://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA%20PLAN%20NACIONAL%20DEL%20AGUA.pdf>
- Clercx, L., Zarate Torres, E., y Kuiper, J. D. (2016). Water footprint assessment of bananas produced by small banana farmers in Peru and Ecuador. *Acta Horticulturae*, 1112, 21-28. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1112.1>
- Coady, D., Flamini, V., y Sears, L. (2012). The Unequal Benefits of Fuel Subsidies: A Review of Evidence for Developing Countries. *World Development*, 40(11), 2234-2248. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.05.005>



- Colgan, J. D. (2014). Oil, Domestic Politics, and International Conflict. *Energy Research & Social Science*, 1, 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.005>
- Conelec. (2013). *Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica*. CONELEC.
- Contreras, R. (2020). Análisis de las tarifas del sector eléctrico: Los efectos del COVID-19 y la integración energética en los casos de la Argentina, Chile, el Ecuador, México y el Uruguay. *CEPAL*.
- Cordero-Ahiman, O. V. (2022). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria de Ecuador. *Revista Chilena de Nutrición*, 49, 34-38. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182022000400034>
- Cornejo, O. A. (2020). *Características socioambientales de comunidades de pescadores artesanales en la costa ecuatoriana, luego del terremoto del 16 de abril de 2016* [Maestría, FlacsoAndes]. <http://hdl.handle.net/10469/17027>
- Coronel Vargas, G., Au, W. W., y Izzotti, A. (2020). Public health issues from crude-oil production in the Ecuadorian Amazon territories. *Science of The Total Environment*, 719, 134647. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134647>
- Correa Lucero, H. (2014). Estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad: En favor del compromiso político. *Scientiae Studia*, 12(3), 511-534. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662014000300006>
- Corrêa, R. F., y Geremias, B. M. (2013). Determinismo tecnológico: Elementos para debates em perspectiva educacional. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 9(18).
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'neill, R. V., Paruelo, J., y others. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253-260.
- Coviello, M. F., y Ruchansky, B. (2017). *Avances en materia de energías sostenibles en América Latina y el Caribe*. CEPAL.

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42552/1/S1701027\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42552/1/S1701027_es.pdf)

Crespo-Marín, Z., y Perez-Rincón, M. A. (2019). Metabolismo social en las economías andinas y centroamericanas, 1970-2013. *Sociedad y Economía*, 36, 53-81.

<https://doi.org/10.25100/sye.v0i36.5866>

Daly, H. E. (1996). *Beyond growth: The economics of sustainable development* (Nachdr.). Beacon Press.

De Cock, A., Forio, M. A. E., Dominguez-Granda, L., y Goethals, P. L. M. (2022). Bayesian belief networks for the analysis of the controversial role of hydropower development in the antagonistic agrofood-fisheries nexus: A potential approach supporting sustainable development in the Guayas river basin (Ecuador). *Frontiers in Environmental Science*, 10, 980442. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.980442>

De la Bastida, J. L., y Shapiro, J. (2009). Development in the Amazon Basin countries: Alternatives to extraction of non-renewable natural resources. *American University School of International Service Global Environmental Policy, Washington DC*.

Defensoría del pueblo. (2022). *Informe técnico sobre los hechos ocurridos del 13 al 30 de junio de 2022 en Ecuador*. <https://www.dpe.gob.ec/wp-content/dpecomunicacion/public/2022-informe-investigacion-defensorial.pdf>

Deknock, A., De Troyer, N., Houbraken, M., Dominguez-Granda, L., Nolivos, I., Van Echelpoel, W., Forio, M. A. E., Spanoghe, P., y Goethals, P. (2019). Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Science of The Total Environment*, 646, 996-1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>

Díaz - Cassou, J. (2018, junio). *Desafíos del desarrollo en Ecuador | Publications*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Desaf%C3%ADos-del-desarrollo-en-Ecuador.pdf>

- Díaz Cassou, J., y Ruiz-Arranz, M. (Eds.). (2018). *Reformas y desarrollo en el Ecuador contemporáneo*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0001378>
- Donoso, C. V. (2019a). "I was working!": *Revista Espaço Acadêmico*, 19(219), Article 219.
- Donoso, C. V. (2019b). I was working! Women smugglers on Ecuador's borders. *Espacio Académico*, 219.
- Dos Santos Venes, F. (2014). *La energía y la construcción de soberanías*. [https://www.flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/agora/files/francisco\\_dos\\_santos\\_venes\\_-\\_la\\_energia\\_y\\_la\\_construccion\\_de\\_soberanias.pdf](https://www.flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/agora/files/francisco_dos_santos_venes_-_la_energia_y_la_construccion_de_soberanias.pdf)
- Ecuavisa. (2018, septiembre 14). *Combustible termina en la frontera para narcotráfico*. [www.ecuavisa.com](http://www.ecuavisa.com). <https://www.ecuavisa.com/noticias/ecuador/combustible-termina-frontera-narcotrafico-EDEC416376>
- Ecuavisa. (2023, abril 12). *Ecuador no producirá la cantidad de petróleo proyectada para este año*. [www.ecuavisa.com](http://www.ecuavisa.com). <https://www.ecuavisa.com/noticias/economia/ecuador-no-producira-la-cantidad-de-petroleo-proyectada-para-este-ano-EI4912240>
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., y Kadner, S. (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático* (Vol. 242).
- Egas, J., Shik, O., Inurritegui, M., y De Salvo, C. P. (2018). *Análisis de políticas agropecuarias en Ecuador* / *Publications*. IBD. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/analisis-de-politicas-agropecuarias-en-ecuador.pdf>
- Ekos. (2018, febrero 6). *Industria de alimentos y bebidas: La mayor industria del país*. Ekos Negocios. <https://www.ekosnegocios.com/articulo/industria-de-alimentos-y-bebidas-la-mayor-industria-del-pais>
- Ekos. (2019). Se promueve el consumo inteligente de agua en Ecuador. *Ekos Negocios*.

<https://www.ekosnegocios.com/articulo/se-promueve-el-consumo-inteligente-de-agua-en-ecuador>

El Comercio. (2019, octubre 20). *Así es el contrabando del combustible en 6 provincias del Ecuador*. El Comercio. <http://www.elcomercio.com/actualidad/contrabando-combustible-ecuador-frontera-negocio.html>

El Espectador. (2018, octubre 26). *Ecuador levanta salvaguardia a importaciones de azúcar colombiana*. <https://www.elespectador.com/economia/ecuador-levanto-salvaguardia-a-importaciones-de-azucar-colombiana-article-820409/>

El Telégrafo. (2012, abril 2). *Gasolina de mejor calidad se comercializa en el país* [Economía]. El Telégrafo. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/combustible-menos-contaminante-se-comercializa-en-el-pais>

El Universo. (2019, abril 3). *Agrocombustibles darán impulso a palma y caña*. El Universo. “Análisis de la interrelación de los recursos agua y energía en el sector alimentos en el Ecuador.”

Ellul, J. (2021). *The technological society*. Vintage.

Embid, A., y Martín, L. (2015). La experiencia legislativa del decenio 2005-2015 en materia de aguas en América Latina. *CEPAL*, 57.

Embid, A., y Martín, L. (2017). *El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe: Planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/41069-nexo-agua-la-energia-la-alimentacion-america-latina-caribe-planificacion-marco>

Embid, A., y Martín, L. (2018). Lineamientos de políticas públicas: Un mejor manejo de las interrelaciones del Nexo entre el agua, la energía y la alimentación. *CEPAL*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44183>

Embid, A., y Martín, L. (2022). The Water-Energy-Food Nexus in Latin America and the

- Caribbean: Priority Interconnections. En L. L. B. Lazaro, L. L. Giatti, L. S. Valente De Macedo, y J. A. Puppim De Oliveira (Eds.), *Water-Energy-Food Nexus and Climate Change in Cities* (pp. 165-178). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-05472-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-05472-3_9)
- EP Petroecuador. (2023). *Geoportal EP PETROECUADOR*. <http://sig.eppetroecuador.ec/>
- EP-MMQ. (2013, mayo 22). *PLAN ESTRATÉGICO MMQ EP 2013—2018.pdf*. <https://bit.ly/3bxUcqt>
- Escribano, G. (2013). Ecuador's energy policy mix: Development versus conservation and nationalism with Chinese loans. *Energy Policy*, 57, 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.022>
- Escribano, G. (2019). *Ecuador y los subsidios a los combustibles*. Real Instituto Elcano. <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/ecuador-y-los-subsidios-a-los-combustibles/>
- España, S. (2019, octubre 3). Ecuador decreta el estado de excepción ante las protestas por el alza del precio del combustible. *El País*. [https://elpais.com/internacional/2019/10/03/america/1570125319\\_107758.html](https://elpais.com/internacional/2019/10/03/america/1570125319_107758.html)
- Espín, N. (2009). *Focalización del subsidio al gas, impacto sobre la demanda eléctrica y expansión del sistema Nacional Interconectado*. [Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11937/1/CAPITULO%201.pdf>
- Espinosa, C. (2019). *Comisión de la Asamblea aprueba informe sobre protestas de octubre, sin fijar responsabilidades políticas*. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/politica/comision-informe-protestas-paro-asamblea.html>
- Espinoza, S., y Guayanlema, V. (2017). *Balance y proyecciones del sistema de subsidios*

- energéticos en Ecuador* (Friedrich-Ebert-Stiftung (FES)). Friedrich-Ebert-Stiftung Ecuador-Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales.
- Espinoza, V. S., Fontalvo, J., Martí-Herrero, J., Ramírez, P., y Capellán-Pérez, I. (2019). Future oil extraction in Ecuador using a Hubbert approach. *Energy*, 182, 520-534. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.061>
- Estupiñan, R. (2021). La minería en Ecuador. Pasado, presente y futuro. *BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO*, 533-549. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.132.4.010>
- Fajardo, P., y Heredia, M. G. de. (2010). *El Caso Texaco: Un trabajo por la restitución de derechos colectivos y de la naturaleza*.
- Falconí, F. (2002). *Economía y desarrollo sostenible: Matrimonio feliz, o, divorcio anunciado?: El caso de Ecuador*. FLACSO, Sede Académica de Ecuador.
- FAO. (2008). *Rural transport of food products in Latin America and the Caribbean*. <https://bit.ly/2LnOgFI>
- FAO. (2011). *Energy Smart Food for People and Climate*. <http://www.fao.org/3/i2454e/i2454e.pdf>
- FAO (Ed.). (2014). *Walking the nexus talk: Assessing the water-energy-food nexus in the context of the sustainable energy for all initiative*. FAO.
- FAO. (2015). *Fuel and energy use in the fisheries sector—Approaches, inventories and strategic implications*.
- FAO. (2016). *Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura en el Ecuador*. <http://www.fao.org/3/CA3493ES/ca3493es.pdf>
- FAO. (2019). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Ecuador en una mirada | FAO en Ecuador | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>

- FAO. (2021). Pesticides use. Global, regional and country trends 1990–2018. *FAOSTAT ANALYTICAL BRIEF*. <https://www.fao.org/3/cb3411en/cb3411en.pdf>
- FAO. (2022). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe | Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- FAO, y CAF. (2009). *ECUADOR - Nota de análisis sectorial Agricultura y Desarrollo Rural*. FAO. <http://www.fao.org/3/ak168s/ak168s00.htm>
- FAO, OPS, WFP, y UNICEF. (2021). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y El Caribe 2020*. FAO.
- Feenberg, A. (2000). Introducción: El parlamento de las cosas. *Critical Theory of*.
- Feenberg, A. (2005). Teoría crítica de la tecnología. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 2(5), 109-123.
- Feenberg, A. (2012). Transformar la tecnología. Una nueva visita a la teoría crítica. *TECNOLOGÍA & SOCIEDAD*, 87.
- Fernández, D., Saravia Matus, S., y Gil, M. (2021). *Políticas regulatorias y tarifarias en el sector de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47131/1/S2100310\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47131/1/S2100310_es.pdf)
- Fernández-Galiano, L. (1983). La energía, moneda de la naturaleza: Una genealogía: De la energética social a la construcción de una economía ecológica. *Mientras Tanto*, 14, 81-102. JSTOR.
- Ferro, G., y Lentini, E. J. (2015). Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado. *CEPAL*, 70.
- Ferroukhi, R., Nagpal, D., Lopez-Pena, A., Hodges, T., Mohtar, R. H., Daher, B., Mohtar, S., y Keulertz, M. (2015). *Renewable energy in the water, energy & food nexus*. IRENA.

[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA\\_Water\\_Energy\\_Food\\_Nexus\\_2015.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_Water_Energy_Food_Nexus_2015.pdf)

Figueroa de la Vega, F. (2008). *Tablero de comando para la promoción de los biocombustibles en Ecuador*. CEPAL. [https://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/9/33219/P33219.xml&xsl=/publicaciones/figha-imprimir.xsl&base=/publicaciones/top\\_publicaciones.xsl](https://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/9/33219/P33219.xml&xsl=/publicaciones/figha-imprimir.xsl&base=/publicaciones/top_publicaciones.xsl)

Finer, M., Jenkins, C. N., Pimm, S. L., Keane, B., y Ross, C. (2008). Oil and Gas Projects in the Western Amazon: Threats to Wilderness, Biodiversity, and Indigenous Peoples. *PLoS ONE*, 3(8), e2932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002932>

Fontaine, G. (2004). *Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador: Las apuestas*. Flacso-Sede Ecuador.

Fontaine, G. (2011). The effects of governance modes on the energy matrix of Andean countries. *Energy Policy*, 39(5), 2888-2898. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.064>

Foran, T. (2015). Node and regime: Interdisciplinary analysis of water-energy-food nexus in the Mekong region. *Water alternatives*, 8(1).

Foreign Agricultural Service. (2023). *Palm Oil Explorer*. <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000>

Fórmula de cálculo para la obtención de la tarifa referencial de agua cruda, 54 Registro Oficial (2016). <https://www.gob.ec/regulaciones/dir-arca-rg-002-2016-criterios-tecnicos-actuariales-fijacion-tarifas-usos-aprovechamientos-agua-cruda#:~:text=La%20presente%20regulaci%C3%B3n%20tiene%20por,volumen%20proyectado%20y%20factores%20diferenciadores.>



- Franco-Crespo, C., y Sumpsi Viñas, J. M. (2017). The Impact of Pricing Policies on Irrigation Water for Agro-Food Farms in Ecuador. *Sustainability*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su9091515>
- Franquesa, J. (2023). *Molinos y gigantes: La lucha por la dignidad, la soberanía energética y la transición ecológica*. Errata Naturae Editores.
- Fuente, M. E. (2008). La economía ecológica: ¿un paradigma para abordar la sustentabilidad? *Argumentos (México, D.F.)*, 21(56), 75-99.
- Fukuda, A., Satiennam, T., Ito, H., Imura, D., y Kedsadayurat, S. (2013). Study on Estimation of VKT and Fuel Consumption in Khon Kaen City, Thailand. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 10, 113-130. <https://doi.org/10.11175/easts.10.113>
- Funtowicz, S. O., y Ravetz, J. R. (1994). The worth of a songbird: Ecological economics as a post-normal science. *Ecological Economics*, 10(3), 197-207. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(94\)90108-2](https://doi.org/10.1016/0921-8009(94)90108-2)
- GAD Maridueña. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial cantón marcelino Maridueña*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0960006260001\\_PDYOT%202015%20CRNEL\\_17-04-2016\\_00-24-57.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0960006260001_PDYOT%202015%20CRNEL_17-04-2016_00-24-57.pdf)
- GAD Milagro. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Milagro*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0760027030001\\_PDOT%20MILAGRO\\_30-10-2015\\_20-51-47.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0760027030001_PDOT%20MILAGRO_30-10-2015_20-51-47.pdf)
- GAD Troncal. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de La Troncal*. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- Gallego-Alzate, J. B. (2005). Fundamentos de la gestión tecnológica e innovación.

*TecnoLógicas.*

- Gallegos Castro, E., Brito Chasiluisa, C., Serrano Giné, D., y Galárraga Sánchez, R. (2018). Análisis de la Variación Temporal y Espacial de la Cobertura Glaciar del Nevado Cayambe, Ecuador, Mediante Fotografías Aéreas e Imágenes Landsat. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 22, 97-113. <https://doi.org/10.21138/GF.577>
- García, N. G., y Arguello, S. A. (2021). *Mercado del gas en América Latina*. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32763/1/BCN\\_\\_\\_Mercado\\_del\\_gas\\_en\\_Ame\\_\\_rica\\_Latina.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32763/1/BCN___Mercado_del_gas_en_Ame__rica_Latina.pdf)
- García Vergara, M. E., Castellanos Domínguez, Ó. F., y Monroy Varela, S. E. (2008). Implementación de sistemas de inteligencia tecnológica desde la perspectiva de la complejidad. *Ingeniería e Investigación*, 28(2), 108-118.
- García-Garizábal, I., Romero, P., Jiménez, S., y Jordá, L. (2017). Evolución climática en la costa de Ecuador por efecto del cambio climático. *DYNA*, 84(203), 37-44. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.59600>
- Garzón Vera, B. O., y Bravo, K. A. (2023). Implicaciones históricas y sociales de las protestas indígenas en el Ecuador. *Investigación & Desarrollo*, 31(01), 309-327. <https://doi.org/10.14482/indes.31.01.303.636>
- Gaybor, A. (2010). *Acumulación capitalista y despojo del agua* (Consortio Camaren). <http://www.camaren.org/documents/acumulacion.pdf>
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entrophy law and the economic process*. Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1975). ENERGÍA Y MITOS ECONÓMICOS. *El Trimestre Económico*, 42(168(4)), 779-836. JSTOR.
- Giampietro, M., Mayumi, K., y Sorman, A. (2013). *Energy analysis for a sustainable future:*

- Multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism.* (Taylor Francis.).
- Giampietro, M., Ulgiati, S., y Pimentel, D. (1997). Feasibility of Large-Scale Biofuel Production. *BioScience*, 47(9), 587-600. <https://doi.org/10.2307/1313165>
- Giatti, L. L., Urbinatti, A. M., Carvalho, C. M. D., Bedran-Martins, A. M., Santos, I. P. D. O., Honda, S. O., Fracalanza, A. P., y Jacobi, P. R. (2019). Nexos de exclusão e desafios de sustentabilidade e saúde em uma periferia urbana no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 35(7), e00007918. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00007918>
- Global Petrol Prices. (2022). *Global Petrol Prices*.
- GlobalPetrolPrices. (2019). *Los precios del diesel en todo el mundo, 20-mayo-2019* | *GlobalPetrolPrices.com*. GlobalPetrolPrices. <https://bit.ly/3bt8YhS>
- Gobierno Provincial del Guayas. (2012). *Plan de Ordenamiento Territorial de La Provincia Del Guayas 2012—2021*. <https://guayas.gob.ec/wp-content/uploads/dmdocuments/ley-de-transparencia/literal-g/POT-1.pdf>
- Goldraij, A. (2022). Diseño y código técnico en la producción de biocombustibles a partir de plantas. Un análisis desde la teoría crítica de la tecnología de Andrew Feenberg. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*.
- Gómez García, J. J., Samaniego, J. L., y Antonissen, M. (2008). *Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5679-consideraciones-ambientales-torno-biocombustibles-liquidos>
- Gomiero, T. (2015). Are Biofuels an Effective and Viable Energy Strategy for Industrialized Societies? A Reasoned Overview of Potentials and Limits. *Sustainability*, 7(7), 8491-8521. <https://doi.org/10.3390/su7078491>
- González-Zeas, D., Rosero-López, D., Muñoz, T., Osorio, R., De Bièvre, B., y Dangles, O. (2022). Making thirsty cities sustainable: A nexus approach for water provisioning in

- Quito, Ecuador. *Journal of Environmental Management*, 320, 115880.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115880>
- Gorospe, I. (2018). *Fertilizantes en Ecuador*. Oficina Económica y Comercial de España en Quito. <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/estudios-de-mercados-y-otros-documentos-de-comercio-exterior/DOC2018789042.html>
- Guamán, J., García, M., Guevara, D., y Ríos, A. (2016). Evaluación del Impacto Económico en Diferentes Escenarios de Implementación de Tecnologías Eficientes de Calentamiento de Agua en el Ecuador. *Revista Técnica «Energía»*, 12(1).  
<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v12.n1.2016.52>
- Guasch, J. L. (2011). *La logística como motor de la competitividad en América Latina y el Caribe*. BID.
- Guayanlema, V., Fernández, L., y Arias, K. (2017). Análisis de indicadores de desempeño energético en Ecuador. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 1(2), 122-139.
- Guerrero, E. F. (2022). *Análisis del contrabando de combustible como Crimen Organizado Transnacional. Caso de Estudio: Departamento de Nariño frontera terrestre entre Colombia y Ecuador*. [Universidad Militar de Nueva Granada].  
<http://hdl.handle.net/10654/43970>.
- Hall, C. A. S., Balogh, S., y Murphy, D. J. R. (2009). What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have? *Energies*, 2(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.3390/en20100025>
- Haro Cobo, M. A., y Sánchez Chasiquiza, F. G. (2018). *Evaluación del Espectro de Carga y Coeficiente de Daño entre la E35- E20 (Alóag – Estación de pesaje), Provincia de Pichincha*. Universidad Católica del Ecuador.

- Hasan, M. M., y Wyseure, G. (2018). Impact of climate change on hydropower generation in Rio Jubones Basin, Ecuador. *Water Science and Engineering*, 11(2), 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2018.07.002>
- HAZ. (2005, diciembre 28). Comunidades indígenas impiden a la petrolera argentina CGC realizar sus trabajos en Ecuador. *Revista Haz*. <https://hazrevista.org/rsc/2005/12/comunidades-indigenas-impiden-a-la-petrolera-argentina-cgc-realizar-sus-trabajos-en-ecuador/>
- Herkert, J. R., Farrell, A., y Winebrake, J. J. (1996). Technology choice for sustainable development. *IEEE Technology and Society Magazine*, 15(2), 12-20. <https://doi.org/10.1109/44.507626>
- Hernández, F., y Antón, A. (2014). *El impuesto sobre las gasolinas: Una aplicación para el Ecuador, El Salvador y México*. 56.
- Hickel, J. (2019). The contradiction of the sustainable development goals: Growth versus ecology on a finite planet. *Sustainable Development*, 27(5), 873-884. <https://doi.org/10.1002/sd.1947>
- Hidalgo, F. (2022, junio 7). *Reflexiones sobre el paro de junio en Ecuador*. Centre tricontinental. <https://www.cetri.be/Reflexiones-sobre-el-paro-de-junio>
- Hidalgo, F., y Laforge, M. (2011). *Tierra urgente*. SIPAE. <http://sipae.com/tierra-urgente/>
- Hidroabanico. (2021, julio 6). *Proyecto—Hidroabanico*. <https://hidroabanico.com.ec/proyecto/>
- Hitz, J. (2010, mayo 14). The Water Conflict in Ecuador. *State of the Planet*. <https://news.climate.columbia.edu/2010/05/14/the-water-conflict-in-ecuador/>
- Hoff, H. (2011). *Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus*. Stockholm Environment Institute. <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf>

- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., y Cerra, M. (2014). Los páramos andinos? Qué sabemos. *Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN, Quito, Ecuador, 156.
- Holguín-Veras, J., Gonzalez-Calderon, C., Sánchez-Díaz, I., Jaller, M., y Campbell, S. (2013). Vehicle-Trip Estimation Models. En *Modelling Freight Transport*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410400-6.00007-0>
- Hollenstein, P. (2019). *Están en riesgo los Mercados y Ferias Libres en Quito*. FES-ILDIS. <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/15203.pdf>
- Hoogma, R., Kemp, R., Schot, J., y Truffer, B. (2002). *Experimenting for sustainable transport*. Taylor & Francis.
- Horta Nogueira, L. A. (2005). *Perspectivas de sostenibilidad energética en los países de la Comunidad Andina*. CEPAL.
- Hubbert, M. K. (1956). *Nuclear energy and the fossil fuels* (Vol. 95). Shell Development Company, Exploration and Production Research Division ....
- Hubenthal, A. (2010). *Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a plantear medidas de mitigación al Cambio Climático*. 24.
- Hughes, T. P. (1993). *Networks of power: Electrification in western society, 1880 - 1930* (Softshell Books ed). John Hopkins Univ. Press.
- Hurtig, A.-K., y San Sebastián, M. (2002). Geographical differences in cancer incidence in the Amazon basin of Ecuador in relation to residence near oil fields. *International Journal of Epidemiology*, 31(5), 1021-1027. <https://doi.org/10.1093/ije/31.5.1021>
- Hurtig, A.-K., y Sebastián, M. S. (2004). Incidence of Childhood Leukemia and Oil Exploitation in the Amazon Basin of Ecuador. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 10(3), 245-250. <https://doi.org/10.1179/oeh.2004.10.3.245>
- iAgua, redaccion. (2017, marzo 24). *Ecuador, el país que consume más agua potable por*

- habitante en América Latina* [Text]. iAqua; iAqua.  
<https://www.iaqua.es/noticias/ecuador/iaguatv/17/03/24/ecuador-pais-que-consume-mas-agua-potable-habitante-america-latina>
- IEA. (2010). *Transport Energy Efficiency*. <https://bit.ly/3bpfLJG>
- IEA. (2014). *Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making*. OECD.  
<https://doi.org/10.1787/9789264215665-en>
- IEA. (2017a). *The Future of Trucks—Implications for Energy and the Environment*.
- IEA. (2017b). *The Future of Trucks—Implications for energy and the environment*. 82-123.  
<https://doi.org/10.1787/9789264279452-en>
- IEA. (2019a, diciembre). *Energy security – Topics*. IEA. <https://bit.ly/3cv78i6>
- IEA. (2019b, septiembre). *Key World Energy Statistics 2019* [Statistics report]. IEA.  
<https://bit.ly/2LpXT6E>
- IEA. (2022a). *7th Annual Global Conference on Energy Efficiency*. IEA.  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/6ed712b4-32a3-4934-9050-d97a83a45a80/Thevalueofurgentaction-7thAnnualGlobalConferenceonEnergyEfficiency.pdf>
- IEA. (2022b). *Central & South America – Countries & Regions*. IEA.  
<https://www.iea.org/regions/central-south-america>
- IEA. (2022c). *Climate Impacts in Latin America Hydropower*.  
[https://iea.blob.core.windows.net/assets/8fa86b9d-470c-41a6-982e-70acd3fbdda4/ClimateImpactsonLatinAmericanHydropower\\_WEB.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/8fa86b9d-470c-41a6-982e-70acd3fbdda4/ClimateImpactsonLatinAmericanHydropower_WEB.pdf)
- IEA, y ICCT. (2019). *Fuel economy in major car markets*. IEA, Paris. <https://bit.ly/2WuVMoN>
- IIGE. (2019). *Balance-Energético-Nacional-2018.pdf*. <https://bit.ly/2WruJKY>
- Illich, I. (1974). *Energía y equidad* (Vol. 223). Barral.
- INEC. (2012a). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los hogares urbanos y rurales 2011-*

2012. *Principales resultados*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/Encuesta\\_Nac\\_Ingresos\\_Gastos\\_Hogares\\_Urb\\_Rur\\_ENIGHU/ENIGHU-2011-2012/Metologia\\_ENIGHUR\\_2011-2012\\_rev.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Nac_Ingresos_Gastos_Hogares_Urb_Rur_ENIGHU/ENIGHU-2011-2012/Metologia_ENIGHUR_2011-2012_rev.pdf)
- INEC. (2012b). *Información ambiental en hogares*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Ambientales2012junio/Presentacio\\_Junio%202012.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Ambientales2012junio/Presentacio_Junio%202012.pdf)
- INEC. (2020a). *Módulo de Información Agroambiental y Tecnificación 2020*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Modulo\\_Ambiental\\_ESPAC\\_2020/DOC\\_TEC\\_MOD\\_AMB-2020\\_08\\_19\\_4.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC_2020/DOC_TEC_MOD_AMB-2020_08_19_4.pdf)
- INEC. (2020b). *Encuesta de superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019*.
- INEC. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020* (p. 15).
- INEC.
- INEC. (2022). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Gestión de agua potable y saneamiento*. INEC. <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/953>
- INEN. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012 Productos derivados del petróleo. Diesel*.
- INEN. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2656 Clasificación Vehicular*.
- INER. (2017). *Estudio de optimización energética de cadenas de transporte logísticas de transporte de carga pesada en el Ecuador*. <https://bit.ly/2SYsFYI>
- Infante-Amate, J., De Molina, M. G., y Toledo, V. M. (2017). El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones. *Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica*, 27, 130-152.
- INRIX. (2022). *Scorecard*. Inrix. <https://inrix.com/scorecard/>



- Instituto Nacional de Estadística y. (2021). *Volumen Total de agua distribuida—GAD Municipales*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/gad-municipales/>
- IPCC (Ed.). (2023). Innovation, Technology Development and Transfer. En *Climate Change 2022—Mitigation of Climate Change* (1.ª ed., pp. 1641-1726). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.018>
- Irena. (2015). *Renewable Energy in the Water, Energy & Food Nexus*. <https://www.irena.org/publications/2015/Jan/Renewable-Energy-in-the-Water-Energy-Food-Nexus>
- IRENA. (2021). *Leveraging Local Capacity for Solar Water Heaters*. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jul/IRENA\\_Leveraging\\_solar\\_water\\_heaters\\_2021.pdf?rev=9deb58376dc048d18324fc6418cf5710](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jul/IRENA_Leveraging_solar_water_heaters_2021.pdf?rev=9deb58376dc048d18324fc6418cf5710)
- Isch, E., y Zapatta, A. (2010). *Isch, L. E., & Zapatta, A. (2010). Tierra y agua: Interrelaciones de un acceso inequitativo. Sistema de Investigación Sobre la Problemática Agraria en el Ecuador: Quito, Ecuador. SIPAE.*
- Izurieta, F., Corral, A., y Guayanlema, V. (2013). *Identificación de las necesidades de eficiencia energética en el transporte*. 10.
- Izurieta, R., Campaña, A., Calles, J., Estévez, E., y Ochoa. (2019). Calidad del agua en Ecuador. En *Calidad del agua en las Américas. Retos y oportunidades* (pp. 190-217). IANAS.
- Jacobsson, S. (2004). Transforming the energy sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology. *Industrial and Corporate Change*, 13(5), 815-849. <https://doi.org/10.1093/icc/dth032>
- Jacobsson, S., y Bergek, A. (2011). Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 41-57. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.04.006>

- JATO. (2018, julio 24). *Latin American car market continues to grow for 2018*. JATO. <https://www.jato.com/latin-american-car-market-continues-its-upturn-with-sales-up-by-7-in-h1-2018/>
- Jesús Peñil, M. del, Paz, J., Navas Fernández, S., Turienzo, E., Díez Sierra, J., y Peña, N. (2020). Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de los países andinos. *Ingeniería del Agua* 2020, 24, 4. <https://doi.org/10.4995/ia.2020.12135>
- Jevons, W. S. (1866). *The coal question; an inquiry concerning the progress of the nation and the probable exhaustion of our coal-mines*.
- Jimenez, R., y Yépez, A. (2020). *¿Cómo consumen energía los hogares?: Evidencia en América Latina y el Caribe | Publications*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Como-consumen-energia-los-hogares-Evidencia-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Jory, D. (2017). *Crecimiento lejos de la costa: Examinando el cultivo de camarón tierra adentro*. <https://www.globalseafood.org/advocate/crecimiento-lejos-de-la-costa-examinando-el-cultivo-de-camaron-tierra-adentro/>
- Jouravlev, A. S., y Saravia, S., Gil Sevilla, Marina. (2021). *Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe textos seleccionados 2002-2020*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46792/S2000908\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46792/S2000908_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Juteau-Martineau, G., Becerra, S., y Maurice, L. (2014). Ambiente, petróleo y vulnerabilidad política en el Oriente Ecuatoriano: ¿hacia nuevas formas de gobernanza energética? *América Latina Hoy*, 67, 119-137. <https://doi.org/10.14201/alh201467119137>
- Kamakaté, F., y Schipper, L. (2009). Trends in truck freight energy use and carbon emissions in selected OECD countries from 1973 to 2005. *Energy Policy*, 37(10), 3743-3751. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.029>

- Kenway, S. J., Lant, P., Priestley, A., y Daniels, P. (2011). The connection between water and energy in cities: A review. *Water Science and Technology*, 63(9), 1983-1990.
- Kleemann, J., Zamora, C., Villacis-Chiluisa, A. B., Cuenca, P., Koo, H., Noh, J. K., Fürst, C., y Thiel, M. (2022). Deforestation in Continental Ecuador with a Focus on Protected Areas. *Land*, 11(2), 268. <https://doi.org/10.3390/land11020268>
- Koubi, V., Spilker, G., Böhmelt, T., y Bernauer, T. (2014). Do natural resources matter for interstate and intrastate armed conflict? *Journal of Peace Research*, 51(2), 227-243. <https://doi.org/10.1177/0022343313493455>
- Kristoufek, L., Janda, K., y Zilberman, D. (2012). Correlations between biofuels and related commodities before and during the food crisis: A taxonomy perspective. *Energy Economics*, 34(5), 1380-1391. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.06.016>
- La Frenierre, J., y Mark, B. G. (2017). Detecting Patterns of Climate Change at Volcán Chimborazo, Ecuador, by Integrating Instrumental Data, Public Observations, and Glacier Change Analysis. *Annals of the American Association of Geographers*, 107(4), 979-997. <https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1270185>
- La Hora. (2018, agosto 30). Transporte pesado atraviesa por un momento complejo—La Hora. *La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo*. <https://bit.ly/2yTVvmb>
- La Hora. (2019, febrero 15). Petroecuador firma contrato con empresas alcohólicas para la producción de Ecopaís—La Hora. *La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo*. <https://bit.ly/3buwScS>
- Lapillone, B. (2016). *Monitoreando la eficiencia energética en América Latina*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40505-monitoreando-la-eficiencia-energetica-america-latina>
- Larrea, C. (2012). *Es Sustentable la Política Energética del Ecuador*. <http://hdl.handle.net/10644/3036>

- Larrea, C. (2022). *El próximo agotamiento de petróleo en el Ecuador* [Universidad Andina Simón Bolívar]. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8948/1/Larrea%20C-CON-35-El%20proximo.pdf>
- Larrea, C., Larrea, A. I., Bravo, A. L., Guerrón, P. B., Baroja-Roja, C., Mendoza, C., Ibañez, W., y Luna, I. (2012). *Petróleo, sustentabilidad y desarrollo en la Amazonía Centro-Sur*. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Latour, B. (2007). *Reassembling the social: An introduction to Actor-Network-Theory* (1. publ. in pbk). Oxford Univ. Press.
- Law, J. (1992). Notes on the theory of the actor-network: Ordering, strategy, and heterogeneity. *Systems Practice*, 5(4), 379-393. <https://doi.org/10.1007/BF01059830>
- Lessmann, J., Fajardo, J., Muñoz, J., y Bonaccorso, E. (2016). Large expansion of oil industry in the Ecuadorian Amazon: Biodiversity vulnerability and conservation alternatives. *Ecology and Evolution*, 6(14), 4997-5012. <https://doi.org/10.1002/ece3.2099>
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 449 Registro Oficial (2019). <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Pub. L. No. 305 Año II, Registro oficial (2014). <https://www.gob.ec/regulaciones/ley-organica-recursos-hidricos-usos-aprovechamiento-agua>
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, Pub. L. No. 583-2009, Registro oficial (2010). [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento\\_Ley-de-soberan%C3%ADa-alimentaria.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento_Ley-de-soberan%C3%ADa-alimentaria.pdf)
- Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca, 187-2020 Registro oficial (2020). <https://www.gob.ec/regulaciones/ley-organica-desarrollo-acuicultura-pesca>
- LGA, LEY N° 37/1999 Ley de Gestión Ambiental (1999).

- <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6618.pdf>
- Lima, J. D., y Castresana, S. (2016). Estimación del empleo directo e indirecto asociado a las exportaciones del Ecuador a la Unión Europea. *CEPAL*, 42.
- Llive, F. M. L. (2016). Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 29(2), Article 2.  
<http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/542>
- Loredo, P., Marques, S., Beggs, C., Venegas, M., Amezaga, J., Rötting, T., Younger, P., y others. (2009). Agua y minería en cuencas áridas y semiáridas: Guía para la gestión integral. *UNESCO International Hydrological Programme for Latin America and the Caribbean (PHI-VII)*.
- Lotka, A. J. (1922). Contribution to the energetics of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 8(6), 147-151.
- MAATE. (2021). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2021—2026. Resumen Ejecutivo*.
- Machado, J. (2022). Ecuador es el quinto país de Sudamérica con más muertes en las vías. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/muertes-accidentes-transito-ecuador-movilidad/>
- MacKenzie, D. A., y Wajcman, J. (Eds.). (1999). *The social shaping of technology* (2nd ed). Open University Press.
- MAE. (2014). *Programa Nacional de Reforestación*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/9.REFORESTACION.pdf>
- MAG. (2019, mayo 3). *Ecuador marca su rumbo en la industria de los agrocombustibles – Ministerio de Agricultura y Ganadería. MAGAP*.  
<https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-marca-su-rumbo-en-la-industria-de-los-agrocombustibles/>
- MAGAP. (2011). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2011—2026*.

- <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/518d6325bd92eabc15000002>
- MAGAP. (2014). *Zonificación Agroecológica Económica del Cultivo de Maíz Duro en el Ecuador Continental a Escala 1:250 000*. MAGAP. <https://fliphtml5.com/ijia/tqng/basic>
- MAGAP. (2019a). *Plan Nacional de riego y drenaje 2019—2027*. <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/12/PNRD-2019-2027.pdf>
- MAGAP. (2019b, mayo 23). *Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador—SIPA*. <https://bit.ly/2LpSflb>
- MAGAP. (2020). *RESULTADOS DE LA HOJA DE BALANCE DE ALIMENTOS Ecuador—Año 2019*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/hdba/hdba-2019>
- MAGAP. (2024). *Cifras Agroproductivas*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- Malaska, P., y Kaivo-oja, J. (1996). Science and Technology for Sustainable Development. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 5(6), 302-309. <https://doi.org/10.14512/gaia.5.6.7>
- Malo Larrea, A. (2015). *El metabolismo social, el sumak kawsay y el territorio: El caso de Cuenca, Ecuador*. Universitat Autònoma de Barcelona,. <https://ddd.uab.cat/record/128775>
- Manciati, C., Villacís, M., Taupin, J.-D., Cadier, E., Galárraga-Sánchez, R., y Cáceres, B. (2014). Empirical mass balance modelling of South American tropical glaciers: Case study of Antisana volcano, Ecuador. *Hydrological Sciences Journal*, 59(8), 1519-1535. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.888490>
- Mannina, J. L. (1992). The human rights implications of economic development: A case study of the Huaorani people of Ecuador. *Geo. Int'l Envtl. L. Rev.*, 5, 117.
- Månsson, A. (2014). Energy, conflict and war: Towards a conceptual framework. *Energy*

- Research & Social Science*, 4, 106-116. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.10.004>
- Marchán, E., Espinasa, R., y Yépez-García, A. (2017). *The other side of the boom: Energy prices and subsidies in Latin America and the Caribbean during the super-cycle*. IDB. <https://publications.iadb.org/en/other-side-boom-energy-prices-and-subsidies-latin-america-and-caribbean-during-super-cycle>
- Marcuse, H. (2010). *El hombre unidimensional: Ensayo sobre la ideología de la sociedad industrial avanzada* (1 Ed). Ed. Ariel.
- Martín, L., y Justo, J. B. (2015). Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe. *CEPAL*, 171. <https://hdl.handle.net/11362/37877>
- Martínez Alier, J., Roca Jusmet, J., y Sánchez, J. (1998). *Curso de economía ecológica* (Versión corregida). Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe : Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- Martínez, J., Parra, R., y Reis, M. (2016). Una Mirada a Largo Plazo: Análisis Multidimensional de La Actividad Petrolera en Ecuador. *Cadernos PROLAM/USP*, 15(28), 53. <https://doi.org/10.11606/issn.1676-6288.prolam.2016.120127>
- Martinez-Alier, J. (2009). Social Metabolism, Ecological Distribution Conflicts, and Languages of Valuation. *Capitalism Nature Socialism*, 20(1), 58-87. <https://doi.org/10.1080/10455750902727378>
- Martinez-Alier, J. (2015). Ecological Economics. En *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 851-864). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.91008-0>
- Martinez-Alier, J., Munda, G., y O'Neill, J. (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics*, 26(3), 277-286. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00120-1)

- Martin-Nagle, R., Howard, E., Wiltse, A., y Duncan, D. (2012). *Bonn 2011 Conference “The Water, Energy and Food Security Nexus”—Solutions for the Green Economy, 16-18 November 2011. Conference Synopsis*. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), OOSKANews, Inc. [https://uploads.water-energy-food.org/resources/bonn2011\\_nexussynopsis.pdf](https://uploads.water-energy-food.org/resources/bonn2011_nexussynopsis.pdf)
- Marull, J., Pino, J., Tello, E., y Cordobilla, M. J. (2010). Social metabolism, landscape change and land-use planning in the Barcelona Metropolitan Region. *Land Use Policy*, 27(2), 497-510. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.07.004>
- Mateo, J. P., y García, S. (2014). El sector petrolero en Ecuador. 2000–2010. *Problemas del Desarrollo*, 45(177), 113-139. [https://doi.org/10.1016/S0301-7036\(14\)70865-X](https://doi.org/10.1016/S0301-7036(14)70865-X)
- Maurice, L., López, F., Becerra, S., Jamhoury, H., Le Menach, K., Dévier, M.-H., Budzinski, H., Prunier, J., Juteau-Martineau, G., Ochoa-Herrera, V., Quiroga, D., y Schreck, E. (2019). Drinking water quality in areas impacted by oil activities in Ecuador: Associated health risks and social perception of human exposure. *Science of The Total Environment*, 690, 1203-1217. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.089>
- Mauthner, N. S., y Kazimierzak, K. A. (2018). Theoretical perspectives on technology and society: Implications for understanding the relationship between ICTs and family life. En *Connecting Families?* (pp. 21-40). Policy Press. <https://doi.org/10.1332/policypress/9781447339946.003.0002>
- McKittrick, R. (2017). Global energy subsidies: An analytical taxonomy. *Energy Policy*, 101, 379-385.
- MDMQ. (2019, abril). *Estrategia Agroalimentaria de Quito*. <https://bit.ly/2WU1Plu>
- Meadows, D. H., Randers, J., y Meadows, D. L. (2009). *The limits to growth: The 30-year update* (Reprint). Earthscan.



- MEER. (2017a). *Balance Energético Nacional 2017, base 2016*.
- MEER. (2017b). *Plan Maestro de Electricidad 2016—2025*.  
<https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/index.php/plan-maestro-de-electricidad-2016-2025>
- Mejía, J. J. (2019). *Evaluación de daños y pérdidas. Afectaciones por paro nacional del 3 al 14 de octubre de 2019, República del Ecuador*.  
[https://www.bce.fin.ec/images/BANCO\\_C\\_ECUADOR/PDF/InformeBMIImpactoParoNacional.pdf](https://www.bce.fin.ec/images/BANCO_C_ECUADOR/PDF/InformeBMIImpactoParoNacional.pdf)
- Mejía, S., y Pinos, L. (2020). Sostenibilidad de las finanzas públicas en la economía ecuatoriana 2001–2019. *Boletín de Coyuntura*, 25, 34-40.
- Mekonnen, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577-1600.  
<https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- Mekonnen, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- MEM. (2021). BOLETÍN INSTITUCIONAL DEL SECTOR MINERO. *Ministerio de Energía y Minas*. [https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/A.17-BoletinInstitucionalMinero\\_Aprobado-signed-signed-comprimido.pdf](https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/A.17-BoletinInstitucionalMinero_Aprobado-signed-signed-comprimido.pdf)
- MEM. (2022). *Balance Energético 2021*. Ministerio de Energía y Minas.  
[https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance\\_Energie%CC%81tico\\_Nacional\\_2021-VF\\_opt.pdf](https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance_Energie%CC%81tico_Nacional_2021-VF_opt.pdf)
- MEM. (2023). *Proyectos energéticos*. <https://proyectos.energiayminas.gob.ec/conolophus.php>
- Menton, M., Larrea, C., Latorre, S., Martínez-Alier, J., Peck, M., Temper, L., y Walter, M. (2020). Environmental justice and the SDGs: From synergies to gaps and contradictions.

- Sustainability Science*, 15(6), 1621-1636. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00789-8>
- Mercille, J. (2010). The radical geopolitics of US foreign policy: The 2003 Iraq War. *GeoJournal*, 75(4), 327-337. <https://doi.org/10.1007/s10708-008-9253-6>
- Mercure, J.-F., Paim, M. A., Bocquillon, P., Lindner, S., Salas, P., Martinelli, P., Berchin, I. I., de Andrade Guerra, J. B. S. O., Derani, C., de Albuquerque Junior, C. L., Ribeiro, J. M. P., Knobloch, F., Pollitt, H., Edwards, N. R., Holden, P. B., Foley, A., Schaphoff, S., Faraco, R. A., y Vinales, J. E. (2019). System complexity and policy integration challenges: The Brazilian Energy- Water-Food Nexus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 230-243. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.045>
- MERNNR. (2020a). *Ficha Informativa del Proyecto. Renovación de Equipos de Consumo Energético Ineficiente: Sustitución de Refrigeradoras*. Ministerio de Energía y Recursos naturales No Renovables. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/GPR-Renova-1.pdf>
- MERNNR. (2020b). *Plan Maestro de Energía*. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>
- Michael, M. (2016). Actor-network theory: Trials, trails and translations. *Actor-Network Theory*, 1-200.
- Middleton, C., Allouche, J., Gyawali, D., y Allen, S. (2015). The Rise and Implications of the Water-Energy-Food Nexus in Southeast Asia through an Environmental Justice Lens. *Water Alternatives*, 8(1).
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *Superficie cubierta por Bosque. Estadística e Indicadores Ambientales*. <http://sinias.ambiente.gob.ec:8099/proyecto-sinias-web/estadisticasAmbientales.jsf?menu=01>
- Ministerio Coordinador de la Producción Empleo y Competitividad. (2010). *Los subsidios*

*energéticos en el Ecuador.* <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00149.pdf>

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2013). *Balance Energético Nacional 2013.*

[https://issuu.com/sectoresestrategicos/docs/balance\\_energetico\\_nacional\\_2013\\_](https://issuu.com/sectoresestrategicos/docs/balance_energetico_nacional_2013_)

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2016a). *Agenda Nacional de Energía 2016-2040.* <https://bit.ly/2WPweI4>

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2016b). *Balance Energético 2016. Año de base 2015.* <https://biblioteca.olade.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=14111>

Ministerio de Comercio Exterior. (2017). *Informe sobre el sector atunero ecuatoriano.*

Ministerio de Comercio Exterior. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Reporte-del-sector-atunero.pdf>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2020). *Presupuesto General del Estado.*

Ministerio de Energía. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016—2035.*

<https://www.cnelep.gob.ec/plan-nacional-eficiencia-energetica/>

Ministerio de Energía. (2021, octubre 11). *Gobierno del encuentro socializa beneficios del programa de electrificación del sector camaronero – Ministerio de Energía y Minas.*

<https://www.rekursyenergia.gob.ec/gobierno-del-encuentro-socializa-beneficios-del-programa-de-electrificacion-del-sector-camaronero/>

Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Balance Energético Nacional 2022.*

<https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/wp-1692740456472.pdf>

Ministerio de Energía y Minas EcuadorEC [@RecNaturalesEC]. (2023, mayo 4).

📌[COMUNICADO OFICIAL] 📌📍 Sobre la operatividad e infraestructura correspondiente a la Planta de Licuefacción de Gas Natural, ubicada en Bajo Alto,

- provincia de El Oro, esta Cartera de Estado informa lo siguiente* ↗  
<https://t.co/vG6tcexZ5a> [Tweet]. Twitter.  
<https://twitter.com/RecNaturalesEC/status/1654197091831369748>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2018). *Plan Maestro de Electricidad 2018-2027*.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). *Balance Energético Nacional 2019*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/5900-2/>
- Ministerio de Minas y Petróleo. (2008). *Acuerdo 139*.  
<https://www.ecolex.org/es/details/legislation/acuerdo-no-139-uso-de-gas-licuado-de-petroleo-glp-para-el-sector-agroindustrial-dedicado-al-secado-de-granos-lex-faoc079450/>
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana. (2015). *Expediente-Caso-Chevron-abril-2015.pdf*. <https://www.cancilleria.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Expediente-Caso-Chevron-abril-2015.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. <https://docplayer.es/44724147-Texto-unificado-de-legislacion-secundaria-de-medio-ambiente.html>
- Molina, A., Pozo, M., y Serrano, J. C. (2018). *Agua, saneamiento e higiene. Medición de los ODS en Ecuador*. INEC.  
<https://www.unicef.org/ecuador/media/1156/file/Agua,%20saneamiento%20e%20higiene.pdf>
- Montesdeoca, L. (2011). *Soberanía Energética en el Ecuador* [Posgrado, FLACSO].  
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/7638/7/TFLACSO-2011LCME.pdf>
- Mora Ramírez, D. M. (2019). *Análisis a la sentencia de la Corte IDH en defensa al derecho de*

- la consulta libre e informada del pueblo indígena Kichwa Sarayaku y las medidas tomadas por el Estado ecuatoriano en la implementación de garantías reales para alcanzar un mejor Estado Constitucional de Derechos y Justicia en el año 2011-2016* [Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].  
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17144>
- Morán, G. (2017). *Estudio de la comercialización del arroz en las provincias de Guayas y Los Ríos* (SCPM-IZ8-81-2017). Superintendencia de Control del Poder del Mercado.  
<https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/Version-Publica-arroz-2.pdf>
- Morán, S. (2017, febrero 6). *El agua que no preocupa a los candidatos*. Plan V.  
<https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/el-agua-que-no-preocupa-candidatos>
- Morán, S. (2019, julio 15). *Una hidroeléctrica preocupa a los habitantes del río Piatúa*. Plan V.  
<https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/una-hidroelectrica-preocupa-habitantes-del-rio-piatua>
- Moreno, V. J., Lasso, L. del P., Reyes, M. D., Haro, R., y Cruz, G. (2018). Aptitud agroecológica de tres cultivos estratégicos (maíz, arroz y caña de azúcar) en 14 cantones de la cuenca baja del río Guayas. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(13), Article 13. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol2iss13.2018pp15-24>
- Moreno-Brid, J. C., Pérez Caldentey, E., y Ruiz Nápoles, P. (2004). El Consenso de Washington: Aciertos, yerros y omisiones. *Perfiles latinoamericanos*, 12(25), 149-168.
- Morris, M. (2012). Sustainability: An Exercise in Futility. *International Journal of Business and Management*, 7(2), p36. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v7n2p36>
- Mosquera. (2017). Gasoducto Monteverde – El Chorrillo. *mejoramientocontinuo*blog.  
<https://mejoramientocontinuo.wordpress.com/2017/05/16/gasoducto-monteverde->

el-chorrillo/

- MTOP. (2016, mayo 5). *Acuerdo ministerial 018—2016*. Ministerio de Obras Públicas. [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/LOTAIP\\_1\\_ACUERDO-MINISTERIAL-018-2016.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/LOTAIP_1_ACUERDO-MINISTERIAL-018-2016.pdf)
- Muir, J. F. (2015). Fuel and energy use in the fisheries sector: Approaches, inventories and strategic implications. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular, C1080*, I.
- Mumford, L. (2010). *Technics and Civilization*. University of Chicago Press.
- Murphy, D. J., Hall, C. A. S., Dale, M., y Cleveland, C. (2011). Order from Chaos: A Preliminary Protocol for Determining the EROI of Fuels. *Sustainability, 3*(10), 1888-1907. <https://doi.org/10.3390/su3101888>
- Naciones Unidas. (2019). *Informe de síntesis de 2018 sobre el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 relacionado con el agua y el saneamiento». Resumen Ejecutivo*. [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/05/UN-Water\\_SDG6\\_Synthesis\\_Report\\_2018\\_Executive\\_Summary\\_SPA.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/05/UN-Water_SDG6_Synthesis_Report_2018_Executive_Summary_SPA.pdf)
- Naranjo, C. G. P., Maurice, L., de Lourdes Ochoa-Herrera, V., López, F., Egas, D. A., Lagane, C., y Besson, P. (2015). Determinación de elementos mayores en sedimentos provenientes de zonas afectadas por actividades petroleras en Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 7*(2).
- Naranjo Chiriboga, M. (2004). Dos décadas pérdidas: Los ochenta y los noventa. *Cuestiones Económicas, 20*, 223-250.
- Naranjo, L., Correa-Cano, M. E., Rey, D., Chengot, R., España, F., Sactic, M., Knox, J. W., Yan, X., Viteri-Salazar, O., Foster, W., y Melo, O. (2023). A scenario-specific nexus modelling toolkit to identify trade-offs in the promotion of sustainable irrigated agriculture in Ecuador, a Belt and Road country. *Journal of Cleaner Production, 413*,

137350. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137350>

- Naranjo, L., y Willaarts, B. A. (2020). *Guía metodológica: Diseño de acciones con enfoque del Nexo entre agua, energía y alimentación para países de América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46078-guia-metodologica-diseno-acciones-enfoque-nexo-agua-energia-alimentacion-paises>
- Naranjo, M. (1995). *La Enfermedad Holandesa y El Caso Ecuatoriano*. BCE. <http://repositorio.bce.ec:8080/handle/32000/164>
- Naranjo-Silva, S., Rivera-Gonzalez, L., Escobar-Segovia, K., Quimbita-Chiluisa, O., y Del Castillo, J. A. (2022). Analysis of Water Characteristics by the Hydropower Use (Up-Stream and Downstream): A Case of Study at Ecuador, Argentina, and Uruguay. *Journal of Sustainable Development*, 15(4), 71. <https://doi.org/10.5539/jsd.v15n4p71>
- Narváez, J. C. (2017, agosto). *Lenín Moreno anuncia que si nadie quiere invertir en la Refinería del Pacífico, la descartará*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/politica/leninmoreno-inversionistas-refineria-pacifico-hidrocarburos.html>
- Nashawi, I. S., Malaah, A., y Al-Bisharah, M. (2009). Forecasting World Crude Oil Production Using Multicyclic Hubbert Model. *Energy Fuels*. <https://doi.org/10.1021/ef901240p>
- National Research Council. (2010). *Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles*. The National Academies Press. <https://bit.ly/2WpFMUG>
- Neira, E., y Ramos, E. (2003). Diagnóstico del Sector Eléctrico Ecuatoriano. BCE. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Apuntes/ae31.pdf>
- NNUU. (2023, marzo 24). *Día del Agua: Garantizar la disponibilidad de agua y el saneamiento en la región andina | Naciones Unidas en Ecuador*. <https://ecuador.un.org/es/224762->

- d% C3% ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi% C3% B3n-andina, <https://ecuador.un.org/es/224762-d% C3% ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi% C3% B3n-andina>
- Nolivos, I., Molina, E., Bejarano, L., y Valarezo, A. (2021). *Importancia del subsidio eléctrico para las cocinas de inducción y su efecto en la salud, la eficiencia energética y el ahorro de recursos, para los ecuatorianos*. [https://www.usfq.edu.ec/sites/default/files/2021-04/white\\_paper\\_PEC-GLP\\_versus\\_Induccion.pdf](https://www.usfq.edu.ec/sites/default/files/2021-04/white_paper_PEC-GLP_versus_Induccion.pdf)
- Noticias, M. de. (2020, agosto 23). Pescadores artesanales piden reforma a ley que regula actividad. *Observatorio del Cambio Rural*. <https://ocaru.org.ec/2020/08/23/pescadores-artesanales-piden-reforma-a-ley-que-regula-actividad/>
- NREL. (2018). *Global Horizontal Solar Irradiance- America*. <https://www.nrel.gov/gis/assets/images/nsrdb-v3-ghi-2018-01.jpg>
- Observatorio de Conflictos Socioambientales del Ecuador. (2024). Observatorio de Conflictos Socioambientales del Ecuador. *Observatorio de Conflictos Socioambientales del Ecuador*. <https://www.observatoriosocioambiental.info/quienes-somos/>
- OCARU. (2013, julio 4). Inició “Plan Renova Motor Fuera de Borda”, en beneficio de pescadores artesanales. *Observatorio del Cambio Rural*. <https://ocaru.org.ec/2013/07/04/inicio-plan-renova-motor-fuera-de-borda-en-beneficio-de-pescadores-artesanales/>
- Ochoa, R. G., y Bracamonte Sierra García, R. (2014). *Pobreza energética en América Latina*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/79cc961b-7908-4fce-a7dd-133d484c1be7/content>
- Ochoa-Caballero, M. B., y Rivera-Parra, J. L. (2021). Mapping of potential environmental risks associated to formation water in the Oriente Basin, Ecuador. *Groundwater for Sustainable Development*, 13, 100566. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100566>



- OECD/IEA. (2014). *World Energy Outlook 2014*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://bit.ly/2T1DdpM>
- OECD/IEA. (2016). *Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos*. 211.
- OLADE. (2019). *Panorama Energético para América Latina y el Caribe*. OLADE. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0433a.pdf>
- OLADE. (2022). *Panorama Energético de América latina y El Caribe 2022*. OLADE. <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2021-2/>
- OLADE. (2023). *Estrategia para una América Latina y el Caribe más renovable*. OLADE.
- Olmos, X. (2017). *Sostenibilidad ambiental de las exportaciones agroalimentarias*. CEPAL. [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/43288/S1700618\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/43288/S1700618_es.pdf)
- ONU. (2022). *Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos*. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF\\_Sp.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF_Sp.pdf)
- Oñate, S. (2019). *Así es el contrabando del combustible en 6 provincias del Ecuador*. El Comercio. <https://elcomercio-live.mediatiquepress.com/actualidad/seguridad/contrabando-combustible-ecuador-frontera-negocio.html>
- Orozco, M. (2023, mayo 8). La planta de Bajo Alto se hunde y opera al 36% de su capacidad. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/planta-bajo-alto-gas-natural-corrupcion/>
- Ortega, J. F. (2014). *Dimensionamiento de las compañías de transporte de carga pesada en el Ecuador* [Maestría, PUCE]. <https://bit.ly/2WrdfoI>
- Ozen, M., y Tuydes-Yaman, H. (2013). *Truck freight transportation characteristics in Turkey*. 15.

- Pacheco, M. (2019, febrero 7). *La compra de etanol local para producir la ecopaís se retoma*. El Comercio. <https://bit.ly/2WSK1HI>
- Parametría. (2019, julio 1). El pescador artesanal Ecuatoriano víctima del narcotráfico. *Parametria*. <https://parametria.org/el-pescador-artesanal-ecuatoriano-victima-del-narcotrafico/>
- Parker, R. W. R., Vázquez-Rowe, I., y Tyedmers, P. H. (2015). Fuel performance and carbon footprint of the global purse seine tuna fleet. *Journal of Cleaner Production*, 103, 517-524. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.017>
- Parra Aráuz, B. X. (2019). *Análisis histórico del comportamiento de presión de los pozos del campo Amistad* [B.S. thesis, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20252>
- Parra, R. (2019). Análisis del sistema de extracción de petróleo a partir del uso de la Tasa de Retorno Energética (TRE) para el caso del Ecuador. *Ecological Economics and Social-Ecological Movements. Science, policy and challenges to global processes in a troubled world*, 123-135.
- Parra, R., Bukkens, S. G. F., y Giampietro, M. (2020). Exploration of the environmental implications of ageing conventional oil reserves with relational analysis. *Science of The Total Environment*, 749, 142371. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142371>
- Parra, R., Di Felice, L. J., Giampietro, M., y Ramos-Martin, J. (2018). The metabolism of oil extraction: A bottom-up approach applied to the case of Ecuador. *Energy Policy*, 122, 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.017>
- Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., y Torres, B. (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m snm en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(2), 166-214.

- Paz, A. (2019, septiembre 11). *Ecuador: Justicia falla a favor de indígenas kichwa y su defensa del río Piatúa*. Noticias ambientales. <https://es.mongabay.com/2019/09/hidroelectrica-en-pastaza-ecuador-rio-piatua-indigenas-kichwa/>
- Pazmiño Miranda, A. C. (2020). Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 5(1), 28-34.
- Peña, S., Mayorga, J., y Montoya, R. (2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador). *Ciencia e Ingeniería*, 39(2), 161-167.
- Pérez Arcos, S. I. (2012). *Evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador* [Pregrado, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/911/1/AGN-2012-T025.pdf>
- Petroecuador. (s. f.). *La Planta de Licuefacción de Gas Bajo Alto se hunde 70 cm. – EP PETROECUADOR*. Recuperado 10 de junio de 2023, de <https://www.eppetroecuador.ec/?p=6683>
- Petroecuador. (2013). *El petróleo en el Ecuador: La nueva era petrolera*. <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/EI-Petr%C3%B3leo-en-el-Ecuador-La-Nueva-Era.pdf>
- Petroecuador. (2019a). *Informe estadístico anual 2018*. <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/INFORME-ESTAD%C3%8DSTICO-2018.pdf>
- Petroecuador. (2019b, enero). *Informe Estadístico Diciembre 2018*. Petroecuador. <https://bit.ly/2LpyABH>
- Petroecuador. (2020). *Plan Estratégico Empresarial 2018—2021*. <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/04/Plan-Estrategico-Empresarial-2018-2021.pdf>
- Pimentel, D., y Pimentel, M. H. (Eds.). (2007). *Food, Energy, and Society* (3.<sup>a</sup> ed.). CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/9781420046687>

- Pinch, T. J., y Bijker, W. E. (1984). The social construction of facts and artefacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. *Social studies of science*, 14(3), 399-441.
- Pinto. (2020). La alimentación nos conecta, una propuesta desde Quito-Ecuador. En E. Daza, T. Artacker, y R. Lizano (Eds.), *Cambio climático, biodiversidad y sistemas agroalimentarios: Avances y retos a 10 años de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en Ecuador*. Editorial Abya-Yala.  
<https://doi.org/10.7476/9789978105689>
- PNUMA. (2021). *Emissions Gap Report 2020*. United Nations.
- Pochat, V., Donoso, M., y Saldarriaga, J. (2018). *Proceso regional de las Américas Foro mundial del agua 2018*. Ecuador: BID.
- Ponce-Jara, M. A., Castro, M., Pelaez-Samaniego, M. R., Espinoza-Abad, J. L., y Ruiz, E. (2018). Electricity sector in Ecuador: An overview of the 2007–2017 decade. *Energy Policy*, 113, 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.036>
- Prades, A. (1997). *Energía, tecnología y sociedad*. Ediciones de la Torre.
- Prado, F. (2012). Los culebrones de la noche: Estudio antropológico del comercio informal de combustible en Tumbes. *Ciencia y Desarrollo*, 15(2), 87.  
<https://doi.org/10.21503/cyd.v15i2.1131>
- Pretty, J. N., Ball, A. S., Lang, T., y Morison, J. I. L. (2005). Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. *Food Policy*, 30(1), 1-19.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2005.02.001>
- Puig Ventosa, I., Martínez Sojo, A., Córdova Vela, G., y Álvarez Rivera, P. (2018). Subsidios a los combustibles fósiles en Ecuador: Diagnosos y opciones para su progresiva reducción. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 28(1), 87-106.

- Purwanto, A., Sušnik, J., Suryadi, F., y Fraiture, C. (2021). Water-Energy-Food Nexus: Critical Review, Practical Applications, and Prospects for Future Research. *Sustainability*, 13. <https://doi.org/10.3390/su13041919>
- Quiñónez, I. N. (2000). *Aguas de formación y derrames de petróleo: La dimensión política en la problemática socioambiental petrolera*. Unidad de Protección Ambiental de PETROECUADOR.
- RAISG. (2022). *Deforestación en la Amazonía al 2025*. [https://infoamazonia.org/wp-content/uploads/2023/03/DEFORESTACION-AMAZONIA-2025\\_21032023.pdf](https://infoamazonia.org/wp-content/uploads/2023/03/DEFORESTACION-AMAZONIA-2025_21032023.pdf)
- Ramírez-Cendrero, J. M., García, S., y Santillán, A. (2017). Sumak kawsay in Ecuador: The role of communitarian economy and the experience of the rural communities in Sarayaku (Ecuadorian Amazonia). *Journal of Rural Studies*, 53, 111-121.
- Ramos-Martin, J. (2003). Empiricism in ecological economics: A perspective from complex systems theory. *Ecological Economics*, 46(3), 387-398. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00191-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00191-5)
- RAOHE, Decreto ejecutivo 1215 (2001). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ambiental-de-Actividades-Hidrocarburi%CC%81feras.pdf>
- Raza, D. (2018). Política económica en Ecuador y su capacidad de impacto en el desarrollo. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, 4, 141-151.
- Recalde, P. (2015). *Programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad en sustitución del GPL en el sector residencial—Ecuador—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/documentos/programa-eficiencia-energetica-para-coccion-por-induccion-calentamiento-agua-con>
- Registro Oficial No 449, 40 (2008). <https://n9.cl/gfgm4>

- Reglamento de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, 650 Decreto Ejecutivo (2015). <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf>
- Reglamento de regulación de precios derivados del petróleo, Decreto ejecutivo 338 19 (2005).
- Reinoso, G. P. (2023). *Obstáculos a la transición energética en Ecuador El caso de la generación eléctrica a partir de fuentes fotovoltaicas* [Posgrado, Universidad Andina Simón Bolívar]. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9311/1/T4076-MCCSD-Reinoso-Obstaculos.pdf>
- Rhoades, R. (2008). Disappearance of the glacier on Mama Cotacachi: Ethnoecological research and climate change in the Ecuadorian Andes. *Pirineos*, 163, 37-50.
- Roca, A., Garrón, M., y Cisneros, P. (2007). *Focalización de los subsidios a los combustibles en América Latina y El Caribe*. 26.
- Roibás, L., Elbehri, A., y Hospido, A. (2015). Evaluating the sustainability of Ecuadorian bananas: Carbon footprint, water usage and wealth distribution along the supply chain. *Sustainable Production and Consumption*, 2, 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2015.07.006>
- Román, S. P. (2010). *Lucha por Agua en la Costa Ecuatoriana. Dinámicas de los conflictos de agua de riego entre pequeños y grandes productores agrícolas: Un caso en el río Boliche* [Posgrado]. Wageningen University.
- Romero, R. (2010). La nueva subjetividad social campesina en el Ecuador de inicios del siglo XXI. El caso del proyecto hidroeléctrico Angamarca-Sinde. *Nómadas*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18118913020>
- Roth Deubel, A.-N. (2002). *Políticas públicas: Formulación, implementación y evaluación* (1. ed). Ed. Aurora.
- Ruiz, G. (2015). Rutas fronterizas del contrabando en Ecuador. *Perfil Criminológico*, 15, 5.

- Ruiz, L. (2000). *Amazonía Ecuatoriana*.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43406.pdf>
- Ryan, S. E., Hebdon, C., y Dafoe, J. (2014). Energy research and the contributions of the social sciences: A contemporary examination. *Energy Research & Social Science*, 3, 186-197.  
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.07.012>
- Salmoral, G., y Yan, X. (2018). Food-energy-water nexus: A life cycle analysis on virtual water and embodied energy in food consumption in the Tamar catchment, UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.018>
- Samaniego, J., De Miguel, C. J., Galindo, L. M., Pereira, M., Martínez, K., y CEPAL, N. (2013). *La economía del cambio climático en el Ecuador, 2012*.
- San Sebastian, M. (2001). Exposures and cancer incidence near oil fields in the Amazon basin of Ecuador. *Occupational and Environmental Medicine*, 58(8), 517-522.  
<https://doi.org/10.1136/oem.58.8.517>
- San Sebastián, M., y Karin Hurtig, A. (2004). Oil exploitation in the Amazon basin of Ecuador: A public health emergency. *Revista panamericana de salud pública*, 15(3), 205-211.
- Sánchez Herráez, P. S. (2021). *Europa, Mediterráneo y energía: ¿una nueva alternativa del diablo?* Instituto Español de Estudios Estratégicos.  
[https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_analisis/2021/DIEEEA23\\_2021\\_PEDSAN\\_Europa.pdf](https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2021/DIEEEA23_2021_PEDSAN_Europa.pdf)
- Sánchez, L., y Reyes, O. (2016). *La demanda de gasolinas, gas licuado de petróleo y electricidad en el Ecuador: Elementos para una reforma fiscal ambiental*. CEPAL.  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40629/1/S1600529\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40629/1/S1600529_es.pdf)
- Sarkodie, S. A., y Owusu, P. A. (2020). Bibliometric analysis of water–energy–food nexus: Sustainability assessment of renewable energy. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.10.008>

- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., y Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, 130, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.007>
- Saulino, F. (2011). *Implicaciones del desarrollo de los biocombustibles para la gestión y el aprovechamiento del agua*. CEPAL. <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/lcw0445s.pdf>
- Sbroiavacca, N. D., Dubrovsky, H., Nadal, G., y Lisperguer, R. C. (2019). *Rol y perspectivas del gas natural en la transformación energética de América Latina*. CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44596/1/S1801057\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44596/1/S1801057_es.pdf)
- Schoettle, B., Sivak, M., y Tunnell, M. (2016). A Survey of Fuel Economy and Fuel Usage by Heavy-Duty Truck Fleets. *The University of Michigan Sustainable Worldwide Transportation*, 58.
- Schwartz, J., Guasch, J. L., Wilmsmeier, G., y Stokenberga, A. (2009). *Logistics, Transport and Food Prices in LAC: Policy Guidance for Improving Efficiency and Reducing Costs*. Resources occasional paper series ; no. 2. World Bank, Washington, DC. <https://bit.ly/2TfFePB>
- Scott, C. A., y Shah, T. (2004). Groundwater overdraft reduction through agricultural energy policy: Insights from India and Mexico. *International Journal of Water Resources Development*, 20(2), 149-164. <https://doi.org/10.1080/0790062042000206156>
- Segarra Galarza, P. (2014). *Sinergias entre Degradación de la Tierra y Cambio Climático en los Paisajes Agrarios del Ecuador*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57189.pdf>
- Segovia, S. (2020). 20 Años de Dolarización de la Economía Ecuatoriana. Análisis del sector real de la Economía. *Indicadores Sociales. BCE*, 78.
- Seminario, L. (2018). *Incidencia del Transporte de Carga en el Ecuador*.



- Senagua. (2009). *Estudio Exploratorio: “Problemática y Conflictos sobre los Recursos Hídricos por efectos del cambio Climático”*. [https://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/3\\_ded-senagua\\_capt-0\\_resumen-ejecutivo.pdf](https://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/3_ded-senagua_capt-0_resumen-ejecutivo.pdf)
- Senagua. (2010). *Línea base para el monitoreo de la calidad del agua de riego en la demarcación hidrográfica del Guayas*. <https://www.coursehero.com/file/50421519/LINEA-BASE-PARA-MONITOREO-DE-AGUASpdf/>
- Senagua. (2016). *Estrategia Nacional de Calidad del Agua*. [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua\\_2016-2030.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf)
- Senagua. (2017a). *Boletín de la estadística sectorial del agua*.
- Senagua. (2017b). *Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA\_08feb.compressed-2.pdf*. [https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA\\_08feb.compressed-2.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf)
- Senagua. (2019). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019—2027*. [http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/01PPP\\_PNRD\\_05ABRIL\\_2019\\_3.pdf](http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/01PPP_PNRD_05ABRIL_2019_3.pdf)
- Senplades. (2009). *Plan Nacional del Buen Vivir 2009—2013. Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural*. [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan\\_Nacional\\_para\\_el\\_Buen\\_Vivir.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf)
- Senplades. (2011). *Guía para la formulación de políticas públicas sectoriales*. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Gu%C3%ADa-para-la-formulaci%C3%B3n-de->

pol%C3%ADticas-p%C3%ABlicas-sectoriales.pdf

Sentencia segunda instancia, Juicio No: 16281201900422 (2019).

<https://www.derechosdelanaturaleza.org.ec/wp-content/uploads/2019/08/sentencia-piatua-2da-instancia.pdf>

Seoane, J. B. (2011). Teoría social clásica y postpositivismo. *Barbaroi*, 141-178.

Shrivastava, P., Ivanaj, S., y Ivanaj, V. (2016). Strategic technological innovation for sustainable development. *International Journal of Technology Management*, 70(1), 76.

<https://doi.org/10.1504/IJTM.2016.074672>

Sielac. (2023). *Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe sieLAC*.

<https://sielac.olade.org/>

Silva, S. (2010, febrero 5). *Ecuador dice pacta fin concesión petrolera Argentina y de EEUU*

[Reuters]. <https://www.reuters.com/article/petroleo-ecuador-contratos-idARN0522129920100205>

Sismondo, S. y others. (2008). Science and technology studies and an engaged program. *The handbook of science and technology studies*, 3, 13-31.

Smith, A., Voß, J.-P., y Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39(4), 435-

448. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.023>

Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos. (2020). *Cogeneración de energía eléctrica – Ingenio*

*San Carlos*. <https://www.sancarlos.com.ec/modelo-de-produccion-sostenible/cogeneracion-de-energia-electrica/>

Sovacool, B. K. (2015). Fuel poverty, affordability, and energy justice in England: Policy insights from the Warm Front Program. *Energy*, 93, 361-371.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.09.016>

Sovacool, B. K., y Hess, D. J. (2017). Ordering theories: Typologies and conceptual

- frameworks for sociotechnical change. *Social Studies of Science*, 47(5), 703-750.  
<https://doi.org/10.1177/0306312717709363>
- Sovacool, B. K., Mukherjee, I., Drupady, I. M., y D'Agostino, A. L. (2011). Evaluating energy security performance from 1990 to 2010 for eighteen countries. *Energy*, 36(10), 5846-5853. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.08.040>
- Sperling, E., Sikorsky, E., y Femia, F. (2021). *The Climate and Security Advisory Group's Climate and Security Fellowship Program: Climate Security Risk Briefers*. Center for Climate and Security, an institute of the Council on Strategic Risks.  
[https://climateandsecurity.org/wp-content/uploads/2021/10/Climate-Security-Risk-Briefers\\_Climate-and-Security-Fellows-Program\\_October-2021-1.pdf](https://climateandsecurity.org/wp-content/uploads/2021/10/Climate-Security-Risk-Briefers_Climate-and-Security-Fellows-Program_October-2021-1.pdf)
- STATISTA. (2022, marzo). *Capacidad instalada de energía solar en América Latina y el Caribe en 2021*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1238163/capacidad-instalada-energia-solar-america-latina-caribe/>
- Stein, E., Tommasi, M., Echebarría, K., Lora, E., y Payne, M. (2006). *La política de las políticas públicas: Progreso económico y social en América Latina, informe 2006*. Banco Interamericano de Desarrollo : Harvard University Planeta : David Rockefeller Center.
- Stewart, M., y Arnold, K. E. (2011). *Surface Production Operations, Volume 1: Design of Oil Handling Systems and Facilities* (Vol. 1). Elsevier.
- Stiglitz, J. E., Dosi, G., Mazzucato, M., Pianta, M., Lütkenhorst, W., Alvarado, J., Calderón, Á., Correa, F., Gligo, N., Martínez, J. M., Martins, A., Padilla, R., Rovira, S., Álvarez, C., Bértola, L., Higuera, L., Laplane, A., Laplane, M., Lara, C., ... Stumpo, G. (2017). *Políticas industriales y tecnológicas en América Latina*. 578.
- Subirats, J. (2012). Nuevos tiempos, ¿nuevas políticas públicas? Explorando caminos de respuesta. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357533686001>

Subirats, J., Knoepfel, P., Larrue, C., y Varone, F. (2008). *Análisis y gestión de políticas públicas*. Editorial Ariel.

Suman, A. B. (2017). Human rights violations in the ChevronTexaco case, Ecuador: Cultural genocide. *Global Campus Human Rights Journal*, 1(2), 259-286.

Suquilanda, M. (2008). *El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola*. EL DETERIORO DE LOS SUELOS EN EL ECUADOR Y LA PRODUCCION AGRICOLA. <https://studylib.es/doc/3431484/el-deterioro-de-los-suelos-en-el-ecuador-y-la-producci%C3%B3n-...>

Tainter, J. (1988). *The collapse of complex societies*. Cambridge university press.

Tarín, A. (2022, septiembre 28). *Los muertos del junio ecuatoriano*. [www.elsaltodiario.com](http://www.elsaltodiario.com).  
<https://www.elsaltodiario.com/ecuador/nueve-muertos-junio-ecuatoriano-jhonny-felix-byron-guatatuca-marcelino-villa-henry-quezada-eduardo-iniguez-hermanos-sistema>

Tenenbaum, D. J. (2008). Food vs. Fuel: Diversion of Crops Could Cause More Hunger. *Environmental Health Perspectives*, 116(6). <https://doi.org/10.1289/ehp.116-a254>

Terneus, C. F., y Viteri, O. (2020). Analysis of agro-food transport in Ecuador faced with a possible reduction in the subsidy of diesel. *Energy Policy*, 144, 111713. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111713>

Terneus, C. F., y Viteri, O. (2021). Analysis of biofuel production in Ecuador from the perspective of the water-food-energy nexus. *Energy Policy*, 157, 112496. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112496>

Terneus, C. F., y Viteri, O. (2022). The Water–Energy–Food Nexus: An Analysis of Food Sustainability in Ecuador. *Resources*, 11(10), 90. <https://doi.org/10.3390/resources11100090>

Terneus, C. F., y Viteri, O. (2023). Energy Security in Ecuador: An Analysis Considering the

- Interrelationships of the WEF Nexus. *Energies*, 16(20), 7166.  
<https://doi.org/10.3390/en16207166>
- Terneus, F., y Jiménez, S. (2018). Nexo agua - energía: Análisis del flujo hídrico del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. *Ingenius*, 21, 53-62.  
<https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.05>
- Terneus Páez, C. F., Guayanlema, V., y Cabrera Mera, A. G. (2022). Estimation of energy consumption due to the elimination of an environmental tax in Ecuador. *Energy for Sustainable Development*, 66, 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.11.005>
- Terrapon-Pfaff, J., Ortiz, W., Dienst, C., y Gröne, M.-C. (2018). Energising the WEF nexus to enhance sustainable development at local level. *Journal of Environmental Management*, 223, 409-416. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.037>
- Tetreault, D. (2008). *Escuelas de pensamiento ecológico en las Ciencias Sociales*. 16(32).  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572008000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572008000200008&lng=es&tlng=es).
- The World Bank. (2023). *Worldwide Governance Indicators | DataBank*.  
<https://databank.worldbank.org/source/worldwide-governance-indicators>
- The World Bank Group. (2023). *World Bank Open Data*. World Bank Open Data.  
<https://data.worldbank.org>
- Tobey, J., Clay, J., y Vergne, P. (1998). *Manteniendo un Balance: Impactos Economicos, Ambientales y Sociales del Cultivo de Camaron en Latinoamerica* (2002; p. 68). USAID / Centro de Recursos Costeros Rhode Island.  
[https://www.crc.uri.edu/download/MAN\\_0034.pdf](https://www.crc.uri.edu/download/MAN_0034.pdf)
- Toledo, V. (2013). El metabolismo social: Una nueva teoría socioecológica. *Relaciones*, 136, 41-71.
- Torres, A. (2022, 09). Narcos se llevan la gasolina para pesca artesanal en Esmeraldas.

- Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/en-exclusiva/gasolina-contrabando-pescadores-esmeraldas-narcotrafico-colombia/>
- Torres, B., Fischer, R., Vargas, J., y Günter, S. (2020). *Deforestación en paisajes forestales tropicales del Ecuador*. [http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/LAFORET\\_WEB.pdf](http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/LAFORET_WEB.pdf)
- Torres, W. (2020, agosto 17). Proyectos Mirador y Fruta del Norte afectan a 4 ríos, según la Contraloría. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/proyectos-mirador-fruta-norte-afectan-cuatro-rios-contraloria/>
- Torske, M. (2019). *La realidad de las aguas servidas en Ecuador – YAKUNINA*. <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/>
- Trillo, P., y Antonio, J. (2008). La insostenibilidad como punto de partida del desarrollo sostenible. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 4(11), 81-94.
- Troell, M., Tyedmers, P., Kautsky, N., y Rönnbäck, P. (2004). Aquaculture and Energy Use. En *Encyclopedia of Energy* (Vol. 1, pp. 97-108). <https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00205-9>
- Tulsma, Pub. L. No. Edición especial 2 2003. Decreto ejecutivo 3516, Registro oficial (2003). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/TEXTO-UNIFICADO-DE-LEGISLACION-SECUNDARIA-DE-MEDIO-AMBIENTE.pdf>
- Ullauri, J. C. (2014). *El Conflicto Socio Ambiental, Estudio de Caso de Proyecto Hidroeléctrico Hidroabanico y la Comunidad e Jimbitono en la Provincia de Morona Santiago* [FLACSO]. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/handle/10469/7602>
- Ulloa, F. (2017). Estimación de la demanda de transporte mediante el método insumo producto: Casos de Brasil, Chile, Ecuador y Nicaragua. *CEPAL*, 11.
- Umaña, L. (2014). Urge implementar la vida útil de los vehículos de carga. *Revista Fasecolda* (157), 60-65.

- UN. (2012). Future We Want, Outcome Document. *UN Sustainable Development Knowledge Platform*.
- UNODC. (2021). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos*. [https://www.unodc.org/documents/colombia/2022/Octubre/Otros/Informe\\_de\\_Monitoreo\\_de\\_Territorios\\_Afectados\\_por\\_Cultivos\\_Illicitos\\_2021.pdf](https://www.unodc.org/documents/colombia/2022/Octubre/Otros/Informe_de_Monitoreo_de_Territorios_Afectados_por_Cultivos_Illicitos_2021.pdf)
- UPME. (2007). *Caracterización del consumo final de energía en el sector agroindustrial* (1517-14-2007).
- Urquiza, A., y Billi, M. (2020a). *Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe: Definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46408-seguridad-hidrica-energetica-america-latina-caribe-definicion-aproximacion>
- Urquiza, A., y Billi, M. (2020b). *Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe: Definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población*. CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46408/1/S2000631\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46408/1/S2000631_es.pdf)
- Urresta, E. (2021, enero 19). *Eficiencia energética en la pesca artesanal*. <http://www.elorientec.com/articulo/eficiencia-energetica-en-la-pesca-artesanal/16588>
- Vaca-Jiménez, S., Gerbens-Leenes, P. W., y Nonhebel, S. (2019). Water-electricity nexus in Ecuador: The dynamics of the electricity's blue water footprint. *Science of The Total Environment*, 696, 133959. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133959>
- Vaccari, A. (2008). Reensamblar lo social: Una introducción a la teoría del actor-red. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 4(11), 189-192.
- Valarezo, O., y Muñoz, J. (2011). *Insecticidas de uso agrícola en el Ecuador*. MAGAP.
- Valderrama Chávez, M. D., Vásquez Granda, V. D., León Baque, E. L., Valderrama Chávez, M. D., Vásquez Granda, V. D., y León Baque, E. L. (2021). Cambios en patrones de

- precipitación y temperatura en el Ecuador, región costa. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(SPE2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2609>
- Valencia, J. (2019, octubre 15). *Canciller José Valencia en la Sesión Extraordinaria del Consejo Permanente de la OEA*. Sesión extraordinaria del Consejo permanente de la OEA. [https://www.cancilleria.gob.ec/wp-content/uploads/2019/10/oea\\_discurso.pdf](https://www.cancilleria.gob.ec/wp-content/uploads/2019/10/oea_discurso.pdf)
- Vallejo Carpio, C. (2019). Análisis de Intensidad Energética para los Sectores de Uso Final de la Economía Ecuatoriana. *BCE*, 27 (2). <https://estudioeconomicos.bce.fin.ec/index.php/RevistaCE/article/view/59>
- Van Hauwermeiren, A., Coene, H., Engelen, G., y Mathijs, E. (2007). Energy Lifecycle Inputs in Food Systems: A Comparison of Local versus Mainstream Cases. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 9(1), 31-51. <https://doi.org/10.1080/15239080701254958>
- Veettil, B. K., Leandro Bayer Maier, É., Bremer, U. F., y De Souza, S. F. (2014). Combined influence of PDO and ENSO on northern Andean glaciers: A case study on the Cotopaxi ice-covered volcano, Ecuador. *Climate Dynamics*, 43(12), 3439-3448. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2114-8>
- Velasco T., G., Moncayo S., J., y Chuquer S., D. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *infoANALÍTICA*, 7(1), 27-39. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i1.93>
- Velázquez, A. Q. R. (2020). *Piatúa Case and the Free, Previous and Informed Consultation. A Vision from the Constitutionality*. <https://ia802807.us.archive.org/26/items/2020mester/2020%20mester%20Issue%201.-33-46.pdf>
- Verbong, G., y Geels, F. (2007). The ongoing energy transition: Lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960–2004). *Energy Policy*, 35(2),



- 1025-1037. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.02.010>
- Vicepresidencia de la República. (2015). *Estrategia Nacional para el Cambio de la Matriz Productiva*. <https://bit.ly/2LjvWNU>
- Vicepresidencia del Ecuador. (2019). *150 mil empleos generaran el desarrollo de agrocombustibles en Ecuador – Vicepresidencia de la República del Ecuador*. r. <https://www.vicepresidencia.gob.ec/150-mil-empleos-generaran-el-desarrollo-de-agrocombustibles-en-ecuador/>.
- Vieira, A. S. y others. (2012). *Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina*.
- Villa, N. S. G. (2022). *Análisis del derecho a la consulta previa, libre e informada en el caso del «Río Piatúa»*.
- Villalobos, J. (2010). Eficiencia energética en el transporte de carga por carretera | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *CEPAL*, 1, 8.
- Villalobos, J., y Wilmsmeier, G. (2016). Estrategias y herramientas para la eficiencia energética y la sostenibilidad del transporte de carga por carretera. *CEPAL*, 12.
- Villareal, F. (2022). *Estimación de pérdidas y daños ocasionados por el paro nacional de junio de 2022—Banco Central del Ecuador*. BCE. <https://www.bce.fin.ec/publicaciones/editoriales/estimacion-de-perdidas-y-danos-ocasionados-por-el-paro-nacional-de-junio-de-2022>
- Villegas, L., Cabrera, M., y Capparelli, M. V. (2021). Assessment of Microplastic and Organophosphate Pesticides Contamination in Fiddler Crabs from a Ramsar Site in the Estuary of Guayas River, Ecuador. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 107(1), 20-28. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03238-z>
- Viscidi, L. (2017). La energía del transporte: Un enfoque en el transporte urbano en América Latina. En *Energy and Transportation in the Atlantic Basin: Implications for the*

- European Union and Other Atlantic Actors* (p. 33). <https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2017/11/La-energia-del-transporte-en-America-Latina-1.pdf>
- Viscidi, L., y O'Connor, R. (2017). *The Energy of Transportation: A Focus on Latin American Urban Transportation*. 36.
- Vivoda, V. (2010). Evaluating energy security in the Asia-Pacific region: A novel methodological approach. *Energy Policy*, 38(9), 5258-5263. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.028>
- Vollenweider, C. (2019, enero 8). 20 años de dolarización en Ecuador: ¿es sostenible? *CELAG*. <https://www.celag.org/20-anos-dolarizacion-ecuador-es-sostenible/>
- Von Hippel, D., Savage, T., y Hayes, P. (2011). Introduction to the Asian Energy Security project: Project organization and methodologies. *Energy Policy*, 39(11), 6712-6718. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.01.010>
- Watts, M. J. (2005). Righteous oil? Human rights, the oil complex, and corporate social responsibility. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 30, 373-407.
- Weerasekera, T. D., y Amarasingha, N. (2017). Estimation of vehicle kilometers travelled in southern province, sri lanka. *2017 6th National Conference on Technology and Management (NCTM)*, 40-45. <https://doi.org/10.1109/NCTM.2017.7872825>
- Weiss, W., y Spörk-Dür, M. (2022). Solar Heat Worldwide Edition 2022. *Global Market Development and Trends 2021 Detailed Market Figures 2020*. <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2022.pdf>
- Weitz, N., Nilsson, M., y Davis, M. (2014). A nexus approach to the post-2015 agenda. *The SAIS Review of International Affairs*, 34(2), 37-50. <https://www.jstor.org/stable/27000956>
- Weitz, N., Strambo, C., Kemp-Benedict, E., y Nilsson, M. (2017). Closing the governance gaps in the water-energy-food nexus: Insights from integrative governance. *Global*

- Environmental Change*, 45, 165-173. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.06.006>
- Wiegleb, V., y Bruns, A. (2018). What Is Driving the Water-Energy-Food Nexus? Discourses, Knowledge, and Politics of an Emerging Resource Governance Concept. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 128. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00128>
- Willaarts, B. A., Blanco, E., Llavona, A., y Martínez, D. (2021). *Análisis comparativo de acciones con enfoque del Nexo Agua-Energía-Alimentación: Lecciones aprendidas para los países de América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46713-analisis-comparativo-acciones-enfoque-nexo-agua-energia-alimentacion-lecciones>
- Wise, T. A., y Cole, E. (2015). *Mandating food insecurity: The global impacts of rising biofuel mandates and targets*. Tufts University.
- Wojcikiewicz, C. A., Nascimento, F. V. do, Garbossa, L. H. P., Lapa, K. R., y Arana, L. A. V. (2017). Pegada hídrica cinza de sistema de cultivo intensivo de camarão-branco em água salobra. *Boletim do Instituto de Pesca*, 43(3), 426-436. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n3p426>
- World Bank. (2008). *Rising food prices: The World Bank's Latin America and Caribbean region position paper* (44718; pp. 1-62). The World Bank. <https://bit.ly/2LpzAFY>
- World Bank. (2023). *World Bank Open Data*. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org>
- World Economic Forum. (2008). *Global Risks 2008: A Global Risk Network Report: A World Economic Forum Report*. World Economic Forum. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2008.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2008.pdf)
- World Economic Forum. (2011). *Global risks 2011: An initiative of the risk response network* (6th ed). World Economic Forum.
- WWAP. (2014). *The United Nations world water development report 2014*. UNESCO.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000225741>

- Yáñez, L., Franco, P., Bastidas, W., y Córdova, V. (2017). Resumen del plan nacional de gestión integrada e integral de los recursos hídricos y de las cuencas y microcuencas hidrográficas de Ecuador. *Aqua-LAC*, 9(2), 124-132.
- Yáñez, E. (2019, octubre 18). Hablan los indígenas de Ecuador: Victoria sí, pero ni olvido ni perdón. *Vice*. <https://www.vice.com/es/article/mbmk5y/hablan-los-indigenas-de-ecuador-victoria-si-pero-ni-olvido-ni-perdon>
- Yubo, S., Ramayah, T., Hongmei, L., Yifan, Z., y Wenhui, W. (2023). Analysing the current status, hotspots, and future trends of technology management: Using the WoS and scopus database. *Heliyon*, 9(9), e19922. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19922>
- Zabala. (2013, septiembre 25). Pescadores frente a las denuncias sobre contrabando de combustible. *Lo dijeron*. <https://lodijeron.wordpress.com/2013/09/25/pescadores-frente-a-las-denuncias-sobre-contrabando-de-combustible/>
- Zaballa Romero, M., Jimenez Rivera, H., y Franken, V. (2017). *Recomendaciones de política para el sector energético de América Latina y el Caribe en apoyo a la implementación de las NDCs*. OLADE.
- Zambrano, C., Kovshov, S., y Lyubin, E. (2018). Assessment of anthropogenic factor of accident risk on the main oil pipeline Pascuales—Cuenca in Ecuador. *Journal of Applied Engineering Science*, 16(3), 307-312. <https://doi.org/10.5937/jaes16-17019>
- Zambrano Choez, A. D. J., y Pionce Soledispa, M. E. (2023). La intervención de la administración pública en los subsidios de los combustibles del Ecuador. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 7(1), 85-102. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v7.n1.2023.704>
- Zisopoulou, K., Karalis, S., Koulouri, M.-E., Pouliasis, G., Korres, E., Karousis, A., Triantafilopoulou, E., y Panagoulia, D. (2018). Recasting of the WEF Nexus as an actor

with a new economic platform and management model. *Energy Policy*, 119, 123-139.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.030>