

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador  
Departamento De Desarrollo, Ambiente Y Territorio  
Convocatoria 2018 - 2021 I

Tesis para obtener el título de Doctorado En Economía Del Desarrollo

**METABOLISMO SOCIAL DE LA MEGAMINERÍA EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA**

Ramos Emiliano Joaquín

Asesora: Falconí Benítez Fander

Lectores: Burbano Rodríguez Rafael Tiberio, Bustamante Ponce Teodoro Roberto, Latorre Tomás Sara,  
Pengue Walter Alberto, Vallejo Real Ivette Rossana

Quito, octubre de 2024

## **Dedicatoria**

A los pueblos que se encuentran en resistencia en sus territorios y que luchan por la defensa de la vida.

A Maritza Valeria Vélez Redrován por haberme acompañado en este largo viaje, por creer en mí en mis horas más oscuras, y por alentarme a seguir siempre adelante. Este logro es también tuyo, porque tú me has inspirado, motivado a descubrir mis talentos y a crecer como persona.

A la memoria de mis padres Luis Ricardo Ramos y Griselda Clara Santagostino por haberme forjado en la persona que soy en la actualidad.

## **Epígrafe**

Al principio pensé que estaba luchando para salvar los árboles de caucho,

luego pensé que estaba luchando para salvar la selva amazónica.

Ahora me doy cuenta de que estoy luchando por la humanidad.

—Chico Mendes

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	2
Epígrafe .....	3
Índice de contenidos.....	4
Lista de ilustraciones.....	8
Lista de siglas y acrónimos .....	12
1.1. Siglas .....	12
1.2. Acrónimos .....	13
Resumen.....	17
Agradecimientos.....	19
Introducción .....	20
Capítulo 1. Marco Teórico .....	31
1.1. Enfoques teóricos y perspectivas esenciales .....	31
1.2. El metabolismo social .....	34
1.3. La primera contradicción del capital.....	45
1.3.1. La primera contradicción según O'Connor.....	49
1.3.2. Críticas a las teorías de la crisis .....	50
1.4. La segunda contradicción del capital .....	52
1.4.1. Aportes de David Harvey en la segunda contradicción .....	56
1.4.2. Antecedentes de la obra de Karl Polanyi en James O' Connor.....	57
1.5. Líneas temáticas derivadas de la segunda contradicción .....	59
1.5.1. Destrucción de la naturaleza .....	59
1.5.2. Mercantilización de las relaciones capital-trabajo y capital-naturaleza.....	60
1.5.3. Alianzas, regulación y procesos de resistencia .....	63
1.5.4. Sostenibilidad y sustentabilidad del capitalismo.....	64
1.5.5. Intercambio ecológico y económico desigual .....	66
1.6. Ampliación de la segunda contradicción .....	67
Capítulo 2. Proyectos Fruta del Norte y Mirador. Megaminería en la Cordillera del Cóndor. Antecedentes y contexto del enclave minero. ....	86
2.1. La minería como un enclave .....	86

2.2.	Importancia del sector minero.....	88
2.2.1.	Concesiones a nivel nacional .....	88
2.2.2.	Contribución del sector minero a la economía nacional .....	90
2.2.3.	Ingresos por minería metálica y recaudación tributaria .....	90
2.2.4.	Comercio exterior.....	92
2.2.5.	Inversiones .....	95
2.2.6.	Empleo .....	96
2.3.	Descripción de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador .....	98
2.3.1.	Eco región base material de la megaminería.....	98
2.3.2.	Ubicación de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador .....	100
2.3.3.	Características de los proyectos .....	102
2.3.4.	Inversiones en los proyectos Fruta del Norte y Mirador .....	105
2.3.5.	Empleo de los proyectos Fruta del Norte y Mirador .....	106
2.3.6.	Tecnología utilizada en los proyectos Fruta del Norte y Mirador.....	107
2.3.7.	Demografía y condiciones sociales .....	108
Capítulo 3.	Materiales y métodos.....	115
3.1.	Metabolismo social megaminero .....	115
3.1.1.	Entradas .....	118
3.1.2.	Salidas .....	123
3.1.3.	Gráficos del metabolismo social megaminero .....	127
3.1.4.	Modelo flujo-fondo .....	127
3.1.5.	Requerimientos e indicadores de eficiencia .....	127
3.2.	Impactos de la megaminería, actuales y futuros .....	128
3.2.1.	Impactos sociales, actuales, a escala local .....	128
3.2.2.	Impactos hídricos al presente en los proyectos Fruta del Norte y Mirador.....	130
3.2.3.	Impactos en la biodiversidad.....	132

3.2.4.	Impactos a futuro a escala regional .....	132
3.2.5.	Zoonosis .....	135
Capítulo 4.	Resultados del metabolismo social y discusión.....	137
4.1.	Indicadores económicos .....	137
4.2.	Metabolismo social megaminero .....	138
4.3.	Entradas del metabolismo social megaminero .....	138
4.3.1.	Flujos de entrada de materia al metabolismo social megaminero.....	139
4.3.2.	Flujo de entrada de agua al metabolismo social megaminero.....	144
4.3.3.	Flujo de entrada de energía al metabolismo social megaminero .....	146
4.4.	Salidas del metabolismo social megaminero .....	148
4.4.1.	Flujos de salida indirectos asociados a las exportaciones .....	149
4.4.2.	Gráficos del metabolismo social megaminero .....	150
4.4.3.	Modelo flujo-fondo .....	152
4.4.4.	Requerimientos de agua y energía para la extracción .....	154
4.4.5.	Indicadores de eficiencia.....	156
Capítulo 5.	Resultados de impactos de la megaminería, actuales y futuros.....	159
5.1.	Impactos sociales actuales a escala local .....	159
5.1.1.	Impactos sociales actuales en el proyecto Fruta del Norte.....	159
5.1.2.	Impactos sociales actuales en el proyecto Mirador .....	161
5.2.	Impactos hídricos al presente de los proyectos Fruta del Norte y Mirador... 163	
5.2.1.	Impactos esperados en la salud por la presencia de fenoles y metales pesados en el agua 164	
5.2.2.	Implicaciones del estado de las cuencas hídricas.....	165
5.2.3.	Conflictos por el estado de las cuencas hídricas .....	165
5.2.4.	Impactos hídricos con influencia en las comunidades .....	167
5.3.	Impactos en la biodiversidad.....	169
5.4.	Impactos a futuro a escala regional .....	173

5.4.1. Diseño de las presas de relaves y características técnicas.....	177
5.4.2. Diseño de las presas de relaves en los proyectos Fruta del Norte y Mirador	178
5.4.3. Factores de incertidumbre de colapso de las presas de relaves.....	179
5.5. Impactos esperados a futuro por los relaves situados en Ecuador .....	186
5.5.1. Sistematización de la escala de fallas de presas de relaves.....	186
5.5.2. Escala comparada de los colapsos de presas de relaves e impactos asociados	191
5.5.3. Impactos inmediatos de un colapso de las presas de relaves (de horas a meses)	196
5.5.4. Impactos a mediano y largo plazo de un colapso de las presas de relaves (de años a siglos)	197
5.5.5. Remediación luego de un colapso de las presas.....	199
5.6. Zoonosis .....	200
5.7. Relación de los resultados y la hipótesis .....	206
Conclusiones .....	208
Referencias .....	219
Anexos.....	239

## Lista de ilustraciones

### Índice de Figuras

Figura 1.1 Alcance de las cuentas de flujo de materiales.....	38
Figura 1.2 Etapas del metabolismo social.....	39
Figura 3.1 Metabolismo social megaminero físico .....	117
Figura 4.1 Métodos de construcción de las presas de relaves .....	178
Figura 4.2 Calidad de la construcción de las presas de relaves aguas arriba .....	183
Figura 4.3 Factores de incertidumbre de colapso de las presas de relaves .....	185

### Índice de Gráficos

Gráfico 2.1 Sector minero, 2010- 2019 (millones USD, % del PIB).....	90
Gráfico 2.2 Ingresos por minería metálica 2010-2018 (millones USD) .....	91
Gráfico 2.3 Recaudación tributaria total de la minería, por patentes de conservación, regalías anticipadas, regalías y utilidades, 2010- 2019 (millones USD) .....	91
Gráfico 2.4 Exportaciones de minerales, 2019 (millones USD, porcentajes).....	93
Gráfico 2.5 Exportaciones minería, 2010- 2019 (millones USD).....	94
Gráfico 2.6 Exportaciones, principales rubros y minería, 2021 (millones USD) .....	94
Gráfico 2.7 Destinos de las exportaciones mineras, 2021 (millones USD, %).....	95
Gráfico 2.8 Inversión total en el sector minero, 2010-2019 (millones USD) .....	96
Gráfico 2.9 Empleo por sectores megaminero, proyectos estratégicos y de segunda generación por provincias, 2021 (número de puestos de trabajo) .....	97
Gráfico 2.11 Ingresos fiscales, impuestos y regalías, de los proyectos Fruta del Norte en 2003-2021 y Mirador, 2010- 2021 (millones USD) .....	104
Gráfico 2.12 : Regalías anticipadas, 2012- 2019 (millones USD).....	104
Gráfico 2.13 Inversión en proyectos estratégicos, 2010- 2019 (millones de USD).....	106
Gráfico 2.14 Inversión en proyectos estratégicos, 2010- 2019 (millones de USD).....	107
Gráfico 4.1 Materia extraída en Fruta del Norte (miles de toneladas/ kt).....	141
Gráfico 4.2 Materia acumulada en Fruta del Norte (millones de toneladas/ Mt).....	141
Gráfico 4.3 Materia extraída en Mirador (Millones de toneladas/ Mt) .....	142
Gráfico 4.4 Materia extraída acumulada en Mirador (Millones de toneladas/ Mt).....	142
Gráfico 4.5 Metabolismo social del proyecto Fruta del Norte .....	151
Gráfico 4.6 Metabolismo social del proyecto Mirador .....	151

## Índice de Tablas

Tabla 1.1 Incertidumbre y aceleración de la segunda contradicción del capital.....	72
Tabla 2.1 Descripción técnica de los proyectos Fruta del Norte y Mirador.....	103
Tabla 2.2 Descripción financiera de los proyectos Fruta del Norte y Mirador .....	105
Tabla 2.3 Indicadores de sanidad (porcentajes) .....	111
Tabla 2.4 Indicadores de educación (porcentajes) .....	112
Tabla 2.5 Actividades económicas (sector, porcentajes) .....	113
Tabla 2.6 Origen étnico (cantidad, porcentajes) .....	113
Tabla 3.1 Escala de extracción de los proyectos y de la megaminería, 2019- 2022 (toneladas por día, t/d) .....	120
Tabla 4.1 Indicadores económicos .....	137
Tabla 4.2 Entradas totales al metabolismo social megaminero, T3 2019- T1 2022 .....	139
Tabla 4.3 Extracción de materia, T3 2019-T1 2022 (millones de toneladas/ Mt) .....	139
Tabla 4.4 Extracción de materia de los mayores proyectos mundiales en 2021 (millones de toneladas por año, Mt/a).....	140
Tabla 4.5 Escala de extracción comparada del proyecto Fruta del Norte, 2021 (toneladas por día, t/d) .....	143
Tabla 4.6 Escala de extracción comparada del proyecto Mirador, 2021 (toneladas por día, t/d) .....	144
Tabla 4.7 Entrada de agua (millones de metros cúbicos, Mm3).....	145
Tabla 4.8 Consumo de energía (Giga Watios hora/ GWh) .....	146
Tabla 4.9 Consumo de energía, 2021 (Giga Watios hora, GWh) .....	147
Tabla 4.10 Salidas totales del metabolismo social megaminero y la contribución a la economía,T3 2019- T1 2022 .....	148
Tabla 4.11 Flujos indirectos de salida asociados a las exportaciones (toneladas de dióxido de carbono/ t CO2) .....	150
Tabla 4.12 Requerimiento de agua por tonelada de mineral extraído (tonelada de agua por tonelada de mineral, t/t; kilolitro por tonelada, kL/t) .....	154
Tabla 4.13 Requerimiento de energía por tonelada de mineral extraído (kWh/t).....	154
Tabla 4.14 Requerimiento de energía por tonelada de mineral extraído (GJ/t) .....	155
Tabla 4.15 Requerimientos de materia extraída por tonelada de concentrado de mineral y por onza doré (t/t; t/onza) .....	156

Tabla 4.16 Requisito de agua por tonelada de concentrado de mineral y por kilogramo de onza doré.....	156
Tabla 4.17 Requisito de energía por tonelada de concentrado de mineral y por kilogramo de onza doré (GJ/t, GJ/kg) .....	157
Tabla 4.18 Impacto en la calidad de las cuencas.....	169
Tabla 4.19 Impactos hídricos al presente con influencia en las comunidades .....	169
Tabla 4.20 Indicador de pérdida de Biodiversidad .....	172
Tabla 4.21 Presas y depósitos de relaves de los proyectos Fruta del Norte y Mirador .	173
Tabla 4.22 Escala de fallas de las presas de relaves de América del Sur.....	187
Tabla 4.23 Escala de fallas de presas de relaves de América del Norte .....	188
Tabla 4.24 Escala de fallas de las presas de relaves de África, Asia y Europa.....	189
Tabla 4.25 Proyectos de similar escala actual y a futuro a los proyectos Fruta del Norte y Mirador.....	192
Tabla 4.26 Implicaciones de los derrames de Bento Germano y Córrego do Feijão ....	194
Tabla 4.27 Impactos del proyecto Padcal en Filipinas.....	195
Tabla 4.28 Estimaciones de especies de virus y de especies virales zoonóticas.....	204

## **Índice de Fotografías**

Fotografía 4.1 Escuela abandonada de la comunidad de San Antonio .....	160
Fotografía 4.2 Escuela “Tres de noviembre” .....	162
Fotografía 4.3 Iglesia del barrio San Marcos .....	162
Fotografía 4.4 Custodia policial .....	162
Fotografía 4.5 Demolición de Iglesia.....	162
Fotografía 4.6 Ruinas del barrio San Marcos.....	162
Fotografía 4.7 Desaparición del barrio San Marcos.....	162
Fotografía 4.8 Río Wawayme, 2014 .....	168
Fotografía 4.9 Río Wawayme, 2017 .....	168
Fotografía 4.10 Estado de las cuencas cercanas al proyecto Mirador.....	168
Fotografía 4.11 Cordillera del Cóndor, 2015 .....	170
Fotografía 4.12 Proyecto Mirador en la Cordillera del Cóndor, 2022 .....	170

## **Índice de Mapas**

Mapa 2.1 Concesiones mineras de primera y segunda generación .....	89
Mapa 2.2 Destinos de las exportaciones mineras, 2019 (millones USD) .....	93
Mapa 2.3 Destinos de las exportaciones mineras, 2021 (millones USD) .....	95
Mapa 2.4 Ubicación de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador .....	101
Mapa 2.5 Ubicación provincial y cantonal de los proyectos megamineros .....	101
Mapa 4.1 Quita de cobertura vegetal efectiva.....	171
Mapa 4.2 Sistema hídrico a nivel local .....	175
Mapa 4.3 Sistema hidrográfico de América del Sur .....	176
Mapa 4.4 Sistema hídrico a nivel regional .....	177
Mapa 4.5 Impactos en la bahía Ite, Perú .....	196

## **Índice de Anexos**

Anexo 1 Mina de cobre “Chuquicamata” en Calama, Chile.....	239
Anexo 2. Mina “Escondida” en Antofagasta, Chile.....	239
Anexo 3. Límites de los proyectos Fruta del Norte y Mirador. ....	240
Anexo 4. Fotografías del proyecto Fruta del Norte.....	243
Anexo 5. Fotografías del proyecto Mirador .....	244
Anexo 6. Cálculo de los factores de conversión de la energía.....	245
Anexo 7. Cálculos de los requisitos e indicadores de eficiencia.....	246
Anexo 8. Valores excedentes en el proyecto Fruta del Norte .....	250
Anexo 9. Valores excedentes en el proyecto Mirador. ....	252
Anexo 10. Construcción de infraestructuras previa a estudios de factibilidad y diseños completos en el proyecto Mirador.....	255
Anexo 11 Imágenes tridimensionales de los métodos de construcción de las presas de relaves .....	256
Anexo 12. Presa y depósitos de relaves “Quimi” en el proyecto Mirador.....	258
Anexo 13. Presa y depósito de relaves “Tundayme” en el proyecto Mirador .....	259
Anexo 14. Entrevistas .....	260

## **Lista de siglas y acrónimos**

### **1.1. Siglas**

Ag: Plata

Au: Oro

Bt: mil millones de toneladas

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

Con: Concentrado de minerales

Cu: Cobre

dy/dx: diferencia de altura/ diferencia en la base

g: grados en la escala de Richter

GJ/kg: Giga Julios por kilogramo

GJ/t: Giga Julios por tonelada

ha: hectárea

hm<sup>3</sup>: hectómetro cúbico

H<sub>2</sub>O: Agua

Kg: Kilogramos

Kg CO<sub>2</sub>: kilogramos de dióxido de carbono

Lk: kilolitro, mil kilos, equivalente a un metro cúbico de agua

Lk/kg: kilolitro por kilogramo

Lk/t: kilolitro por tonelada

Km: Kilómetros

km<sup>3</sup>: Kilómetros cúbicos

kt/d: mil toneladas por día

L/s: Litros por segundo

LLA: Lluvia Ácida

m: metros

mm: milímetros

$m^3$ : metros cúbicos

Mo: Molibdeno

$Mm^3$ : Millones de metros cúbicos

Mt: Millones de toneladas métricas

pH: potencial de Hidrógeno (del inglés *potential hydrogen*)

S: Azufre

t: tonelada, equivalente a 1.000 kilos

t/d: tonelada por día

t CO<sub>2</sub>eq: toneladas de dióxido de carbono equivalente

## 1.2. Acrónimos

ARCOM: Agencia de Regulación y Control Minero del Ecuador

ANFO: Nitrato de Amonio y Fueloil (del inglés *Ammonium Nitrate - Fuel Oil*)

BCE: Banco Central del Ecuador

CGE: Contraloría General del Estado

CNE: Constitución Nacional del Ecuador

DAM: Drenaje Ácido de Mina

DAR: Drenaje Ácido de Roca

DE: Extracción Doméstica, extracción nacional (del inglés *Domestic Extraction*),

DPO: Salida Procesada Doméstica a la Naturaleza (del inglés *Domestic Processed Output*)

DUE: Extracción Nacional No Utilizada (del inglés *Domestic Unused Extraction*)

ECSA: Ecuacorriente Sociedad Anónima

e.g.: por ejemplo (del latín *exempli gratia*)

EIA: Estudio de Impacto Ambiental

ENAMI EP: Empresa Nacional Minera del Ecuador, Empresa Pública

ENFI: Instituto de Investigación e Ingeniería No Ferrosas de China (del inglés *China Nonferrous Engineering and Research Institute*)

FDN: Fruta del Norte

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

GW: Giga Watios

GWh: Giga Watios hora

IERAC: Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización

IIGE: Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador

INCRAE: Instituto de Colonización de la Región Amazónica del Ecuador

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (del inglés *Intergovernmental Panel on Climate Change*)

LED: Diodo Emisor de Luz (del inglés *Light Emitting Diode*)

MAE: Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador

MERNNR: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables del Ecuador

MFA: Cuentas de Flujo de Materiales (del inglés *Material Flow Accounts*)

MIP: Matriz de Insumo Producto

MS: Metabolismo Social

msnm: metros sobre el nivel del mar

MW: Mega Watios

MWh: Mega Watios hora

NTD: Enfermedades tropicales desatendidas (del inglés *Neglected Tropical Diseases*)

NIMBY: No en mi patio trasero (del inglés *Not In My Back Yard*)

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONU: Naciones Unidas

PIB: Producto Interno Bruto

PM: Plan de Monitoreo

PMA: Plan de Manejo Ambiental

PND: Plan Nacional de Desarrollo

PATRA: Proyecto de Asistencia Técnica para la Gestión Ambiental

PNDISM: Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero

PRODEMINCA: Proyecto para el Desarrollo Minero y Control Ambiental

ROWPO: Salidas Procesada del Resto del Mundo (del inglés *Rest Of the World Processed Output*)

SENPLADES: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador

SENAGUA: Secretaría Nacional del Agua del Ecuador

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile

SNI: Sistema Nacional Interconectado

SPCC: Empresa minera Corporación del Cobre del Sur del Perú (del inglés *Southern Peru Copper Corporation*)

TJ: Tera Joules

TMF: instalación de gestión de relaves (del inglés “*Tailing Management Facility*”)

TSF: instalación de presa y depósito para almacenamiento de relaves (del inglés *Tailings Storage Facility*)

USD: Dólares Norteamericanos (del inglés *United States Dollar*)

WWW: red global (del inglés *World Wide Web*)

ZCL: Leishmaniasis Cutánea Zoonótica (del inglés *Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis*)

ZVL: Leishmaniasis Visceral Zoonótica (del inglés *Zoonotic Visceral Leishmaniasis*)

## **Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis**

Yo, Emiliano Joaquín Ramos, autor de la tesis titulada “Metabolismo social de la megaminería en la Amazonía ecuatoriana”, declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de doctorado, concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, octubre de 2024.



---

Firma

Emiliano Joaquín Ramos

## **Resumen**

Este estudio examina el metabolismo social extractivo, y se calculan los impactos socioambientales, en los proyectos Fruta del Norte y Mirador, ubicados en la provincia de Zamora Chinchipe. Los dos proyectos extractivos comprometen inversiones extranjeras. Los materiales se extraen del subsuelo de la Amazonía y, luego de un complejo proceso industrial, se transportan al puerto de Boliden en Finlandia y al puerto de Shanghai en China. Para el Estado ecuatoriano se esperan, desde 2019 hasta mediados del siglo XXI, beneficios por US\$ 2118 millones del proyecto Fruta del Norte y US\$ 9748 millones del proyecto Mirador. Sin embargo, la remoción de materiales directos e indirectos, las afectaciones al patrimonio natural tangible e intangible y los riesgos potenciales a futuro por la acumulación creciente de desechos, no han sido suficientemente evaluados en las decisiones económicas.

El desarrollo del capitalismo genera dos contradicciones fundamentales. La primera contradicción capital-trabajo fue estudiada por el marxismo clásico. El aporte teórico de la tesis radica en ampliar y profundizar la contradicción capital-naturaleza al considerar elementos únicos de los dos estudios de caso: la escala e intensidad de las actividades extractivas, la ubicación en una zona biodiversa y las interrelaciones sociales y ambientales del proceso extractivo.

La megaminería vulnera las “condiciones naturales de producción” y podría generar insustentabilidad intergeneracional debido a la acumulación de pasivos ambientales y las condiciones climáticas de una ecorregión de gran riqueza natural y cultural.

En la tesis se contabilizan en forma exhaustiva los flujos de materiales extraídos, los materiales removidos y los requerimientos de agua y energía, y se analizan sus interrelaciones. A partir de los cálculos de los flujos de materiales, se construye una metodología propia para modelizar el metabolismo socioambiental minero.

Se concluye que en el proyecto Fruta del Norte, cada año, se remueven 1,6 millones de toneladas de materiales (Mt) y se necesitan 0,3 toneladas de agua para extraer 1 tonelada de concentrado de oro y plata. Se concluye que, en el proyecto Mirador, cada año, se remueven 13,6 Mt y se necesita 1 tonelada de agua para extraer 1 tonelada de concentrado de cobre. Además, en marzo de 2022, la materia tóxica acumulada en las relaveras se estimó en 1,5 millones de toneladas métricas (Mt) en Fruta del Norte y 21,6 Mt en Mirador. Hasta mediados de este siglo, se calcula que se acumularán 587,7 Mt en los dos proyectos.

La tesis profundiza en la comprensión del extractivismo y establece, mediante una inédita contabilidad biofísica del sector megaminero, una distinta perspectiva para la comprensión del proceso de crecimiento y desarrollo en el Ecuador.

**Palabras clave:** Amazonía; contabilidad del flujo de materiales; Ecuador; megaminería; metabolismo social; segunda contradicción del capital.

## **Agradecimientos**

A Fander Falconí Benítez por su guía, paciencia y esfuerzo en sacar lo mejor de mí. A Wilson Pérez Oviedo por su guía y consejo para desarrollar esta investigación. A Steven Emerman por su apoyo e inspiración. A la Universidad Nacional de La Plata y a la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales por brindarme una educación pública de calidad, que levantaron mi espíritu, me iluminaron y me impulsaron a ser libre hasta la eternidad. A mis profesores de FLACSO Ecuador por sus enseñanzas y sus desvelos en brindarme una formación de excelencia y de calidad. A mis colegas de FLACSO Ecuador, por la honestidad intelectual y por compartir lazos de compañerismo, afecto y solidaridad. A los lectores de esta tesis: Ivette Vallejo, Rafael Burbano, Sara Latorre, Teodoro Bustamante y Walter Pengue, por su tiempo y valiosos comentarios. A los trabajadores de FLACSO Ecuador por brindarme, con su trabajo cotidiano, las mejores condiciones para desarrollar esta investigación. A todas y cada una de esas personas que conforman mi ejército invisible e invencible.

## Introducción

Conocer las condiciones de producción y reproducción de la megaminería en el Ecuador, permitirá comprender la relación entre economía y ambiente y determinar la sustentabilidad futura. Para lograrlo, en este estudio se examina el metabolismo social extractivo, y se calculan los impactos socioambientales de la megaminería en el Ecuador.

El Ecuador, al igual que la mayoría de países latinoamericanos y caribeños, provee materias primas y alimentos necesarios para los centros industriales. A finales del siglo XX, las grandes empresas transnacionales reorganizaron de manera sistemática las cadenas globales de valor y la producción a escala mundial y, para ello, relocalizaron etapas del proceso productivo en regiones del planeta, con el objeto de minimizar los costos, según las ventajas comparativas (Svampa y Slipak 2015, 35). Por esta razón se observó una migración de las etapas productivas desde los países del Norte global hacia los países de la región Asia-Pacífico y en especial hacia la República Popular China que, se convirtió, con el transcurso del tiempo, en la nueva factoría del mundo en la producción de bienes de manufacturas finalizadas, bienes durables de producción, e insumos industriales (Svampa y Slipak 2015, 35, 36). Esto generó un incremento notable en el flujo de materiales hacia la región de Asia-Pacífico, ocasionado en gran parte por el aumento de la demanda de materias primas de China (Infante-Amate, Urrego Mesa, y Tello Aragay 2020a, 196).

Los antecedentes históricos de la minería en Ecuador se remontan a los orígenes de la república en 1830, ya que desde sus orígenes ha sido un país dependiente de la renta de la naturaleza, con un perfil primario exportador de país-producto: país-cacaotero, país-bananero, país-floricultor, país-camaronero, país-petrolero... ¿país-minero? (Acosta 2009, 106). Según el periódico alemán *Frankfurter Allgemeiner Zeitung* de 1974, Ecuador se caracterizaba por ser “un país corcho” (*ein Korkenland*), porque en reiteradas ocasiones, el país halló un producto de exportación que le permitiera refloatar su economía, superando la crisis del anterior producto, por la caída de la producción y/o los precios internacionales (Acosta 2009, 106). Por ello el Ecuador posee una tradición de larga data en la extracción de recursos naturales desde la época pre colonial, colonial hasta la actualidad.

Durante los años ochenta, con la crisis de la deuda y con las políticas de apertura económica promovidas en el “Consenso de Washington” los gobiernos neoliberales realizaron cambios en las leyes para atraer a la inversión extranjera privada y, para darle impulso a la minería industrial a gran escala (megaminería) (Acosta 2009, 108). En este contexto, el Banco Mundial

tuvo un rol activo en las reformas ecuatorianas, e impuso una serie de condiciones previas para el otorgamiento de sus créditos, que consistían en medidas económicas y políticas como: debilitar el rol del Estado en el manejo de la extracción minera, ventajas fiscales a las empresas transnacionales, exención o reducción arancelaria, garantía de acceso prioritario a los territorios, flexibilización de las condiciones laborales y de la legislación ambiental, entrega de información geológica, regulación de la minería informal, etcétera (Sacher y Acosta 2012, 13). Este conjunto de medidas fue tomado por los gobiernos neoliberales.

En 1991, durante la presidencia de Rodrigo Borja Cevallos, se emitió la Ley 126 de Minería. Luego se realizaron reformas a dicha ley: en el año 2000 la Ley para la Promoción de la Inversión y de la Participación Ciudadana y, en el año 2001 el Reglamento General Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Minería (Sacher y Acosta 2012, 14). Estas normas permitieron que se haga realidad la inversión extranjera, al mismo tiempo que se eliminó el pago de regalías de las empresas al Estado y se creó un tributo a pagar por hectárea concesionada, cuyas cifras eran “insignificantes” (Sacher y Acosta 2012, 14). Entre los años 1995-2000<sup>1</sup> el Banco Mundial fomentó y financió la creación del Proyecto de Asistencia Técnica para la Gestión Ambiental (PATRA) y luego el Proyecto para el Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMINCA), con el objetivo de “modernizar la actividad minera, mejorar su gestión ambiental, y generar un mayor conocimiento de los recursos disponibles en el país”, el cual permitió obtener información de los minerales y una estimación del potencial minero del país (Sacher y Acosta 2012, 14, 15). Esta información generó expectativas tanto a nivel nacional como internacional (Acosta 2009, 108).

A la par de la Ley 126, se establecieron obligaciones como: el Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en el año 1997 y, la Ley de Gestión Ambiental en el año 1999 y su reforma en el año 2000. Se le otorgó mayor institucionalidad al sector al crearse la Subsecretaría de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas; pero el marco legal era confuso, se superponían competencias, y los controles no eran eficaces (Sacher y Acosta 2012, 15). Como resultado se registró un gran flujo de concesiones mineras concentradas en pocas manos y, se promovió el ingreso de empresas extranjeras para la ejecución de nuevos proyectos y/o, la ampliación de otros ya existentes (Sacher y Acosta 2012, 15). La razón que fundamentaba la minería y el ingreso de empresas extranjeras se basaba en conseguir el

---

<sup>1</sup> Durante las presidencias de Sixto Durán Ballén, Abdalá Bucaram Ortíz, Fabián Alarcón, Rosalía Arteaga Serrano y Jamil Mahuad; junta conformada por: Lucio Gutiérrez Borbúa, Carlos Antonio Vargas, Carlos Solórzano; junta conformada por: Carlos Mendoza Poveda, Carlos Antonio Vargas, Carlos Solórzano y; presidencia de Gustavo Noboa.

*desarrollo* nacional, por medio de la inversión extranjera directa para alcanzar el objetivo de un rápido crecimiento del PIB y un incremento de la renta per cápita (Sacher y Acosta 2012, 16). Los sucesivos gobiernos neoliberales, con el respaldo del sector minero, cámaras de minería, empresarios mineros, buscaron fomentar la extracción minera en el país, para que el Ecuador se convierta en un país exportador de minerales (Acosta 2009, 108).

A partir del año 2000 y en las primeras décadas del siglo XXI, China aumentó su demanda de materias primas porque tuvo una aceleración en su proceso de industrialización, una producción masiva de bienes manufacturados y un mejoramiento de su infraestructura y urbanización (Coates y Luu 2012). China optó por una planificación a largo plazo para garantizarse el abastecimiento de materias primas y, a consecuencia de este reordenamiento de la producción mundial, el continente latinoamericano ingresó a una nueva tendencia histórica como proveedor-exportador de bienes primarios, lo que afectó a las estructuras productivas de la región (Freitas da Rocha y Bielschowsky 2019, 10).

A partir de los años 2000-2003, las economías de América Latina fueron favorecidas por un alza de los precios internacionales de las materias primas (*commodities*) y la región ingresó en una nueva lógica global en la exportación de materias primas con un carácter extractivista sin precedentes (Svampa 2018, 24). El concepto de “Consenso de los *Commodities*” recalca el ingreso de América Latina a un nuevo orden, de carácter económico, político e ideológico, que se fundamenta en los altos precios de las materias primas y en la demanda mundial de bienes de consumo, que generó en Latinoamérica un estilo de desarrollo neoextractivista con implicancias positivas en las ventajas comparativas y en el crecimiento económico, en el ingresos de divisas y en el aumento de las reservas; pero también se generaron impactos a los ecosistemas, lo cual propició la lucha en defensa del territorio y del ambiente y; al observarse profundas asimetrías y grandes desigualdades, surgieron discusiones sobre los modelos de desarrollos y los límites de la democracia (Svampa 2013, 31).

Los gobiernos progresistas de izquierda en América Latina mantuvieron a los sectores extractivos como pilares de la economía y con un papel más activo del Estado (Gudynas 2009, 195). El argumento era que se necesitaba de mayor renta para fomentar las prestaciones sociales y consideraban que, para hacer una transición hacia una matriz productiva diversificada y con mayor valor agregado, era necesario acumular capitales, basado en la idea del “progreso continuado” de la “Modernidad” y, la técnica aplicada a las riquezas de la naturaleza (Gudynas 2010, 219).

Con el arribo en 2007 de Rafael Correa a la presidencia del Ecuador, en sintonía con los gobiernos progresistas latinoamericanos, se propició una expansión de las actividades mineras basado en la creencia de que los recursos del subsuelo, petroleros y minerales, eran indispensables para alcanzar el *desarrollo* (Acosta 2009, 109). La estrategia se enmarcó en recurrir al extractivismo para resolver los problemas de financiamiento de la economía ecuatoriana, por medio de la extracción de un producto primario exportable, para luego salir del extractivismo mediante la construcción de una economía post petrolera (Acosta 2009, 110). La estrategia que tomó Correa, fue la de “profundizar el extractivismo ahora, para superarlo después” por medio de la extracción de los recursos del subsuelo (Acosta 2009, 107, 108). Se impulsó un cambio de la matriz productiva, que permitiera en el mediano y largo plazo “generar mayor valor agregado a su producción, en el marco de la construcción de una sociedad del conocimiento” (SENPLADES 2012, 9).

En 2008, la Asamblea Constituyente expidió el Mandato Minero para regular la situación del sector minero ecuatoriano, estableció: el cese de concesiones que no cumplieran con las obligaciones, la no afectación de nacimientos y fuentes de agua, la restricción de la minería en áreas protegidas y en zonas de amortiguamiento, prohibición de monopolios y la creación de una empresa minera del Estado (Sacher y Acosta 2012, 18, 19). El 31 de diciembre de 2009 se creó la Empresa Nacional Minera para intervenir y gestionar el sector minero (ENAMI) (Sacher y Acosta 2012, 19).

Como resultado de las políticas mineras y de los incentivos por el aumento de los precios internacionales, en 2008 el área concesionada a la minería en Ecuador llegó a las 5 629 751 hectáreas, que representaba el 20% del territorio nacional (Sacher y Acosta 2012, 16) y; que incluía zonas protegidas, regiones de bosques protectores, territorios indígenas, zonas de vestigios arqueológicos, tierras agrícolas y áreas urbanas (Sacher y Acosta 2012, 16).

Durante el gobierno de Rafael Correa (2007-2017), el Estado invirtió en infraestructura y se garantizaron las condiciones para la extracción de la megaminería. Se construyeron 9.791 kilómetros en red vial estatal (El Telégrafo 2015), se amplió la generación eléctrica, contando con 22 centrales en funcionamiento, 10 hidroeléctricas, 8 termoeléctricas, 2 eólicas y 2 fotovoltaicas (SENPLADES 2017, 10, 11) y se mejoró la infraestructura portuaria, contando con 4 puertos en funciones (Guayas, El Oro, Manabí y Esmeraldas) (SENPLADES 2017, 24, 25) y se posicionó al puerto de Guayaquil como el segundo puerto de contenedores de la costa del Pacífico en América Latina (El Telégrafo 2015).

Correa entabló relaciones con China con una visión estratégica y firmó acuerdos de cooperación económica y tecnológica entre China y el Ecuador (Chicaiza 2014, 48). Como resultado China participó en siete proyectos hidroeléctricos, dos de minería a gran escala, dos empresas chinas firmaron nuevos contratos petroleros, se realizaron inversiones en la construcción de la Refinería del Pacífico (aun en 2024 sin concluir) y; en proyectos hidroeléctricos, de transporte, telecomunicaciones, cooperación agrícola, militar y otras (Chicaiza 2014, 48, 49).

Cuando el Ecuador descubrió sus reservas petroleras, obtuvo un acceso al crédito internacional de una forma más fácil que ante su situación anterior, cuando comerciaba con bienes primarios (Acosta 2009, 113). El descubrimiento de nuevas reservas minerales abrió nuevamente el crédito y, con el transcurso del tiempo y a medida que se incrementaban las inversiones con China, se incrementó la deuda con el gigante asiático y, posicionó a China como el principal acreedor del Ecuador (Chicaiza 2014, 51).

En la región, la reprimarización de las economías latinoamericanas implicó un intercambio desigual con China, porque se exportaron cifras sin precedentes de materias primas, pero se importaron productos manufacturados a un mayor precio, lo que generó problemas en las balanzas comerciales, que desencadenaron en mayor endeudamiento (Svampa y Slipak 2015, 54). Como consecuencia, se entró en un círculo vicioso de exacerbar los niveles de extracción para cubrir el déficit comercial y, como respuesta, emergió la conflictividad social asociada a reivindicaciones socioambientales (Svampa y Slipak 2015, 54). América Latina, en 2016, experimentó la segunda fase de “la gran aceleración” en sus exportaciones, en el que las exportaciones netas hacia China alcanzaron la cifra sin precedentes de más de 526 Mt, las exportaciones netas alcanzaron las 610 Mt y las exportaciones totales 1.035 Mt (Infante-Amate, Urrego Mesa, y Tello Aragay 2020, 196).

En este contexto, Lenin Moreno sucedió a Rafael Correa en la presidencia del Ecuador (2017-2021). Aunque era su sucesor oficialista, se distanció de su predecesor y, adoptó políticas neoliberales como: disminución del Estado, discurso del libre mercado, fomento de la inversión extranjera y el militarismo norteamericano (Torres Guzmán 2018, 6). En su programa económico buscó atraer inversiones, por medio de la flexibilización para el capital transnacional en los sectores: minero y agroexportador, y mantuvo la continuidad a los proyectos que estaban en curso (Torres Guzmán 2018, 6). Moreno mantuvo una continuidad con la política de Correa solo en lo referente al apoyo a la minería, y buscó fortalecer y consolidar la propuesta del “Ecuador un país minero”, lema del anterior y de su gobierno

(Torres Guzmán 2018, 6, 7). En junio de 2018 se sancionó la Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, y Estabilidad y Equilibrio Fiscal, en la cual se benefició al sector minero sobre las ventas de los minerales y, se buscó mantener la inversión extranjera en minería (Torres Guzmán 2018, 7).

En 2017 el gobierno de Moreno consiguió dos galardones. El primer premio fue al “Mejor País en Desarrollo Minero”, concedido por los *Annual Outstanding Achievement Awards of Mines and Money Americas* en Toronto, Canadá, por generar mayores expectativas e interés para los inversores (Torres Guzmán 2018, 7). El segundo galardón fue al “País Más Innovador” en el mundo minero, otorgado por *Mines and Money London Awards* en Londres, Reino Unido, por realizar cambios en las leyes para impulsar la minería (Torres Guzmán 2018, 7).

En el gobierno de Moreno en 2020 se creó el Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero (PNDSM) 2020-2030 (MERNNR 2020), articulado al Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda Una Vida” (PND) (MERNNR 2020, 18). El PNDSM constituye una visión estratégica para el desarrollo del sector minero, se introdujo el concepto de “minería sostenible” como política pública acorde con los Objetivos del Desarrollo Sostenible y, se planteó “una gestión armónica, eficiente, transparente y sostenible, basada en la investigación y desarrollo” (MERNNR 2020, 7). En el PNDSM se planteó como objetivo “promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza para acceder al buen vivir” (MERNNR 2020, 17). Según Moreno “la minería será un motor de nuestro desarrollo, siempre y cuando sea responsable con la naturaleza, con las fuentes acuíferas y con las poblaciones que viven en sus alrededores” (MERNNR 2020, 17).

En 2021, Guillermo Lasso asumió la presidencia (2021-2023) y su gobierno se caracterizó por adoptar políticas neoliberales. Una de las primeras acciones fue la firma del Decreto Ejecutivo 151 denominado “Plan de acción para el sector minero”, en el cual se asume como política de Estado el impulsar el desarrollo del sector minero, la inversión nacional e internacional y, aumentar las exportaciones de minerales (Decreto Ejecutivo 151 2021, 3). Este decreto se basó en el artículo 137 de la Ley de Minería, en el cual se menciona como objetivos impulsar el pleno empleo, eliminar el subempleo y el desempleo por medio de la promoción de la minería nacional (Decreto Ejecutivo 151 2021, 2). En este decreto, se buscó que el Estado fomente una minería que respete los criterios de eficiencia, eficacia, transparencia, que sea responsable ambiental y socialmente y, que se implementen las mejores prácticas (Decreto Ejecutivo 151 2021, 3). Se utilizan los conceptos de “minería legal” y “minería responsable” para el beneficio

de las comunidades, del interés general y en el respeto y cuidado del medio ambiente (Decreto Ejecutivo 151 2021, 3).

En términos generales, en el Ecuador se han utilizado justificativos de que “el Ecuador necesita de la minería para alcanzar el desarrollo”, entendiendo al desarrollo como crecimiento del PIB y aumento de las exportaciones y de la renta, pero sin mencionar la concentración, ni los escasos encadenamientos productivos. En el marco de los ODS y del desarrollo sustentable se utilizaron los conceptos de: “minería legal”, “minería sostenible”, “minería responsable” y “minería limpia”(MERNNR 2020). Se mencionó que la minería puede contribuir con el Estado en el ingreso de divisas y la superación del déficit fiscal. Se mencionó que la minería contribuye a la generación de empleo, que puede ser significativo a nivel local, pero no se aludió a la relación con el empleo nacional. Se mencionó que la minería se encontraba en el marco del paradigma del “Buen Vivir”, pero no se profundizó sobre los impactos socio ambientales y la conflictividad social, ni tampoco sobre los pasivos ambientales en los territorios.

En las últimas décadas, en Ecuador, se han formado expectativas en que el sector minero se convierta en la alternativa a la renta petrolera, que se encuentra en retroceso<sup>2</sup>, y que el sector minero le permita obtener una nueva renta para sus finanzas públicas. Las reservas calculadas por *British Petroleum* ascendieron a 1600 millones de barriles en 2021 y, al ritmo de la extracción actual, se espera que el petróleo se acabe en 7,4 años (en 2024 se esperan 4,5 años) (BP 2021, 16). La renta petrolera no ha cubierto las expectativas iniciales de alcanzar el bienestar para todos los ecuatorianos, teniendo en cuenta que el país se caracteriza por altos índices de pobreza, exclusión social, subempleo y por tener una economía poco diversificada y con un alto endeudamiento (Rodríguez 2022, 53).

La matriz productiva primario exportadora del Ecuador, se caracteriza por un intercambio desigual, debido a la creciente diferencia de los precios de los bienes exportables frente a los productos importables, de mayor valor agregado y con alta tecnología, y es vulnerable ante los cambios en los precios internacionales de las materias primas (SENPLADES 2012, 9).

Los bienes producidos en los centros industriales están sujetos a la obsolescencia, que se produce por el desgaste o la innovación técnica. Se han identificado prácticas de producción con “obsolescencia psicológica” u “obsolescencia percibida”, la cual es inducida por la

---

<sup>2</sup> Las reservas del petróleo ecuatoriano son limitadas y se esperan que alcancen un punto en el cual la extracción solo permita abastecer el mercado interno, pudiendo Ecuador dejar de ser exportador neto de crudo entre los años 2027 y 2031 (Larrea 2022, 83).

persuasión, mediante la moda y la publicidad. La práctica de la “obsolescencia planificada” u “obsolescencia programada”, es cuando un producto se programa y diseña desde su génesis con una durabilidad limitada y se lo concibe para botar (Latouche 2018, 35). Como resultante, la producción y el consumo crecen sin límites y se incitan a nuevas necesidades y, por ende, crece la presión a la extracción de minerales, lo que ocasiona una mayor generación de residuos que deviene en la contaminación y la degradación de los ecosistemas.

La minería es la actividad económica del sector primario que implica la exploración, extracción y explotación de minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos por medio de procesos geológicos de millones de años. El concepto de megaminería se asocia frecuentemente a la minería a gran escala, Clarifiquemos este concepto. Se emplea el prefijo “mega” para indicar el millón ( $1\ 000\ 000 = 1 \times 10^6$ ) y para especificar que se trata de grandes proyectos de empresas multinacionales y para diferenciarla de la minería a pequeña escala o artesanal (Wagner 2008, 197). Se define a la megaminería como la actividad extractiva que presenta algunas de las siguientes características: Posee una gran ocupación territorial, (Wagner 2008, 197; Donadio 2009, 248; Machado et al. 2011, 14) (Ver Anexo 1, fotografía de mina Chuquicamata). Utiliza una tecnología capital-intensiva (no trabajo-intensiva) que implica un tipo de extracción a gran escala (Svampa 2016, 5). Por su gran escala presenta grandes necesidades energéticas (e.g.,  $1\ 000\ 000\ m^3$  de gas natural/día) (Wagner 2008, 198; Donadio 2009, 248). Presenta niveles de tráfico elevado con gran consumo de combustibles fósiles (e.g., 1 camión con acoplado/10 minutos/ 24 horas /15 a 30 años) (Donadio 2009, 248). Deja pasivos ambientales significativos en el medio ambiente como materia tóxica, tajos de mina (*open pit*) y presas (Donadio 2009, 248). La megaminería se basa en una tecnología metalífera hidro química (Machado et al. 2011, 18) . Requiere volúmenes de agua por largos períodos (e.g., 350 L/s durante 15 a 30 años) (Wagner 2008, 197; Donadio 2009, 248). Mezcla el agua con químicos y sustancias potencialmente contaminantes (e.g., cianuro, ácido sulfúrico, arsénico, plomo, cadmio, zinc, xantatos y mercurio, entre otros) (Wagner 2008, 197; Donadio 2009, 248). Utiliza técnicas de lixiviación y flotación para extraer de forma rentable los minerales diseminados (Machado et al. 2011, 16). Además, usa explosivos como el nitrato de amonio y fueloil (ANFO) en voladuras de montañas (Machado et al. 2011, 16). Es la principal causa de contaminación por drenaje ácido de roca (DAR) y lluvia ácida (LLA)<sup>3</sup> (Aduvire 2006). El grado de procesamiento de los recursos naturales es

---

<sup>3</sup> Los xantatos se producen a partir del disulfuro de carbono, y se usan como agentes de flotación en el proceso de minerales.

nulo o mínimo y los minerales que se extraen se destinan principalmente hacia la exportación. La megaminería fomenta el subsidio ecológico desde las regiones periféricas, quienes absorben los impactos ambientales, hacia las regiones centrales quienes son las más beneficiadas en las cadenas de valor (Machado et al. 2011, 14).

La “Escondida” es un megaproyecto minero ubicado en el desierto de Atacama de Chile (Ver Anexo 2). Esta mina representa el mayor proveedor de concentrados y cátodos de cobre del mundo. Las reservas de mineral probadas y probables de Escondida y Escondida Norte, era de 2018 Mt de mineral de sulfuro de cobre y con 1,2 % en total de cobre (Mining Technology 2023). La extracción se basa en una operación convencional a cielo abierto (Mining Technology 2023) y, en el año 2021, fue en promedio de 360 kt/d (MINING.com 2021) y, en 2023, alcanzó la capacidad a más de 422 kt/d (Mining Technology 2023). El consumo de agua en 2017 era de 2500 l/s (Mining Technology 2023) y en 2021 alcanzó a la capacidad de 3800 l/s (ICSG 2021, 78). El consumo de energía alcanzó, en marzo de 2019, la cifra de 449 785 MWh (Electricidad 2019). Se estima que la mina Escondida proporciona un promedio anual de 1,2 Mt de cobre durante en el período 2022 - 2027 (ICSG 2021, 78).

La motivación de la investigación es la presencia en el Ecuador de un *trade off* entre los ingresos esperados de la actividad megaminera en términos económicos, como los ingresos fiscales mineros y regalías para el Estado y los beneficios para las empresas privadas y, por otra parte, la sustentabilidad de la actividad minera en zonas amazónicas; a la luz de la conexión directa entre la extracción de minerales y los impactos socioambientales, actuales y futuros, por los “desechos mineros” que quedan a perpetuidad y que presentan impactos, ciertos y potenciales, a diferentes escalas temporales y espaciales que requieren ser estudiados y profundizados. Este tema es relevante porque los desechos de la minería tienen impactos a niveles locales, regionales, nacionales, y globales y los perjudicados no son simplemente los habitantes del territorio de la extracción; sino que existe evidencia de que las externalidades negativas y los impactos socioambientales pueden alcanzar a otras latitudes. Por esta razón, se están formando nuevos tipos de alianzas entre sectores sociales y organizaciones internacionales, alianzas que son un obstáculo para los planes de los inversores capitalistas y del propio Estado.

El sustento teórico conceptual para la presente investigación lo constituyen los desarrollos teóricos y metodológicos de la Economía Ecológica, como campo interdisciplinario del conocimiento, los aportes de la Economía Industrial y el Materialismo Ecológico-Histórico.

El problema de investigación radica en explorar las condiciones de producción y reproducción de la mega minería en el Ecuador, con la finalidad de comprender la relación entre economía y ambiente, y determinar la sustentabilidad futura, para ello se estudian dos proyectos a gran escala, Fruta del Norte y Mirador, entre los años 2019 y 2022. Estos proyectos, que tienen la particularidad de estar ubicados en la biorregión amazónica, comenzaron la extracción de minerales en el año 2019, y se espera que continúen en operación en los próximos 15 y 30 años, respectivamente.

Los proyectos Fruta del Norte y Mirador son los primeros proyectos a gran escala del Ecuador. Aunque el aporte de la minería representó el 1,1 % del PIB en el período 2010-2019 (BCE 2018; MERNNR; 2020, 32; BCE 2022b), se espera que sea un sector clave de la economía ecuatoriana. Los proyectos Fruta del Norte y Mirador son relevantes para la economía del Ecuador ya que aportarían al Estado USD 2118 millones y USD 9748 millones, respectivamente. Se espera que se generen exportaciones valuadas en USD 7862 millones en Fruta del Norte y 36 919 millones en Mirador (Acosta et al. 2020, 124, 125, 126; BCE 2022d, 8, 9, 14). Las decisiones económicas basadas en los ingresos fiscales y en las ganancias de las empresas, entran en tensión con la sustentabilidad de la megaminería situada en zonas sensibles.

La pregunta central de investigación es: ¿Cómo los proyectos mineros de Fruta del Norte y Mirador, ubicados en la Amazonía sur del Ecuador, al desarrollar modalidades y escalas que promueven una profundización de la contradicción capital-naturaleza, impactan en los ecosistemas y en la vida de las comunidades? La investigación responderá a esta pregunta mediante el desarrollo del concepto de metabolismo social minero y una contabilidad inédita de los flujos físicos de materiales.

La hipótesis de la tesis es que los proyectos mineros de Fruta del Norte y Mirador en la Amazonía sur del Ecuador están desarrollando modalidades y escalas de explotación que generan una profundización de la contradicción capital-naturaleza, y afectan negativamente los ecosistemas y su capacidad de carga, y tiene impactos directos e indirectos en la vida de las comunidades.

La tesis tiene dos objetivos centrales. El primer objetivo consiste en analizar las condiciones de producción y reproducción de la megaminería en dos proyectos megamineros (Fruta del Norte y Mirador) en el sur amazónico del Ecuador. Para lograrlo, es necesario conocer las condiciones de producción y reproducción del capitalismo y sus contradicciones esenciales,

tanto con el ser humano como con la naturaleza. Además, es necesario comprender los límites de la discusión actual sobre las contradicciones esenciales y proponer una profundización del debate.

El segundo objetivo consiste en comprender cómo funciona el metabolismo social extractivo en los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador en la Amazonía sur. Para lograrlo, este estudio examina el metabolismo social extractivo, y se estiman los impactos socioambientales a escala espacial local y regional y, en tiempo presente y futuro.

La información oficial tiene vacíos, contradicciones y hay una restricción al acceso de información en los proyectos Fruta del Norte y Mirador. La información proporcionada por las empresas privadas es parcial e incompleta. El sector minero se caracteriza por un hermetismo. Esta investigación se basa en fuentes primarias y secundarias de los dos grandes proyectos mineros y pone énfasis en los aspectos comparativos con otras experiencias megamineras en el planeta.

Esta tesis está organizada en seis secciones. Luego de la introducción, en el primer capítulo se desarrolla el marco teórico de la investigación. En el segundo capítulo se realiza un diagnóstico del sector minero. En el tercer capítulo se describe la metodología utilizada. En el cuarto y quinto se discuten los resultados, sobre el metabolismo social megaminero y los impactos de la megaminería actuales y futuros. Finalmente, en el último, capítulo se presentan las conclusiones.

## **Capítulo 1. Marco Teórico**

En este capítulo se exponen los enfoques de la economía ecológica, la ecología política, y se establecen ciertas discusiones con los enfoques de la economía industrial y la ecología industrial. Se entabla un diálogo con la corriente teórica del materialismo ecológico-histórico. Estos aportes contribuyen al desarrollo teórico de la tesis.

Una vez identificado el núcleo teórico fundamental de la tesis, se procede al desarrollo del concepto de metabolismo social, ya que es determinante para la explicación de la primera y segunda contradicciones del capital. El aporte teórico de la tesis radica en ampliar y profundizar la contradicción capital-naturaleza, al considerar elementos únicos que emergen de los dos estudios de caso: la escala e intensidad de las actividades extractivas, la localización en una zona única y sensible del planeta y las interrelaciones sociales y ambientales del proceso extractivo. La megaminería vulnera las “condiciones naturales de producción” pero, además, podría provocar una insustentabilidad intergeneracional, por el riesgo potencial de la acumulación de pasivos ambientales y las condiciones climáticas de una ecorregión con enorme riqueza natural y cultural.

### **1.1. Enfoques teóricos y perspectivas esenciales**

Esta tesis se enmarca en el campo de la economía ecológica, un campo interdisciplinario que busca comprender las complejas interacciones entre la economía y el medio ambiente. Dentro de la economía ecológica, se emplea la categoría del metabolismo social. En este contexto, se establece un diálogo crítico con diversas corrientes teóricas, como el materialismo ecológico-histórico, la ecología política y la ecología industrial. El enfoque de la economía ecológica permite abordar de manera integral los desafíos que plantea la megaminería y las relaciones sociales inherentes a los procesos extractivos. Se toman en cuenta algunos conceptos de la economía industrial y se aplican para el estudio de la megaminería, en un contexto de la economía ecológica. En el caso de la economía industrial, por ejemplo, se consideran los ingresos y costos de las empresas, pero se discuten los costos de las externalidades actuales y futuros.

La economía ecológica es un campo transdisciplinario con un pensamiento pluralista (Pengue, Feinstein, y López Calderón 2013, 21). Presenta un abordaje desde la teoría de sistemas para la comprensión de los fenómenos ecológicos, al considerar al sistema económico como un subsistema de un sistema más amplio como la biósfera o el Universo, y los integra a los análisis de los límites físicos y biológicos generados por el crecimiento económico (Martínez-Alier y Roca Jusmet 2000, 20).

Desde el abordaje de la economía ecológica se estudian a las sociedades como organismos vivos, y se contabilizan los flujos de captación, utilización y eliminación de materia y energía (metabolismo social) (Pengue, Feinstein, y López Calderón 2013, 20). Se concibe al proceso económico en desequilibrio permanente y en irreversibilidad en el tiempo (Pengue, Feinstein, y López Calderón 2013, 21). Se analizan los ciclos de los materiales en la economía humanas y su interrelación con los impactos sociales y ambientales. Se examinan las diferencias entre el tiempo económico y el tiempo biogeoquímico y la coevolución de las especies con la humanidad (Martínez-Alier y Roca Jusmet 2000, 20). Se respetan y consideran los saberes de los pueblos originarios y las nacionalidades indígenas, que han estado en el territorio por siglos y son reconocidos como una “comunidad extendida de expertos”. Desde el abordaje de la economía ecológica se reconoce el “ecologismo de los pobres”, como las prácticas de los pueblos y nacionalidades en la defensa de la vida, sus modos de vida y, de la Naturaleza, en la frontera de la extracción y de la contaminación (Martínez-Alier y Roca Jusmet 2000, 613).

El objeto de estudio de la economía ecológica radica en estudiar la (in)sustentabilidad de la economía, sin recurrir a un solo tipo de valor como el dinero (Martínez-Alier y Roca Jusmet 2000, 22), sino que se reconozcan el bienestar humano, la calidad de vida o el “buen vivir” y los valores inconmensurables y los servicios ecosistémicos hacia la humanidad. La economía ecológica aborda el problema de la justicia inter generacional, que se basa en que las decisiones de las generaciones presentes y sus efectos en las generaciones futuras. La economía ecológica aborda la discusión de la equidad, la distribución, la ética, los procesos culturales (Pengue, Feinstein, y López Calderón 2013, 21).

El abordaje de la ecología industrial caracteriza al enfoque adquirido por el sector minero, el cual es compuesto por empresas y gobiernos pro extractivistas. La ecología industrial describe la relación del sistema industrial con la biósfera, con el fin de alcanzar una relación que sea menos perjudicial con el medio ambiente (Salazar 2008, 56). Desde la ecología industrial, se cree que es posible reducir las contradicciones entre las actividades productivas y extractivas y los impactos en la biósfera; por medio de un “adecuado” funcionamiento del mercado y del avance tecnológico (Salazar 2008, 56). Proponen reducir las emisiones, pero usualmente adoptan tecnologías “fin del tubo” en la cual se reducen las emisiones al final del proceso; en vez de transformar integralmente los procesos productivos y extractivos y de realizar una crítica a la cultura del consumismo y del descarte (Salazar 2008, 56). Desde la ecología industrial se plantea el paradigma del “metabolismo industrial” entendido como las sociedades convierten las materias primas, con la energía y el trabajo, en la de producción de bienes de

consumo, infraestructuras y descarte de residuos (Salazar 2008, 56). Se basa en la responsabilidad social y empresaria con enfoques de “ecoeficiencia” y “producción limpia” en el uso más responsable de los recursos y la minimización de los desechos y emisiones generadas (Salazar 2008, 57, 58). Aun así, desde la economía ecológica se critica al abordaje de la ecología industrial, porque no se consideran: las contradicciones surgidas por la valoración de los recursos naturales y la subvaloración de las externalidades negativas, la presión a los ecosistemas para la expansión productiva y extractiva, los impactos socio ambientales y distributivos originados por la dinámica capitalista y, la falta de justicia social en los sistemas de producción y de distribución (Salazar 2008, 56). En este abordaje tampoco reconocen: los límites de la tecnología y del conocimiento humano, que nos son infalibles, las incertidumbres manufacturadas creadas por la ciencia y, que el mercado puede generar más problemas de los que se pretenden resolver (Polanyi 2015) (e.g. desigualdad, fallos de mercado, derechos de propiedad sobre bienes comunes, externalidades, etc.). Desde la economía ecológica, se plantea necesario realizar un análisis integral de la industria, para ahondar en las causas de la injusticia distributiva, por la que todos los actores no salen beneficiados (Salazar 2008, 57).

El campo de estudio de la ecología política se basa en el conflicto social, las estrategias de poder que traspasan los procesos de distribución ecológica y la desigualdad social en la construcción de la sustentabilidad ambiental (Leff 2013, 1). El campo de estudio es heterogéneo como diversos “casos” de conflictos socio-ambientales, diversos principios ontológicos y éticos para la resolución estos conflictos, la comprensión del mundo y la construcción estilos de vida sustentables (Leff 2013, 1). La ecología política posmoderna se basa en una ontología de la diferencia, que no busca la emancipación como la eliminación de tales diferencias, sino a través de una nueva racionalidad ambiental que las comprenda, creada en la ontología política (Leff 2013, 2).

El materialismo ecológico histórico busca articular las propuestas teóricas de Marx con el abordaje de la naturaleza, dado que el aporte principal de Marx, en su crítica al capitalismo, radicó principalmente la teoría del valor-trabajo. En sus obras Marx y Engel se enfocaron en caracterizar las relaciones capital- trabajo, evidenciando la explotación que sufrían los trabajadores y las malas condiciones de vida a la que eran sometidos. Dentro de esta concepción, la Naturaleza cumple el rol de convertir materia y energía en valores de uso, pero la naturaleza no produce mercancías para vender en el mercado, porque el mercado es el resultado de una construcción social. Marx pudo anticipar los efectos destructivos del modo de producción capitalista y realizó un análisis sobre la pérdida de los nutrientes del suelo en

Inglaterra (Foster y Clark 2020). Pensadores que provienen de la tradición del pensamiento marxista como Richard Lewontin, Barry Commoner, Jo Kovel y otros, que muy temprano vieron en el ecologismo una corriente de pensamiento compatible con el marxismo.

A raíz de la evidencia material de las destrucciones ambientales y del éxito político del ecologismo, varios pensadores marxistas empezaron a reconocer la pertinencia de la crítica ecologista al énfasis en las fuerzas productivas y la falta de teorización de la explotación y destrucción de la naturaleza en la teoría marxista. Para estos autores, apareció la necesidad de construir un puente teórico entre ecologismo y marxismo.

Aparece la idea de construir un marxismo con componentes ecológicos, integrando a la ecología y a la economía política marxista. Se basa en crear herramientas teóricas que permitan analizar, a partir de la teoría y los métodos marxista, las destrucciones socioambientales del capitalismo. Se pretende analizar a partir de esta convergencia de saberes los cambios en la tecnología, en las fuerzas productivas, los conflictos sociales y, se busca comprender los procesos de explotación y dominación, tanto del mundo del trabajo como de la naturaleza, enfocándose en las destrucciones ambientales.

Entre los autores eco marxistas más destacados se puede citar, por ejemplo, Gunnar Skirbekk, James O'Connor, Ted Benton, Paul Burkett, Elmar Altvater, o John Bellamy Foster. Por su parte, la revista *Capitalism, Nature and Socialism* (CNS), fundada en 1988 por James O'Connor, contribuye con sus publicaciones a darle contenido al materialismo ecológico-histórico.

## **1.2. El metabolismo social**

Theodor Schwann acuñó, a mediados del siglo XIX, el concepto metabolismo a partir de una raíz y un sufijo griegos: *métabole* (cambio) e *ismo* (cualidad o sistema), para describir la cualidad o sistema de cambio de los organismos vivos en los procesos fisicoquímicos, que les permiten a las células crecer, reproducirse, mantener sus estructuras, responder a estímulos y reproducir la vida (García Estrada, De Hoyos Martínez, y Ávila Akerberg 2020, 72). Con este concepto Schwann buscó entender los procesos de las células de la conversión de la energía de los alimentos en energía disponible para los procesos celulares, la conversión de la materia de los alimentos en componentes básicos (proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, etc.) y la eliminación de las excretas. En las entradas a las células se encuentran: hidratos de carbono, proteínas, grasas, y en las salidas se excreta dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua, detritos,

nitrógeno, fosfatos, sulfatos, etc. Estos procesos bioquímicos les permiten a las células producir energía para la actividad muscular, generar calor, y reproducirse.

Jacob Möleschott introdujo el concepto “metabolismo” en 1857 en el campo de las ciencias naturales para entender el intercambio de energía y sustancias entre organismos celulares y su medio ambiente en la generación de calor vital para la vida, identificando las jerarquías y las cadenas tróficas (Fischer-Kowalski 1997, 18; Toledo 2013b, 42). Möleschott extendió la categoría de metabolismo al estudio de los organismos vivos en su entorno natural, como un intercambio de energía y sustancias entre organismos y medio ambiente (Toledo 2013b, 43).

Karl Marx (1818-1883) elaboró, de sus lecturas de los científicos de las ciencias naturales de su época, como Charles Darwin y Jacob Möleschott entre otros, el concepto clave *stoffwechsel*, que significa intercambio orgánico o metabolismo. Marx acuñó este término en borradores escritos al final de la década de 1850, en el volumen I de *El Capital* publicado en Hamburgo en 1867 (Toledo 2013a, 44). Marx utilizó el concepto de intercambio orgánico o metabolismo en dos sentidos: como una analogía para describir la circulación de los bienes manufacturados, y como un “intercambio entre hombre y tierra”, o un “intercambio entre la sociedad y la naturaleza”(Toledo 2013a, 44). Este concepto le permitió construir un puente entre su teoría crítica del capitalismo y las ciencias de la naturaleza: “Las ciencias de la naturaleza subsumirán igualmente en el futuro a las ciencias del hombre, así como las ciencias del hombre a las ciencias de la naturaleza; habrá una sola ciencia” (Marx, *Nationalökonomie and Philosophie* en Toledo 2013b, 45). “Marx concibió el trabajo como un proceso de progresiva humanización de la naturaleza, un acto que coincide con la gradual naturalización del hombre” (Schmidt 1977, 81). La naturaleza es pensada por Marx como el fundamento material del trabajo, como “la primera fuente de todos los medios y objeto de trabajo” (Marx 1999 (1867)).

El concepto del metabolismo social resurgió a finales de la década de 1960 en respuesta a los problemas ambientales asociados a los límites al crecimiento (Fischer-Kowalski 1997, 11). Ayres y Kneese (1968) buscaron introducir en la economía un marco termodinámico, como la ley de conservación de la masa, en contraposición a una concepción de la economía que crecía sin límites, y para ello propusieron que para mantener el crecimiento era necesario aumentar la eficiencia material de las economías, pero, por los problemas de contaminación, este enfoque fue dejado de lado (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 11, 12). Schmidt-Bleek (1993) construyó un “indicador de entrada de material por unidad de servicio” (MIPS), en la cual propuso la minimización de la entrada de material por unidad de servicio prestada (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 12).

Los seres humanos somos gregarios, con la capacidad de comunicarnos y de cooperar y, para sobrevivir, debemos organizarnos en sociedades en procesos de auto organización complejos entre los que se encuentran: la rotación de materia y energía de un ecosistema, la transformación y producción de nuevos materiales, el consumo de bienes y la excreción al medio ambiente (Fischer-Kowalski 1998, 63). El metabolismo social es una categoría útil para estudiar la forma en que las sociedades organizan su intercambio de materia y energía con su medio ambiente (Fischer-Kowalski 1997, 22). El metabolismo social se compone de la suma total de los flujos de materiales y de los flujos energéticos hacia dentro y fuera de un sistema socioeconómico (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 12). El concepto del metabolismo social es útil para entender la producción y reproducción de las estructuras biofísicas del sistema socioeconómico en intercambio con el medio ambiente natural, y para entender la producción o consumo de bienes y servicios de otros sistemas socioeconómicos y, para ello, se deben establecer límites funcionales entre el sistema socioeconómico y el medio ambiente natural y entre el sistema socioeconómico en cuestión y otros sistemas socioeconómicos (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 13).

El metabolismo social considera, en forma metafórica, a las economías como organismos vivos con un “perfil metabólico característico” cuyo impacto en el medio ambiente puede indicarse por el tamaño de su intensidad metabólica, es decir la cantidad de materia y energía que es apropiada de su entorno y vuelven a él en forma alterada (Schandl y Schulz 2000, 46). Los límites al crecimiento económico (Wolman 1965; Ayres y Kneese 1968, 1969; Neef 1969; Boyden 1970; Meadows et al. 1972; Daly 1973) son establecidos por el tamaño del metabolismo del entorno natural en el cual se encuentra insertada la actividad socioeconómica. Los límites son de carácter físico, es decir la materia y la energía involucrada en el intercambio entre sociedad y naturaleza en la base material de un ecosistema determinado (Fischer-Kowalski y Haberl 1993, 425).

La contabilidad del flujo de materiales (*Material Flow Accounts*, en adelante MFA por sus siglas en inglés) es una herramienta metodológica basada en establecer las cuentas de flujo de material y balances de material para una economía, que muestran las cantidades de entradas físicas en una economía, la acumulación de materiales en la economía y las salidas a otras economías o de regreso a la naturaleza (Eurostat 2001). Fue creada para solventar las carencias de la Contabilidad Nacional clásica, basada en indicadores monetarios y para informar y ponderar sobre la presión de la economía en el medio ambiente. Cuenta con una terminología, conceptos y métodos comparables a los de la contabilidad nacional clásica basados en enfoques

armonizados internacionalmente y es utilizado por las principales agencias estadísticas del mundo. Entre sus propósitos se encuentra proporcionar información sobre la estructura y el cambio en el tiempo del metabolismo biofísico de las actividades económicas.

La MFA y los balances de materia y energía son herramientas descriptivas que tienen como objetivo proporcionar información sobre el material y la energía que entran y salen de una determinada sociedad o actividad económica a través de un conjunto completo de indicadores del uso de materiales y energía (Eurostat 2001). La contabilidad MFA se basa en un principio de equilibrio, como la ley de “conservación de la masa-energía”, que establece que la suma de los insumos materiales y de los insumos energéticos en un sistema es igual a la suma de productos más los aumentos de existencias menos las disminuciones de existencias (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 13) (Ver ecuación 1).

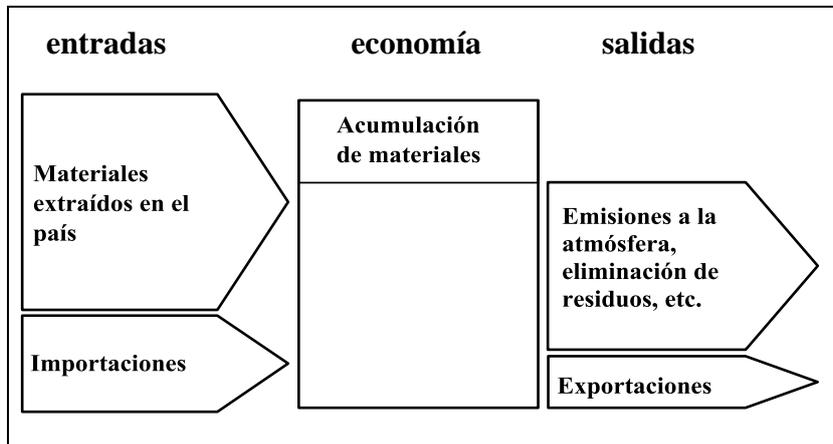
$$(1) \text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Aumento de existencias} - \text{Disminución de existencias}$$

El enfoque MFA responde a una visión de sistemas, en el cual el metabolismo del sistema socioeconómico se compone de los metabolismos de sus las estructuras biofísicas que contiene y, para cada compartimento, se aplica la ley de conservación de la masa-energía (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 13). En el concepto del metabolismo social, se consideran los compartimentos biofísicos de los sistemas socioeconómicos como los metabolismos completos de los seres humanos y de las especies (nutrición, ingesta de oxígeno y agua, producción de dióxido de carbono y agua, heces y la deposición de cadáveres) (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 13). Los materiales utilizados para las infraestructuras construidas y mantenidas por los seres humanos pertenecen al metabolismo social, al igual que la energía y los materiales utilizadas en su fabricación (Fischer-Kowalski y Amann 2001, 13). Las existencias (*stocks*) se refieren al tamaño de la población, el tamaño de las especies y de la infraestructura y los flujos (*flows*) determinan si el metabolismo social crece, decrece o si se encuentra en un estado estacionario. Se diferencian tres grupos de materiales de entrada: agua, aire y los materiales de entrada restantes (biomasa, combustibles, minerales y productos manufacturados). Los flujos indirectos de materiales se denominan “mochilas” (*backpacks*) según Schmidt-Bleek o “flujos ocultos” (Adriaanse et al. 1997) y se pueden distinguir entre las mochilas de importación y las mochilas de extracción de materiales nacionales.

Para representar el metabolismo social se utiliza la guía metodológica Eurostat de la Comunidad Europea (Eurostat 2001), que brinda las cuentas de flujo de materiales de toda la economía e indicadores derivados. Esta guía se centra en las cuentas de flujo de materiales

(MFA, por sus siglas en inglés) y los saldos de la economía. Estas cuentas y saldos de flujo de materiales de la economía muestran las cantidades de insumos físicos en una economía, la acumulación de materiales en la economía y las salidas a otras economías o de regreso a la naturaleza (Eurostat 2001, 9).

**Figura 1.1 Alcance de las cuentas de flujo de materiales**



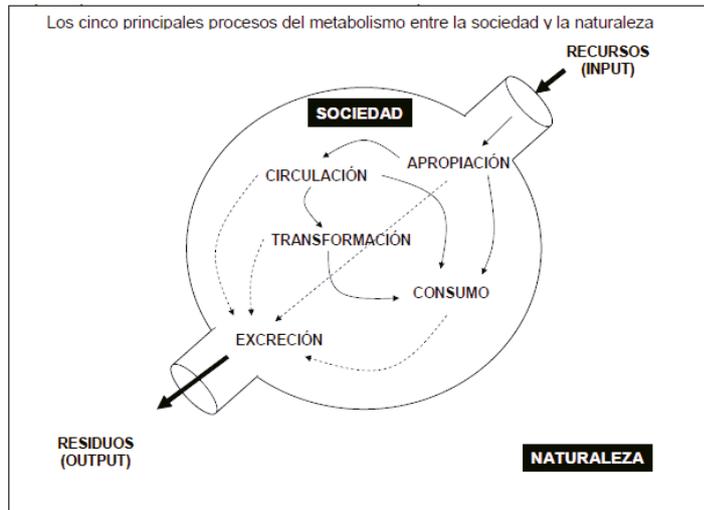
*Fuente:* Eurostat (2001, 9).

El metabolismo social megaminero cuenta con una perspectiva tangible, material o visible, que se representa por cinco etapas en sus aspectos físicos: apropiación, transformación, circulación, consumo y excreción (Toledo 2013, 47; González de Molina y Toledo 2014, 62).

El acto de apropiación siempre lo realiza una unidad de apropiación (por ejemplo, una empresa, una persona) y es, en sentido estricto, el modo primario de intercambio entre las sociedades humanas y la naturaleza. A través de la apropiación, la sociedad se nutre de todos aquellos materiales, energías, agua y servicios que se requieren para el sostenimiento y reproducción tanto de los seres humanos como de sus artefactos (Toledo 2013b, 47; González de Molina y Toledo 2014, 3:62). El proceso de transformación lo representan todos los cambios provocados sobre las materias primas extraídas de la naturaleza, que luego de ser modificadas ya no se consumen en su forma original (Toledo 2013b, 48; González de Molina y Toledo 2014, 3:62, 63). El proceso de circulación aparece por el fenómeno del intercambio económico en sentido estricto cuando las unidades de apropiación dejan de consumir todo lo que producen y de producir todo lo que consumen (Toledo 2013b, 49; González de Molina y Toledo 2014, 3:63). En el proceso de consumo toda la sociedad se encuentra implicada y se basa en la relación entre las necesidades humanas, social e históricamente determinadas, y las mercancías proporcionadas a través de los tres procesos precedentes (Apropiación + Transformación + Circulación) (Toledo 2013b, 50); (González de Molina y Toledo 2014, 3:64). En el proceso de

excreción se desechan materiales y energía hacia la naturaleza (desechos, emisiones, gases, sustancias y calor, etc.) en los que toma relevancia la calidad y cantidad de los residuos excretados (González de Molina y Toledo 2014, 3:64).

### Figura 1.2 Etapas del metabolismo social



Fuente: González de Molina y Toledo (2014, 62).

Los estudios del metabolismo social han permitido observar, desde una visión de largo plazo, que el consumo general de recursos ha crecido rápidamente desde mediados del siglo XIX, con la Revolución Industrial y la gran aceleración, que ha tenido lugar a lo largo del siglo XX, en la cual crecieron la extracción y el consumo de todos los tipos de recursos, especialmente los abióticos (Infante-Amate, González de Molina, y Toledo 2017, 137, 138). En 1900 el consumo total de recursos era de 7,12 gigatoneladas (Gt) y en 2005, se extrajeron y utilizaron aproximadamente 59 Gt/año de materiales en todo el mundo. (Krausmann et al. 2009, 2.700). En el planeta entre los años 1970 y 2010 se observó un aumento masivo en la extracción de materiales, el cual pasó de 22 mil millones de toneladas (Bt) en 1970 a 70 Bt en 2010 (Schandl et al. 2018, 826).

Luego del año 2000 se registró una gran aceleración en la extracción de materiales por el aumento de la demanda de China y; esta aceleración se ha producido en un momento histórico en que el crecimiento de la población global muestra una tendencia desacelerada y, que la economía mundial presenta signos de estancamiento (Schandl et al. 2018, 826). El aumento global de la extracción de materiales estuvo acompañado por la aceleración del comercio por el aumento de la riqueza y el consumo y en los países más ricos (Schandl et al. 2018, 826). Por el contrario, los países pobres fueron los que menos se beneficiaron del aumento de la

disponibilidad de recursos y, registraron pocas mejoras en sus niveles de vida materiales, aunque fueron los que continuaron suministrando materias primas a los países de altos ingresos y, como resultado, se observó un desarrollo económico desigual (Schandl et al. 2018, 826).

La demanda de materiales mundial se desaceleró en 2008 y 2009 como consecuencia de la reducción de la demanda durante la crisis de las hipotecas subprime que desencadenó una crisis financiera mundial (Schandl et al. 2018, 830). En los países de la periferia del Sur global, el aumento de la extracción ocasionó cambios en el uso del suelo, que trajeron aparejados una cadena de impactos socioambientales negativos como: el agotamiento de los recursos naturales, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (Schandl et al. 2018, 826).

Los cambios de usos del suelo ocasionan degradaciones de los ecosistemas, inestabilidad climática y una fuerte presión en los recursos hídricos (PNUMA 2021, 103). En Antofagasta, Chile el sector minero genera una fuerte presión en la demanda de agua. Teniendo en cuenta que la desalinización en Chile es de 1,26 millones de m<sup>3</sup> diarios en 24 plantas, 14 de estas abastecen al sector capital- intensivo minero y, por 22 proyectos nuevos, se espera que la demanda del sector crezca 160 % para el año 2025, con la expectativa de un metabolismo hídrico más intenso (PNUMA 2021, 103, 104).

El estudio del metabolismo social ha permitido analizar los conflictos de las últimas décadas del siglo XX, originados en la escasez de recursos y el acceso a los recursos naturales y, las tensiones entre diferentes actores en relación a los derechos de extracción de los recursos o sobre quienes recaen los impactos ambientales negativos. Estos temas fueron abordados desde la perspectiva metabólica, a escala local y global, como los “conflictos ecológico distributivos” (Martinez-Alier y O’Connor 1996).

Entre los principales aportes de la región Latinoamericana se encuentran Manrique et al. 2013) quienes describieron el desempeño biofísico de la Argentina, durante 40 años, en el período que transcurre de 1970 a 2009. Desde 1970, el crecimiento de las exportaciones fue impulsado por la demanda externa, la cual promovió una creciente extracción de materiales en recursos naturales y, se basó principalmente en productos de biomasa. Desde finales de la década de 1990 en adelante, este patrón cambió a medida que los combustibles fósiles y los minerales metálicos ganaron importancia. La cantidad de materiales extraídos en 2009 crecieron al 77% y los materiales consumidos internamente alcanzaron un 77,2%. Los proyectos mineros sólo consideran la producción de concentrados y productos sin refinar, por lo que el valor agregado en la extracción de minerales es bajo. que Argentina presenta un patrón de uso de recursos

similar al de países con abundancia de recursos naturales, grandes territorios y baja densidad de población (Manrique et al. 2013, 12).

Eisenhut (2009) realizó un análisis del Flujo Nacional de Materiales para Cuba en el período 1970-2003. La economía física cubana está especializada en la producción de materias primas agrícolas y minerales destinadas a la exportación, principalmente caña de azúcar y níquel (Eisenhut 2009, 93). La caña de azúcar determinó sustancialmente el metabolismo cubano, comprendiendo el 56% de la extracción de biomasa y el 95% de todas las exportaciones de biomasa entre 1970 y 2003 y los minerales de níquel tienen una importancia menor (Eisenhut 2009, 93). Cuba depende en gran medida de las importaciones de combustibles fósiles, principalmente petróleo crudo y productos derivados del petróleo, que representan el 70% de todas las importaciones físicas (Eisenhut 2009, 93). El desarrollo de la economía física cubana sigue el flujo de una curva sinusoidal y, se divide en tres fases: crecimiento (1970-1989), colapso (1989-1993), recuperación (1993-2003) (Eisenhut 2009, 93). Cuba logró un alto desarrollo humano y una huella ecológica por debajo de la biocapacidad disponible a nivel mundial por la crisis económica y la escasez de energía durante los años noventa. Cuba también es líder en biotecnología, industria farmacéutica, reciclaje, agricultura urbana y orgánica y control biológico de plagas, subproductos generados en la industria azucarera, industria de energías renovables, piensos y producción de papel (Eisenhut 2009, 95), pero la matriz productiva se basa en un modelo de desarrollo agrícola y en actividades extractivas, intensivas en materiales, que no ofrece un potencial de expansión para el futuro (Eisenhut 2009, 95).

González Martínez (2007) realizó un estudio de la Contabilidad de Flujos de Materiales de México para el período 1970-2003. La extracción interna de materiales pasó de 349 millones de toneladas en 1970 a 1148 millones en 2003 (González Martínez 2007, 6). En 1970, la extracción doméstica (ED) de biomasa era la más significativa, con una participación del 59% pero en 2003, las fracciones dominantes pasaron a ser los minerales que representaron un 54% del total de la ED (González Martínez 2007, 6). Además, la ED de combustibles fósiles ha subido su participación en este período y ha pasado del 12% en 1970 a una participación del 20% en 2003. La extracción de biomasa bajó su importancia relativa del 59% al 26% (González Martínez 2007, 6). Se observa un sustancial aumento de los materiales extraídos localmente en México y, en particular, los significativos aumentos de los combustibles fósiles y minerales de construcción (González Martínez 2007, 28). Las importaciones han pasado de 8,5 a 185 millones de toneladas, mientras que las exportaciones han crecido de 14 a 243 millones de

toneladas; registrando una tasa de crecimiento promedio anual del 2,1% y 1,6% respectivamente (González Martínez 2007, 28).

Giljum (2004) realizó un estudio del comercio, flujos de materiales y desarrollo económico para Chile, en el periodo 1973-2000. Luego de que el régimen militar tomara el poder en 1973, Chile transitó por una transformación económica según principios neoliberales y se convirtió en la economía más liberalizada y orientada al mercado mundial de América Latina (Giljum 2004, 242). La reestructuración se materializó por la promoción de la producción para la exportación, y gran parte de los bienes exportados procedían de sectores intensivos en recursos. Los insumos materiales a la economía chilena se multiplicaron por 6, como resultado de la promoción de exportaciones intensivas en recursos de los sectores minero, frutícola, forestal y pesquero (Giljum 2004, 242). El cobre ha representado el bien de exportación más representativo de Chile y, la dependencia relativa de este único producto se ha reducido en términos monetarios, del 80% en 1973 al 40% en 2000, pero la producción absoluta de cobre puro en términos físicos aumentó constantemente y alcanzó un máximo histórico de 4,6 millones de toneladas en 2000, de las cuales se exportó el 97% (Giljum 2004, 242). Además del sector minero, los principales ingresos se obtienen de las exportaciones de frutas frescas (especialmente uvas y manzanas); pescado fresco (especialmente salmón) y harina de pescado; vino; productos de madera, celulosa y papel; y productos químicos básicos (Giljum 2004, 243). La reestructuración del sector agrícola orientado a la exportación, se caracterizó por el uso de pesticidas y fertilizantes, y como consecuencia ocasionó la contaminación de los recursos hídricos y aceleró la erosión del suelo en los monocultivos. Todos estos efectos tienen implicaciones negativas para la salud humana, la seguridad alimentaria, la salud y la calidad del medio ambiente (Giljum 2004, 254, 255). La estrategia de desarrollo orientada a las exportaciones requiere que Chile mantenga su riqueza natural, pero resulta paradójico porque la extracción del cobre implica el agotamiento de un recurso natural no renovable (Giljum 2004, 257). El agotamiento de los recursos naturales y los impactos socioambientales implican que Chile está transitando por un camino ambientalmente insostenible (Giljum 2004, 257).

Crespo-Marín y Perez-Rincón (2019) realizaron un estudio de dos regiones latinoamericanas, la Andina y América Central, en el período 1997- 2013. En dicho período se incrementaron el uso y extracción de los recursos materiales, lo que representó una materialización absoluta y, en ambas regiones, su estructura metabólica resultó más intensiva en materiales abióticos, en detrimento del componente biótico (Crespo-Marín y Perez-Rincón 2019, 75). El patrón de especialización de la economía Andina basado en un modelo con alta dependencia económica y

de explotación no sostenible de los recursos naturales, ocasionó un intercambio económico y ecológico desigual biótico (Crespo-Marín y Perez-Rincón 2019, 76). Los procesos de especialización productiva en los sectores natural-intensivos fueron hechos políticos, y en este sentido desde el 2000 se apoyó al sector minero-energético, por la gran demanda de commodities de China e India (Crespo-Marín y Perez-Rincón 2019, 77).

Vallejo realizó una lectura del perfil metabólico de Ecuador en el periodo 1970-2006 (Vallejo 2010) y un estudio del perfil metabólico de tres economías andinas Colombia, Ecuador y Perú (Vallejo 2015). En 1970 la biomasa de las actividades agrícolas y pecuarias representaron el 70 % de la extracción doméstica, pero la extracción de petróleo implicó un cambio significativo en la estructura económica y material y en 1973 los combustibles fósiles llegaron a ser el 30 % de la extracción y la biomasa agrícola cayó hasta el 48% (Vallejo 2015, 88, 89). En el año 2000, los materiales de la construcción representaron el 44 %, la biomasa el 27%, los combustibles fósiles el 15 % y el 24 % restante fueron metales (Vallejo 2015, 88, 89). Las exportaciones de petróleo y plátanos fueron las principales partidas de una balanza comercial negativa (Vallejo 2010, 175). La extracción petrolera implica las pérdidas de bosques y biodiversidad asociadas con la necesidad de carreteras y de oleoductos (Vallejo 2010, 175). Vallejo planteó necesario discutir las opciones de políticas para el Ecuador, en el debate de una economía post petrolera, orientada hacia la explotación intensiva de los recursos mineros y recalcó que es necesario contemplar no solo el aspecto monetario sino también el aspecto físico (Vallejo 2010, 175).

Los trabajos que utilizan el concepto del metabolismo social se han concentrado en cuantificar los flujos de energía y de materiales. En el continente latinoamericano se han presentado algunas similitudes, la biomasa ha sido sustancial en la región, para luego incorporar la extracción de combustibles fósiles y minerales. El estudio metabólico evidencia la matriz primaria exportadora que caracteriza a la región, aunque existen sectores con grandes potencialidades de ingresar a la economía del conocimiento, pero para realizar un cambio, se requiere la preservación de los ecosistemas, la biodiversidad y de realizar inversiones en investigación y desarrollo en la economía del conocimiento.

El metabolismo social tiene una dimensión intangible, inmaterial o invisible, que consiste en los acuerdos mínimos que se dan en la sociedad, que permiten que una actividad opere y que tienda a la reproducción (Toledo 2013, 47). La parte inmaterial, invisible o intangible, es organizada por los flujos de información y las relaciones sociales y funcionan como la parte blanda (software) del metabolismo social (Toledo 2013, 51). Está conformada por las instituciones, los sistemas simbólicos, las diferentes cosmovisiones con sus diversas formas de

conocimiento, las reglas jurídicas, normas, y acuerdos sociales, los saberes técnicos, los modos de comunicación y las diferentes formas de propiedad (Toledo 2013, 51).

En una dimensión cognitiva, la crítica al capitalismo de Marx es una crítica a la categoría del trabajo (García Palacios 2019, 136). Por medio del trabajo, se desarrolla una conexión interdependiente y un vínculo (*zusammenhängt*) entre el ser humano y la naturaleza, en el cual el trabajo representa una actividad inseparable en su esencia al de la propia naturaleza y, en este sentido, el ser humano se transforma a sí mismo y a la naturaleza, y ésta a través del ser humano se transforma a sí misma (García Palacios 2019, 136). Marx utilizó la metáfora del metabolismo (*stoffwechsel*) para describir al proceso de trabajo como punto de partida para el estudiar el proceso de valorización. En el sistema económico capitalista el proceso de trabajo y el proceso de valorización aparecen unidos en un proceso inmediato y relacionado, como si se tratara de un mismo proceso: la plusvalía surge en el preciso momento del proceso de trabajo no retribuido y de la plusvalía se crea el capital (García Palacios 2019, 143).

En el plano simbólico en el sistema capitalista, existe la creencia del empresario innovador, quién mediante su esfuerzo individual, contrata factores y arriesga libremente su capital para tener una oportunidad de éxito que le permite una movilidad social ascendente. En este “sueño americano”, las personas aceptan pacíficamente que su fuerza de trabajo es una mercancía, los trabajadores son libres de vender su fuerza de trabajo en el mercado a cambio de un salario y aceptan que se le pague menos de lo que producen. En el plano simbólico, los trabajadores aceptan la existencia del plusvalor, el cual es el trabajo realizado no es remunerado, que debe realizarse para luego ser apropiado por la burguesía y transformado en capital (Marx 1999 (1867)).

En el plano institucional, se legitiman y se imponen desde el Estado las relaciones de explotación capitalistas, por medio de una mercantilización de la sociedad en el trabajo asalariado, y de la naturaleza como fuente inagotable de insumos a ser extraídos. Dentro de las reglas jurídicas, se establecen los derechos de propiedad, los medios se encuentran en propiedad de la burguesía y el trabajador es dueño de su fuerza de trabajo, pero está desposeído de los medios de producción, que le permitan convertir su fuerza de trabajo en mercancías por sí mismo (Marx 1999 (1867)). De esta manera, las instituciones del Estado legitiman un sistema de explotación de una clase sobre la otra.

Las formas de comprender del ser humano, desde los orígenes de la humanidad, se caracterizaron por un acceso de carácter inmediato y directo con la naturaleza y con las demás

especies. Con el desarrollo histórico, social y tecnológico, la relación inmediata se fue transformando en mediata y, esta se ha exacerbado dentro del sistema capitalista. Se concibe al ser humano como algo externo a la naturaleza, pero, el ser humano es naturaleza, dado que su cuerpo y se conciencia son desarrollos evolutivos de la naturaleza misma (García Palacios 2019, 147).

Dado que la demanda asalariada es menor al total de la producción, el capitalismo como un todo necesita expandirse hacia nuevos mercados no capitalistas. Las cosmovisiones y las formas de conocimiento no capitalistas, son subsumidas y sometidas a la lógica de la ganancia y, como resultante el trabajo y la naturaleza son reducidos a ser considerados como mercancías. En la dimensión tecnológica, el capitalismo se sirve de los avances tecnológicos para conquistar nuevos mercados, como: la rapidez del flujo de información y de capitales por medio de satélites, que permiten el acceso a la información en tiempo real, la movilidad instantánea de capitales, y al traslado global de las mercancías en menor tiempo y a menor costo.

El sistema económico capitalista presenta relaciones de explotación, la primera entre el capital y el trabajo y la segunda entre el capital y la naturaleza. O' Connor presenta las contradicciones del capitalismo, en el cual la primera contradicción, fue trabajada por Marx, para caracterizar la explotación del trabajo, y la segunda contradicción para explicar la explotación de la naturaleza (O'Connor 2001, 4).

### **1.3. La primera contradicción del capital**

Karl Marx generó una ruptura con el pensamiento de la economía política clásica formulado principalmente por Adam Smith y David Ricardo. Uno de sus aportes fue considerar que los seres humanos construyen su historia al transformar la sociedad y la naturaleza, y sostuvo que no existen límites impuestos por la naturaleza y que esta se concibe como un conjunto de recursos a ser utilizados (Altvater 2006, 341).

Esta forma de razonar, le permitió a Marx realizar un enfoque crítico de la sociedad, y confiar en la capacidad del ser humano, en que puede mejorar sus condiciones de vida y sostener que la historia humana, como progreso humano, llevaría hacia la mejor sociedad posible. La razón proporcionaba el sustento de toda acción humana y de la formación de la sociedad, y por ello todas las formas antiguas de sociedad y gobiernos debían ser rechazadas (Hobsbawm 2013, 13). En base a este enfoque la superstición, la injusticia, el privilegio y la opresión debían ser

reemplazados por la verdad, la justicia, la igualdad basada en la naturaleza y los derechos inalienables del hombre.

Marx fue influenciado por el pensamiento del filósofo Epicuro<sup>4</sup>, quien se oponía al determinismo y al esencialismo (Foster 2004, 67). Según este filósofo los hechos basados en las propiedades de las cosas no podían explicar los acontecimientos, porque esos acontecimientos pertenecían al reino de la contingencia. Los argumentos generales de la tesis doctoral de Marx comienzan con la desviación del átomo respecto de la línea recta, argumentos que separaban a los filósofos griegos Epicuro y Demócrito. La desviación del átomo de Epicuro permitía la posibilidad del azar, en términos de contingencia y, permitía la posibilidad libre de determinismo (Foster 2004, 94), de esta manera, la filosofía epicúrea rompe con todas las maneras restrictivas del ser, aparta a los Dioses, permitiendo que exista un mundo de libertad y autodeterminación (Foster 2004, 95), para esta rama filosófica la ley del átomo es la colisión de elementos y no requiere de la fijación.

El método dialéctico de construcción del conocimiento de la teoría marxista, se basa en un proceso, unas idas y vueltas entre el espacio de la realidad material y empírica y el ámbito de la abstracción de las teorías, conceptos y categorías (Lebowitz, 2009:202). Marx desarrolla el método dialéctico en el que la realidad es confrontada con los elementos abstractos creados en la teoría. La confrontación con la realidad empírica le permite aprehender procesos, hechos y dinámicas sociales, económicas y políticas, así como develar mecanismos que operan por detrás de las apariencias.

Marx en su obra “El Capital” parte de la circulación de mercancías para establecer su punto de partida para la conformación del capital (Marx 1999 (1867), 103, 104). Para que se produzca el capital se requiere de la producción de mercancías y de su circulación por medio del comercio. Todo nuevo capital comienza su ciclo en forma del dinero y, de esta manera es como entra en el mercado (sea el de mercancías, de trabajo o de dinero), que a través de diferentes procesos se convierte en capital. El dinero como dinero y el capital como dinero no se distinguen y por ello es necesario analizar su forma de circulación. La circulación de mercancías y dinero se repite hasta el infinito de la forma M-D-M-D-M...

Marx distingue dos ciclos en especial que se detallan a continuación. El primero es el ciclo de la circulación de mercancías M-D-M, dónde una mercancía se vende, se obtiene dinero para comprar otra mercancía en otras palabras, vender para comprar. De manera distinta en el

---

<sup>4</sup> Ciudadano ateniense nacido en la isla de Samos en 341 A.C.

segundo ciclo nos encontramos con otra forma de circulación D-M-D, el dinero se transforma en una mercancía y este se transforma nuevamente en dinero: comprar para vender. El dinero que circula de esta forma es el que se transforma en capital, y lo es por su destino. En la fase del ciclo D-M el dinero compra mercancía, y en la fase del ciclo M-D la mercancía se vende por dinero, en el que ambas fases unidas permiten ver el proceso total. Si pasamos por alto las acciones de compra y venta nos queda D-D, en el cual todo este proceso carecería de sentido si D al comienzo es igual al D al final del proceso, en el que sería ilógico tanto esfuerzo para quedarse con la misma cantidad de dinero.

La diferencia de ambos ciclos, es el orden inverso en el que se desarrolla el ciclo de mercancía-dinero-mercancía (M-D-M) y dinero-mercancía-dinero (D-M-D). La primera es la circulación simple de mercancías dinero mercancía (M-D-M) que comienza con la venta y acaba con la compra de mercancías, al final del ciclo el dinero acaba convirtiéndose en mercancía utilizada como valor de uso (Marx 1999 (1867), 105). De distinta manera, la circulación en el ciclo D-M-D del dinero en función del capital comienza con la compra y acaba con la venta de mercancías, el comprador solo gasta dinero para volver a ganarlo como vendedor. Al comprar se desprende de dinero con la intención de volver a apoderarse de él, lo que hace es adelantarlo, dónde el dinero refluye a su punto de partida. Cambiar una suma de dinero por otra igual es absurdo, irracional e inútil. La diferencia para que tenga sentido el proceso del ciclo D-M-D es cuantitativa, el dinero al final del ciclo debe ser superior al inicio del ciclo. La fórmula completa es D-M-D' en el que  $D'=D+\Delta D$ , lo que es igual a la suma inicial de dinero más un valor adicional (Marx 1999 (1867), 107). Este valor incremental se llama plusvalía, en el cual el valor de dinero desembolsado se mantiene en la circulación y en el ciclo su valor se incrementa con la plusvalía. En este proceso es cuando el dinero se convierte en capital. La diferencia de vender para comprar en el ciclo M-D-M, tiene como finalidad el consumo para satisfacer necesidades de la persona. Pero si se compra para vender en el ciclo D-M-D', el proceso comienza y acaba con el dinero o valor de cambio y este proceso lo hace interminable. Si D' se gastase o si se ahorraran, dejaría de ser capital. El fin último de este ciclo es valorizar el valor, incrementando la riqueza (Marx 1999 (1867), 110, 111).

La circulación del dinero en capital tiene como fin en sí mismo, el incremento del valor de forma constantemente renovada e incesante. De manera diferente la circulación simple de mercancías M-D-M tiene como fin último estar fuera de la circulación, es decir satisfacer necesidades a través de los valores de uso de las mercancías que se compran. En el ciclo D-M-D' el poseedor de dinero que se trasforma en capital se llama capitalista, un ser dotado de

conciencia y voluntad, cuyo fin es la apropiación de riqueza abstracta. El valor de uso no es el fin último del capitalista, por el contrario, lo mueve el incremento insaciable de generar e incrementar valor. El capitalista tiene más éxito que el ahorrista que salva su dinero de la circulación, en este caso el capitalista logra el incremento del valor lanzando permanentemente su dinero a la circulación y obteniendo un plusvalor  $\Delta D$  en cada ciclo. Los actos de compra D-M y venta M-D pueden simplificarse en el proceso D-M-D', llegando a una forma reducida en la que D-D', dinero que es igual a más dinero, valor superior a su propia magnitud (Marx 1999 (1867), 111).

En el capital comercial D-M-D' se compra para vender más caro, proceso en el que el comerciante toma un rol parasitario. No es factible explicar la transformación de dinero en capital, al ser intercambios de equivalentes. La forma D-D' es inexplicable dado que el dinero se transforma en más dinero, es inexplicable desde el intercambio de mercancías, dado que el dinero se inventó para el cambio de mercancías y no para el lucro (Marx 1999 (1867), 119). La plusvalía no puede brotar de la circulación. La plusvalía se origina en la compra y venta de la fuerza de trabajo, una mercancía que es fuente de valor. La fuerza de trabajo es el conjunto de las condiciones físicas o espirituales que se dan en la corporeidad, en la personalidad de un hombre y que éste pone en acción al producir valores de uso. El poseedor de dinero se encuentra con el poseedor de la fuerza de trabajo en el mercado y este último le ofrece su mercancía pasajeramente, sin renunciar a su propiedad, aunque ceda al otro el disfrute. Se debe dar otra condición: para el que tiene el dinero la fuerza de trabajo es una mercancía más, dado que su poseedor no puede vender otras mercancías fruto de su trabajo y se ve obligado a vender su fuerza de trabajo (Marx 1999 (1867), 122). Para transformar el dinero en capital, el poseedor de dinero debe encontrarse en el mercado con el trabajador libre en dos sentidos, libre de disponer de su fuerza de trabajo como propia mercancía, y libre de no tener otras mercancías que vender por cuenta propia (Marx 1999 (1867), 122).

El valor de la fuerza de trabajo lo determina el tiempo de trabajo socialmente necesario para la producción, lo que es igual al valor de los medios de vida necesarios para la subsistencia de su poseedor (Marx 1999 (1867), 124). El valor del tiempo de trabajo se reduce a la suma de unos limitados medios de vida que varían según la región, el país o el tiempo histórico en donde el trabajador se encuentre. La mercancía denominada "fuerza de trabajo" no hace que su valor de uso pase al capitalista comprador en el momento de concretar el trato de contratación, si no que el valor de uso de la fuerza de trabajo se observa después al realizarse el trabajo. Hay una enajenación de la fuerza de trabajo y su ejercicio real y efectivo no coincide en el tiempo, es

decir que, al tratarse de una mercancía, en la enajenación formal de la fuerza de trabajo como valor de uso mediante la venta y su entrega efectiva y real al capitalista, esta se desdobra en el tiempo (Marx 1999 (1867), 127). El trabajador adelanta el valor de uso de la fuerza de trabajo al capitalista, y el capitalista comprador la consume, la utiliza antes de haberla pagado, de manera que es el trabajador quien le abre un crédito al capitalista. El precio de la fuerza de trabajo se determina mediante un contrato, antes de que se realice la entrega de la mercancía. El proceso de consumo de la fuerza de trabajo es en el momento cuando se produce la mercancía y la plusvalía, cuando el capitalista recibe más por el fruto del obrero de lo que paga (Marx 1999 (1867), 128).

En síntesis, el capitalismo es un modo de producción mercantil en el que se remunera a la fuerza de trabajo como un factor más de producción, por su costo de producción. En el mercado se entregan mercancías con un valor añadido, el plus valor que se incorpora y reintegra al capital. El plus valor es el resultado del trabajo social no remunerado apropiado por la burguesía y este debe realizarse para convertirse en ganancia y en capital. El capitalismo es un sistema de explotación de una clase sobre otra, basada en el trabajo asalariado, que requiere de una mercantilización de la sociedad y requiere de la imposición desde el Estado.

La valorización capitalista se desarrolla en las dimensiones del espacio y el tiempo. En la dimensión del tiempo prima la aceleración, que se logra con el aumento de la productividad para producir la plusvalía relativa, mediante el incremento en la velocidad de la producción y la circulación que se materializa en la realización de mayores productos por unidad de tiempo (Altvater 2006, 357). La aceleración de la producción es posible mediante la expansión de la producción y reproducción capitalista en la dimensión del espacio, por medio de la eliminación de los límites y las fronteras, hecho corroborado en la globalización moderna en la cual existe un gran flujo de capitales, mercancías e información que permite aumentar la potencialidad de la acumulación, reproducción y valorización del capital (Altvater 2006, 357, 358). Los capitales individuales se ven en la obligación de aumentar la explotación en términos absolutos, aumentando la jornada de trabajo o reduciendo el salario y, si este proceso se generaliza, se reduce la demanda y se genera una nueva necesidad de expansión del capital nacional.

### **1.3.1. La primera contradicción según O'Connor**

O'Connor argumenta que “la primera contradicción” se desarrolla entre “las fuerzas productivas” y “las relaciones sociales de producción capitalistas” (O'Connor 2001, 4), es decir

que la primera contradicción se desarrolla entre el capital y el trabajo y la posible crisis de realización. O'Connor plantea que, en el proceso de valorización, los capitalistas extraen de los trabajadores el trabajo socialmente necesario, para reproducir el capital, y además el trabajo excedente (O'Connor 2001, 5, 6). En el marxismo tradicional la contradicción entre la producción y la circulación del capital es interna al capitalismo, porque se deben producir mercancías y plusvalor, pero, a mayor tasa de explotación o a mayor tasa de plusvalor, se tendrá una mayor dificultad en realizar el valor y el plusvalor y, como consecuencia, ocasionará la reducción de la demanda de bienes (O'Connor 2001, 5, 6). De esta manera, los capitales individuales al buscar el incremento de la tasa de explotación, reducen la capacidad de consumo de los trabajadores y vulneran la posibilidad, para el capital, de realizar el plusvalor derivado del proceso de producción.

La contradicción que se da entre la producción del valor, por una parte, y la realización del plusvalor por otra parte y la crisis de realización, puede surgir de una falta de demanda efectiva donde la venta no se realiza y, desencadenar una crisis de sobreproducción o subconsumo (O'Connor 2001, 4). El problema del capitalismo radica en encontrar la demanda adicional de mercancías que permita adquirir el producto del trabajo excedente (O'Connor 2001, 5). En consecuencia, existe un conflicto entre el interés de los capitales individuales en buscar producir siempre más plusvalor, y el interés general de la clase capitalista la cual necesita masas adicionales de consumidores para realizar el valor y el plusvalor (O'Connor 2001, 5). Para O'Connor la crisis del capitalismo en la "primera contradicción", afecta el capital por el "lado de la demanda" e impone barreras "internas" a la acumulación y es la principal causa de la crisis del capitalismo (O'Connor 2001, 5). Se presenta la "crisis de realización" como la principal causa de la crisis en el capitalismo, pero ha sido el motivo de numerosas críticas, dado que las teorías de las crisis marxistas son diversas.

### **1.3.2. Críticas a las teorías de la crisis**

En las primeras teorías de la explicación de la crisis por el subconsumo, la conclusión a la que se arribaba era de que el capitalismo tendía hacia el estancamiento y que era imposible un capitalismo auto expansible. Los economistas clásicos como, Thomas Malthus y Simonde de Sismondi, plantearon la tendencia del capitalismo a entrar en crisis asociadas a la "brecha de la demanda" y el "subconsumo", basados en el argumento de que el nivel de consumo regula la producción general y que sostiene a la tasa de crecimiento (Shaikh 1978, 224, 225). Una solución a la "brecha de demanda" solo puede venir de otras fuentes de consumo como los "mercados exteriores" (Shaikh 1978, 225). Hobson planteó la posibilidad de expandir el capital

en los países de la periferia como una forma de canalizar el ahorro de los países imperiales por medio de la inversión extranjera directa y sostiene que el objeto último de toda producción es la producción de bienes de consumo (Shaikh 1978, 225). Hobson definió el excedente como el exceso del valor monetario total de la producción sobre los costos estrictamente necesarios para producir esa producción y los que acumulan este excedente tienden a consumir poco, por lo que el imperialismo y los mercados exteriores son la fuente de la solución para el subconsumo (Shaikh 1978, 225). Lenin presenta la conexión entre el monopolio y el imperialismo, aunque rechaza el análisis del subconsumo de Hobson (Shaikh 1978, 226). Rosa Luxemburgo sostuvo que las raíces del imperialismo se encuentran en el problema del subconsumo, pero rechaza las conclusiones de Hobson (Shaikh 1978, 229). Paul Sweezy y Paul Baran reviven en el siglo XX las nociones de Hobson como la visión en el cual la demanda por bienes de consumo regula la producción, donde ven a la producción global como un sector verticalmente integrado incorporando la noción de que un capitalismo monopolístico está condenado a la crisis cuando la “demanda efectiva” no crece como la capacidad de producción (Shaikh 1978, 230).

Se crea una confusión entre la primera contradicción capital-trabajo y la crisis del tipo de “apretón de ganancias” (*profit-squeeze*), por una parte, y la contradicción entre producción y realización del valor y plusvalor con la crisis de subconsumo, por otra parte (Sacher Freslon 2016, 81); pero O'Connor presentó ambas contradicciones como parte de la “primera contradicción” sin diferenciarlas (Sacher Freslon 2016, 114).

Marx consideró el capital como un sistema auto expansivo y no tomaba en cuenta a la idea de estancamiento que contiene el concepto de “la brecha de la demanda” y “el subconsumo” (Shaikh 1978, 231). Según Marx el error radicaba en que bajo el capitalismo el consumo no era el objetivo de la producción, sino que el capitalismo se produjo con fines de lucro, no de consumo, y el análisis de Marx de la expansión de la producción demostró sin lugar a dudas que esta producción con fines de lucro era completamente capaz de generar sus propios mercados internos. Marx no consideró la “brecha de la demanda” como un problema “intrínseco” del capital, y la brecha de demanda no representa un límite a la acumulación, más bien existe la posibilidad de un “crecimiento equilibrado”, en el cual el capitalismo ya estaba allí, era viable y se expandía (Shaikh 1978, 231).

Según Marx la acumulación capitalista está motivada por la rentabilidad, pero la acumulación disminuye progresivamente la rentabilidad, y esta tiende a socavarse a sí misma, esta es la ley de la caída tendencial de la tasa de ganancia (Shaikh 1978, 232, 233). Para Shaikh, el argumento de la “caída tendencial de la tasa de ganancia” es más satisfactorio como motor de

crisis porque tiene una continuidad histórica, por oposición a las teorías del subconsumo que se basan en la posibilidad de ocurrencia de eventos históricos contingentes (Shaikh 1978, 231).

La división internacional del trabajo entre el centro y la periferia, planteada por Prebisch, está vinculada al metabolismo social de los sistemas económicos mundiales. Cuando los países industriales del centro expanden su economía, aumentan su demanda de materia y energía y, como contrapartida, los países de la periferia del sur global desempeñan el rol de proveedores, con la reserva de materia y energía de sus territorios (Pérez-Rincón 2006, 520). Los países industriales del centro pueden cumplir con sus procesos metabólicos gracias a que los países de la periferia son funcionales a sus demandas. El libre comercio internacional hay incentivos para externalizar los costos ambientales con el objetivo de ganar competitividad y por esta razón se reducen los estándares ambientales y sociales (Pérez-Rincón 2006, 522). La periferia exporta los requerimientos materiales que el centro del mundo demanda para su expansión, pero asume los costos de los impactos socioambientales como: cambios de uso del suelo, contaminación, pérdida de biodiversidad, avance de la frontera extractiva y el agotamiento de los recursos naturales. El país de la periferia vende barato sus bienes primarios y no internaliza en el precio de sus exportaciones los costos ambientales. En consecuencia, el comercio internacional bajo las condiciones del deterioro de los términos de intercambio es económicamente desigual, y al no reconocer los costos ambientales ni el agotamiento del patrimonio natural, resulta que es ecológicamente desigual (Pérez-Rincón 2006, 521). Se observa el “desplazamiento de la carga ambiental” en el comercio internacional cuando el centro se expande la periferia paga los costos ambientales (Pérez-Rincón 2006, 525).

#### **1.4. La segunda contradicción del capital**

James O'Connor, planteó que Marx pudo observar los efectos nocivos de las granjas capitalistas en la fertilidad del suelo, pero no consideró que estos métodos pudieran incrementar los costos del capital y de esta manera desencadenar una crisis de subproducción (O'Connor 2001a, 3). O'Connor planteó que la obra de Marx carece de un análisis del vínculo entre capitalismo y la ecología (O'Connor 2001, 9).

En contrario, John Bellamy Foster argumentó que en la obra de Marx existía un pensamiento ecologista, intentó reconstruir el pensamiento ecológico de Marx y elaboró su aporte teórico eco marxista a través de una búsqueda exhaustiva de párrafos de *El Capital* (Foster 2000). Foster argumentó en su obra “Fractura Metabólica” que la historia del modo de producción capitalista se compone de momentos, de rupturas. de “ciclos” en la relación metabólica ser

humano-naturaleza, es decir de la alienación del ser humano respecto a la naturaleza (Foster 2000).

Marx conocía los trabajos de los químicos agrícolas del siglo XIX y, en particular el de Justus von Liebig quien descubrió que la agricultura capitalista industrial a gran escala de Inglaterra, padecía de la pérdida de los nutrientes del suelo, (como nitrógeno, fósforo y potasio) por medio de la exportación de alimentos y fibras a las ciudades. Según von Liebig esta agricultura basada en la propiedad privada era irracional, porque despojaba a la tierra de sus nutrientes y le quitaba su poder productivo, alterando la ley natural de la “compensación” que establecía que los nutrientes extraídos del suelo tenían que ser restaurados, y los trataba como si fueran infinitos. Para suplirlos se recurrió a la importación de guano de Perú y luego a los fertilizantes sintéticos. Marx incorporó los aportes de von Liebig sobre agricultura industrial y los de Roland Daniels en la noción de metabolismo, para representar un problema de sostenibilidad y creó el concepto de “metabolismo social” vinculado al concepto del “metabolismo universal de la naturaleza”(Foster y Clark 2020).

En la década de 1850 Marx estuvo preocupado por la fractura en la reproducción del metabolismo social del capitalismo en el marco de la Segunda Revolución Agrícola y, en los *Grundrisse* destacó cómo la agricultura industrial desplazó a la agricultura sostenible. Marx se basó en la contradicción entre el valor de uso y el valor de cambio para explicar la interacción metabólica entre el hombre y la naturaleza. La crítica de la economía política de Marx, se basó en la contradicción entre el intercambio metabólico y la forma de valor de la mercancía, porque el circuito del valor de cambio depende de la producción y el intercambio de mercancías que incorporan valores de uso natural-materiales. El proceso químico se basaba en un intercambio de equivalentes (naturales), cuya violación significó la expropiación de la naturaleza, en el cual el proceso de valorización estuvo sujeto a las condiciones de la interacción metabólica entre el hombre y la naturaleza. La agricultura industrial y la explotación de la mano de obra, generaron una fractura metabólica, es decir una crisis de la reproducción del metabolismo social (Foster y Clark 2020). En *El Capital* señaló que el proceso de acumulación, apropiación de la naturaleza, conlleva la destrucción ecológica y en el *Manuscrito económico* de 1864-1865, planteó la productividad decreciente de la tierra cuando se realizan sucesivas inversiones de capital. La contradicción se basa en que el metabolismo social con la naturaleza se determina por el valor y la producción se basa en la maximización de la ganancia inmediata; lo cual opuesto a la agricultura sustentable que permita la reproducción de las generaciones futuras y, por lo tanto, la agricultura intensiva puede agotar la fertilidad del suelo. Marx incorporó en su obra los

conceptos de expropiación, enajenación de la tierra, la división entre el campo y la ciudad, la contaminación y la realidad corpórea de la humanidad, como una parte cada vez más alienada de la naturaleza (Foster y Clark 2020).

Aun así, O'Connor planteó que la obra de Karl Marx solo se centró en la relación del capital con el trabajo y, señaló que en su teoría existieron una carencia de vínculos entre el ecologismo y marxismo y, para saldar este vacío, propone las categorías de las “contradicciones” en la relación del capital y la naturaleza que ni Marx ni sus sucesores las habían identificado.

Junto a la “primera contradicción” tradicional en el pensamiento marxista entre el capital y el trabajo, coexistiría una “segunda contradicción” que aborda la relación entre el capital con la naturaleza. O'Connor intentó saldar la deuda dejada por el marxismo clásico mediante la construcción de un nuevo materialismo ecológico-histórico y, con el aporte teórico de la “segunda contradicción”, buscó complementar la concepción histórica del marxismo ortodoxo con la dimensión ecológica como punto de partida para una teoría “marxista ecológica”.

La segunda contradicción de James O'Connor se desarrolla por semejanza y analogía a la primera contradicción entre “las relaciones de producción y las fuerzas productivas capitalistas” por un lado y “las condiciones de producción” por el otro, es decir entre el capital y la naturaleza. O'Connor define tres grandes “condiciones de producción” en el capitalismo: las “condiciones personales de producción” relacionadas con la fuerza de trabajo, las “condiciones naturales externas” relacionadas con la naturaleza, y las “condiciones comunales y generales” relacionadas con la infraestructura física.

La causa de la “segunda contradicción” radica en la apropiación de la fuerza de trabajo, de la naturaleza y de la infraestructura por el capital. El uso autodestructivo de estos por el capital, repercute en los costos de los trabajadores, para mantener su salud física y mental, en los costos de extraer los elementos de la naturaleza, en los costos de mantener las infraestructuras y los bienes públicos, que aumentan cuando los costos privados se socializan. Este comportamiento puede llevar a una crisis de subproducción del capital, provocada por el “lado de los costos” que impone barreras externas a la acumulación, porque los costos de la extracción de la naturaleza aumentarían cuando los costos privados se conviertan en “costos sociales” (O'Connor 1991, 108). La “segunda contradicción” sería el punto de partida de la nueva teoría de la crisis en el marco de un materialismo ecológico-histórico.

Para caracterizar esta “segunda contradicción”, se introduce una nueva categoría que ocupa un lugar central en su propuesta teórica: las “condiciones de producción”, las cuales divide en las tres grandes categorías mencionadas (O’Connor 2001, 4, 5):

- Las “condiciones personales de producción”, es decir la “fuerza de trabajo” y las condiciones de su reproducción, compuesto por el bienestar físico y mental de los trabajadores, la clase y el grado de socialización de los trabajadores, la toxicidad de las relaciones laborales y la capacidad de los trabajadores de afrontarlas. Esto es, los seres humanos como fuerzas productivas en sus dimensiones de seres sociales y organismos biológicos.
- Las “condiciones naturales externas”, que corresponden esquemáticamente a la “naturaleza”, compuesta por la viabilidad de los ecosistemas, los servicios ecosistémicos, la capacidad de carga de las especies, la biodiversidad, la estabilidad de las cuencas y la calidad del suelo, el aire y el agua.
- Las “condiciones comunales y generales”, se analizan en términos del “capital social” y la “infraestructura física”, compuesto por los medios de comunicación, la producción y transporte de energía, la red de agua potable. Es decir, el “capital comunitario” considerado como las condiciones del orden social y cultural conformado por los servicios públicos, la educación, la salud, etc.

La “segunda contradicción” consiste en que, la búsqueda de acumulación ilimitada del capital lleva a una vulneración e incluso destrucción de las mismas condiciones materiales y sociales que hacen posible la acumulación. La fuerza de trabajo humana, la naturaleza y las infraestructuras no se producen ni reproducen de una forma capitalista, pero el capital las trata como si fueran una mercancía, por lo que la relación entre el capital y sus “condiciones de producción” es tanto una relación material como socialmente incompatible (O’Connor 2001a, 7).

En este proceso de mercantilización de las condiciones de producción y de la naturaleza, el Estado media y regula la relación entre el capital y la naturaleza para la reproducción de estas condiciones de producción para el capital “en las cantidades y calidades deseadas, en los momentos y lugares adecuados” (O’Connor 2001a, 7).

### 1.4.1. Aportes de David Harvey en la segunda contradicción

David Harvey utiliza, al igual que James O'Connor, el término contradicción en el capitalismo, el cual es entendido como oposición, contrariedad, antagonismo y/o discrepancia en términos dialécticos. La contradicción dialéctica, es diferente de la contradicción lógica<sup>5</sup>, porque se refiere a polos que son opuestos, y al mismo tiempo, que son correlativos. Harvey plantea la unidad contradictoria entre el capital y la naturaleza; en el sentido que, para el capitalismo, la naturaleza es considerada como una reserva de valores de uso potenciales, los cuales son monetizados, capitalizados, comercializados e intercambiados como mercancías y, de esta manera, se impone la racionalidad económica del capital que divide la Naturaleza y se legitima por el Estado que garantiza los derechos de propiedad sobre ella (Harvey 2014, 245). El aspecto distintivo del siglo XXI es la tasa de crecimiento exponencial de la actividad capitalista, que genera un impacto socioambiental exponencial sobre los niveles de estrés y riesgo medioambientales (Harvey 2014, 248). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) estima que el aumento de la temperatura global alcance o supere los 1.5 °C entre 2021 y 2040 con más del 50% de probabilidad y; se reconoce que en el siglo XXI nos encontramos a punto de cruzar cinco umbrales: el colapso de las capas de hielo de Groenlandia y de la Antártida occidental, la desaparición de los arrecifes de coral de aguas cálidas, la ralentización de las corrientes del Atlántico Norte y el deshielo del permafrost<sup>6</sup> (Boehm y Schumer 2023, 4). El problema en el interior del capitalismo radica en que se puede sobrepasar un umbral de manera irreversible, sin que el problema sea identificado y menos aún resuelto, debido al hábito del capital a externalizar costos, a las incertidumbres y a los efectos no deseados de su acción e inacción (Harvey 2014, 248). El capitalismo enfrenta un desafío, el cual consiste en tratar con éxito estas contradicciones, que atañen a los ámbitos económico, político, institucional e ideológico (Harvey 2014, 250).

Harvey reconoció que las empresas privadas y los individuos privados, motivadas por su propio interés a corto plazo pueden socavar, así como destruir, las condiciones para su propia reproducción (Harvey 2014, 72); en consonancia con las condiciones de producción: personales (trabajo humano), físicas o externas (naturaleza), comunales (infraestructura /comunicación) de O'Connor.

---

<sup>5</sup> En lógica, una contradicción se trata de una incompatibilidad entre dos o más proposiciones.

<sup>6</sup> El permafrost consiste en el suelo de la Tierra que permanece congelado durante al menos dos años consecutivos y se compone por tierra, rocas y sedimentos, amalgamados en un todo por el hielo.

La vulneración de las condiciones personales de producción sucede cuando el patrón explota a sus trabajadores hasta el agotamiento, e incide en un menor rendimiento laboral y por ende una menor creación de valor (e.g. aumento obligado de la intensidad del trabajo más allá de las capacidades humanas razonables), exponer a los trabajadores a condiciones laborales intolerables o muy peligrosas (e.g. exposición a sustancias tóxicas) o en el peor de los casos el trabajador muere y se agotan las posibilidades de producir valor (Harvey 2014, 72, 75, 83). Se ha documentado la vulneración de las condiciones externas, cuando los granjeros capitalistas han agotado la fertilidad de su tierra y acabado con los nutrientes en Inglaterra y con la extracción de petróleo en el mar ha ocasionado derrames con graves impactos ambientales en México (Harvey 2014, 72).

El capital para circular libremente en el espacio y en el tiempo requiere de infraestructuras físicas y entornos construidos que quedan fijados en el espacio (capital hundido en la tierra en forma de carreteras, vías férreas, torres de comunicación, cables de fibra óptica, aeropuertos y puertos, edificios fabriles, oficinas, casas, escuelas, hospitales, etc.). De esta manera el capital físico sostiene el proceso de circulación del capital (Harvey 2014, 85) y, por ello, se debe considerar el valor de uso de la provisión de las infraestructuras físicas y garantizar que la producción y el mantenimiento de los valores de uso físicos por medio de la planificación racional por parte de las colectividades políticas teniendo en cuenta que el capital tiende a vulnerar las condiciones comunales de producción.(Harvey 2014, 88).

#### **1.4.2. Antecedentes de la obra de Karl Polanyi en James O' Connor**

James O' Connor exhibió explícitamente su admiración a la obra de Karl Polanyi, en especial a “La gran transformación” (*The great transformation*) de 1944.

“La obra de Polanyi sigue siendo una luz brillante en un cielo lleno de estrellas moribundas y agujeros negros de naturalismo burgués, neomalthusianismo, tecnocracia del Club de Roma, ecologismo romántico profundo y la visión de un mundo único de las Naciones Unidas” (O'Connor 2001b, 219).

Karl Polanyi, analizó las maneras en que el crecimiento del mercado, el capital financiero y las relaciones económicas capitalistas, fundadas en un reduccionismo occidental, imponían el orden de una sociedad capitalista caracterizado por la desregulación, liberalización y privatización y que afectaban, vulneraban o destruían, sus propias “condiciones” sociales y ambientales e imponían el peligro de reducir a la naturaleza a una simple mercancía (Polanyi 1989 (1944)). Según Polanyi existe un doble movimiento, en el primer movimiento el Estado

desregulado (*laissez faire, laissez passer*) genera una expansión del alcance del mercado y; en el segundo movimiento, denominado contra movimiento protector, se desarrolla la resistencia a los procesos de desarraigo de la economía (Polanyi 1989 (1944)).

Polanyi introduce el concepto de “mercancías ficticias” en el capitalismo como el trato dado al ser humano, a la naturaleza y al dinero y el crédito. El trabajo como la actividad esencial realizada por el hombre y la mujer se divide, la tierra representa la naturaleza fraccionada y el dinero y el crédito se moldea según las necesidades del gobierno de turno (Polanyi 1989 (1944)).

La categoría clave creada por Polanyi fue la de “condiciones de producción”, que según Marx eran tres: personal, externa o natural y general o comunal; según Polanyi solo dos: “tierra y trabajo” y para O’Connor, en sintonía con Marx, tres condiciones: personales, externas y comunales (O’Connor 2001b). En el siglo XXI para referirnos a las condiciones de producción de O’Connor hablaríamos de las condiciones personales como: trabajadores, fuerza de trabajo, fuerza laboral y población económicamente activa; para las condiciones de producción externas como: naturaleza, medioambiente, biósfera, hábitat, ecosistema y entorno natural y; para las condiciones de producción comunales como: capital físico, infraestructura, red de agua potable, red de gas, redes de comunicación, WWW (*World Wide Web*) , espacio público y espacio urbano.

La fuerza de trabajo es producida por los seres humanos en su ejercicio de la paternidad/maternidad; la naturaleza es producida por la geología, la evolución de las especies y la intervención humana y; el espacio urbano es producido por los criterios de la inversión capitalista y por las políticas públicas de los Estados. Polanyi, fue pionero en analizar el tratamiento dado por el capitalismo de las condiciones de producción como “mercancías ficticias” (Polanyi 1989 (1944), 123). En otras palabras, estas tres condiciones de producción no se producen ni se conciben para la venta en el mercado mundial, pero a las tres condiciones el capitalismo las trata como si fuesen mercancías, más precisamente como “mercancías ficticias”. En consecuencia, a las tres condiciones se le asigna un “precio ficticio”: salarios para la fuerza de trabajo y renta de la tierra para la naturaleza y el espacio urbano. En definitiva, termina siendo el Estado y no el mercado quién determina la producción y distribución de las tres condiciones de producción y, en consecuencia, toda teoría de la acumulación capitalista debe poseer una teoría del Estado (O’Connor 2001b).

## **1.5. Líneas temáticas derivadas de la segunda contradicción**

A partir del desarrollo del concepto de la segunda contradicción, surgieron diversas líneas temáticas como: el estudio de las destrucciones de la naturaleza, la mercantilización del trabajo y la naturaleza, los movimientos sociales y los procesos de resistencia, la sostenibilidad del sistema capitalista y el intercambio desigual.

### **1.5.1. Destrucción de la naturaleza**

La fuerza productiva humana presenta una dimensión destructora, que afecta a la naturaleza y a la vida en la biósfera y esta fuerza puede generar crisis ecológicas (Benton 1989). El socialismo real, inspirado en el materialismo histórico ortodoxo, ha sido responsable de destrucciones ambientales<sup>7</sup> (Benton 1989, 51). La crítica aplica tanto al modo de producción capitalista, como al socialista, dado que ambos comparten la creencia de que, por medio del productivismo, se alcance el crecimiento ilimitado industrial apoyado en el avance de la tecnología (Benton 1989, 52).

Cuando la naturaleza se encuentra abierta a la explotación, de manera ilimitada, gratuita, como “cosa de nadie” (*u res nullius*) no se observa el conflicto entre la sociedad capitalista y la naturaleza, pero la crisis surge cuando emergen los límites de la naturaleza y sus costos se hacen evidentes (Parlato y Ricoveri 1993a, 118).

El concepto de “la segunda contradicción del capitalismo” implica la existencia de un conflicto, letal y suicida entre la sociedad capitalista y la naturaleza (Parlato y Ricoveri 1993, 117).

Rachel Carson alertó sobre el uso indiscriminado de pesticidas en la agricultura moderna, que ha sido origen de efectos nocivos en la salud humana y la pérdida de fauna e insectos (Carson 1962). Las especies y los seres humanos se han adaptado al medio a través de un proceso de selección natural que operan en una escala de millones de años y, en consecuencia, a la humanidad le afectan las mismas influencias ambientales que controlan la vida de muchas otras especies, con la que el ser humano está relacionado por medio de vínculos evolutivos con la vida (Carson 1962). La humanidad se ve en la obligación de proceder con precaución y prudencia, al llevar a cabo procesos complejos que impliquen cambios fundamentales en los ecosistemas, ya que si se introducen nuevas sustancias químicas y sintéticas, que no son producto de una larga evolución, se puede condenar el futuro de la humanidad y el de otras especies (Carson 1962). La megaminería del siglo XXI, que usa metales pesados y químicos en

---

<sup>7</sup> En la era soviética el Mar de Aral, en los actuales países de Kazajistán y Uzbekistán, redujo su tamaño original al 10% cuando se desviaron sus ríos afluentes en base a un criterio productivista, para la irrigación de los cultivos de algodón.

grandes cantidades y que excreta materia tóxica a perpetuidad, puede afectar a la vida de las especies, de las comunidades y de la humanidad.

El trabajo produce valores de uso, es decir mercancías para satisfacer necesidades, y valores de cambio, para el intercambio de mercancías. Existe un conflicto de valores entre valores de uso y valores de cambio entre las comunidades y las empresas mineras. Las comunidades amazónicas han utilizado el criterio de los valores de uso, han tomado del entorno natural lo necesario para su sustento y han conservado la herencia de biodiversidad. En contraposición, las empresas trasnacionales megaminerías y el Estado ecuatoriano utilizan el criterio de los valores de cambio, y proceden a la mercantilización de la naturaleza y de los minerales, desatendiendo a la complejidad de las interrelaciones de sus partes.

La Amazonía fue considerada como una frontera para la acumulación del capital de intereses internos como a intereses foráneos que son impuestos (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 50). Se registraron en la década del 1970, en la Amazonía brasilera inversiones para abrir los bosques y crear pastos y se quemaron y talaron vastas extensiones de bosques (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 65). A medida que se crean nuevas oportunidades para la acumulación del capital por cambios del uso del suelo en la selva amazónica, se observa un daño colateral la tala de la selva en grandes extensiones, registrándose en Brasil una tala promedio de 22.091 Km<sup>2</sup> por año entre 2000 y 2004 (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 68).

Los estudios del sistema-mundo sobre el medio ambiente vinculan las condiciones ambientales globales y la historia del desarrollo global y tratan temas como: la degradación ambiental, los recursos naturales, el cambio social a largo plazo y las formas de activismo ambiental (Bartley y Bergesen 1997, 377). En las dinámicas del sistema mundial movilidad aborda temas como: movilidad ascendente en la semi periferia, crecimiento evolutivo y transformación de los sistemas mundiales, y acción estatal en un sistema mundial jerárquico (Bartley y Bergesen 1997, 377). Incorporar el medio ambiente a la investigación del sistema-mundo a través de análisis del proceso histórico socioecológico, admite el reconocimiento de una base material que es a la vez ecológica como económica (Bartley y Bergesen 1997, 377).

### **1.5.2. Mercantilización de las relaciones capital-trabajo y capital-naturaleza**

Las actividades humanas de industrialización (y extracción) y la naturaleza han sido cosificadas (Parlato y Ricoveri 1993, 118). En la relación capital-naturaleza predomina, desde la ciencia, un abordaje basado en una visión estática, limitada, estrictamente, cuantitativa, con un sesgo economicista (Parlato y Ricoveri 1993, 118). Los movimientos políticos, basados en la

reducción de la relación capital-trabajo en términos cuantitativos, no buscaron abolir la relación capital-trabajo asalariado, sino que solo se enfocaron en mejorar las condiciones laborales (Parlato y Ricoveri 1993, 118).

La mercantilización de la naturaleza se hizo evidente en la agricultura industrial, con un notable incremento de los costos por el consumo de combustibles fósiles, en la pérdida de la fertilidad del suelo que y en la mercantilización de las variedades de biodiversidad de las especies (Alier 1993).

Según Vizia, es necesaria la construcción de una nueva teoría del valor que contemple la valoración y la internalización de las externalidades como la valorización de los bienes no renovables, la amortización de los bienes no renovables y los efectos de la contaminación de las excretas en la biosfera, etc. (Vizia 2010, 6, 11). En este sentido Joan Martínez-Alier, Enrique Leff y Alain Lipietz creen que es necesaria la creación de una teoría del “valor sustentable”(Vizia 2010, 6). En el proceso de valoración y mercantilización de la naturaleza no se resuelve la diferencia de la escala temporal, como la evolución natural de las especies y los procesos fisicoquímicos geológicos (Vizia 2010, 11).

La relación capital-naturaleza de “la segunda contradicción”, fundada en un abordaje reduccionista y en términos cuantitativos, implica que se está mercantilizando la naturaleza (e.g. “capital natural”); proceso en el cual, las malas condiciones de la naturaleza degradada separan a las personas de sus condiciones naturales de la existencia. Esto ocasiona una disminución de los valores humanos básicos y degradan la vida, y en consecuencia genera una desorientación social, dónde las personas han perdido la noción de sus vidas y la vida se torna más inhumana (Parlato y Ricoveri 1993, 119).

Aceptar que “somos naturaleza” implica reconocer que la humanidad está recuperando el propio sentido de nosotros mismos y las posibilidades de vida (Parlato y Ricoveri 1993, 119). El peligro redunda en reducir la segunda contradicción entre capital y naturaleza a otro conjunto de relaciones cuantitativas como: “precios de la naturaleza, impuestos y subsidios ecológicos, “capital natural”, “precios sombras”, “externalidades”, etc. (Parlato y Ricoveri 1993). Existe la necesidad de un análisis menos esquemático y simplificado de la segunda contradicción en relación a la primera. La actividad económica necesita ser definida en términos cualitativos con sus atributos particulares, en la que se incluya los hábitos, prácticas y costumbres, las relaciones culturales y el entorno antropológico; y, la naturaleza y los ecosistemas deben ser definidos como movimiento y cambio, en términos también cualitativos.

La globalización y la colonización europea del siglo XVI por portugueses impuso la mercantilización de la naturaleza de la Amazonía en la búsqueda de especias (*drogas de sertão*) y aceites animales y, entre 1870 y 1910, se mercantilizó el caucho. Estas actividades económicas no establecieron las bases de una economía capitalista, pero sí la acumulación previa de riqueza en condiciones no capitalistas por medio del uso de la fuerza, el fraude, la opresión y el saqueo (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 51).

Marx argumentó que la acumulación capitalista requiere tanto de la existencia de la producción de plusvalía como de una clase de trabajadores asalariados, como así también de la división del trabajo, la existencia mercados y el estado de derecho, etc. Sin embargo, para llegar a este nivel de producción y acumulación capitalista es requisito una acumulación original y, del divorcio entre el productor y los medios de producción, es decir que se necesita de la transformación del trabajador en trabajador asalariado (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 53). Los trabajadores son hombres y mujeres libres en dos dimensiones: son libres a diferencia de los esclavos y los siervos y; son libres de los medios de producción requeridos para producir y, como consecuencia, deben vender voluntariamente su fuerza de trabajo para sobrevivir (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 54).

David Harvey desde el análisis del materialismo histórico-geográfico considera la categoría de “acumulación originaria” para analizar las dislocaciones de las poblaciones y la privatización de los bienes comunes por medio del fraude, pillaje o el desarraigo violento (Harvey 2011). Harvey también acuñó el concepto “apropiación por desposesión” para analizar procesos en curso, considerando la persistencia de las prácticas depredadoras de la acumulación “primitiva” u “original” de Marx (Harvey 2011). La apropiación por desposesión se compone de una amplia gama de procesos: como la mercantilización de la tierra, la expulsión forzada de poblaciones, la supresión de bienes comunes y el rol del Estado en el ejercicio de la violencia y en dictar leyes para transformar los derechos de propiedad (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 57).

En la Amazonía existieron desde siglos formaciones socioeconómicas no capitalistas los cuales fueron afectadas por el rol del Estado en las transformaciones sucedidas entre los siglos XIX hasta el XXI. La expansión de los proyectos de infraestructura y colonización, combinado con los incentivos fiscales para la producción agrícola de las décadas de 1960 y 1970, sentaron las bases para una acumulación capitalista en la Amazonía (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 51). Los períodos de expansión capitalistas en la Amazonía requirieron de trabajadores y del acceso a tierras ocupadas por campesinos, comunidades indígenas, con el fin de garantizarse el

derecho de propiedad y el control total de la tierra para la extracción de caucho, madera, producción agrícola, ganadera o minería (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 59).

Se han registrado procesos de “acumulación por desposesión” en los sucesos históricos de expulsión de las personas de la Amazonía, por medio de la violencia o el fraude para hacer posible la acumulación capitalista (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 59). En la Amazonía brasilera en la década de 1970 se registraron nuevos parones de uso del suelo, se introdujo la ganadería no solo para crear pastos donde había bosques, sino para apropiarse de la tierra como mercancía o como capital para obtener rentas y ganancias asociadas a los incentivos, subsidios y variaciones del precio de la tierra (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 65). A finales de la década de 1980 los patrones de producción de la región comenzaron a cambiar, registrándose una agricultura capital intensiva en el cultivo de soja transgénica y la expansión de la ganadería, ambas con fuertes vínculos con el capital extranjero (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 69).

### **1.5.3. Alianzas, regulación y procesos de resistencia**

Es más fácil regular la primera contradicción que la segunda contradicción (Parlato y Ricoveri 1993a, 120). Al regular la primera contradicción mediante la “teoría Keynesiana” y “el reformismo” se reguló con éxito el capitalismo, en la dirección de buscar una mayor equidad e igualdad con la mejora del trabajo asalariado, pero se ha creado mayor rigidez en el mercado laboral sin abolir la contradicción trabajo-salario del capital en sí misma (Parlato y Ricoveri 1993a, 120).

La conciencia de la segunda contradicción interpela a la necesidad y búsqueda de realizar alianzas entre sectores muy diferentes, con diferentes formas y diferentes trayectorias políticas (e.g. temas de género, minorías oprimidas, pacifismo en contra de nacionalismos belicistas, migrantes, refugiados ambientales, etc.) y, por ello, es mucho más difícil regular la segunda contradicción (Parlato y Ricoveri 1993a, 119, 120). Aun así, existen ejes paralelos, aunque superpuestos, de problemas y luchas donde emergen las diferencias entre las clases trabajadoras afectadas por la primera contradicción y los afectados por la segunda contradicción, por lo que al analizar los problemas de la naturaleza se cuestionan los viejos puntos de vista de la cuestión del trabajo.

Ningún grupo, clase o facción puede reunir la fuerza para enfrentar al capital en la naturaleza, junto a otras reivindicaciones (e.g. trabajo, género y lugar, etc.) simultáneamente. Estamos ante el surgimiento de un nuevo ciclo de conflicto social, político y cultural, el cual producirá sus

propios sujetos, sus propias articulaciones y sus nuevas formas organizativas (Parlato y Ricoveri 1993, 121). Es útil discutir el concepto de la “transición” y los “objetivos de transición” en aquellas luchas dirigidas a lograr un cambio fundamental, pero los cambios no se darán de forma voluntaria, sino que será el resultado de una acción colectiva (Altvater 2006, 361).

La destrucción de la selva en la Amazonía, como la deforestación, es el resultado de transformaciones históricas provocadas por el capital nacional y extranjero y por las políticas activas de los Estados; que solo puede frenarse por la presión de los movimientos sociales y sus movilizaciones, que exijan la aplicación de las leyes de conservación por parte de los gobiernos y que interpelen a la conciencia de la población global, para ir hacia una verdadera sostenibilidad, en contraste con la alternativa del fin de la selva amazónica, de carácter irreversible (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 68).

Según O’Connor, las luchas de los nuevos movimientos sociales pueden tomar tres estrategias: la primera anarquista, que consiste en rechazar al Estado y crear referentes con autoridad local como líderes y lideresas; la segunda reformista, se basa en reformar el estado democrático liberal y; la tercera radical, se trata de una profundización democrática del Estado y de los organismos internacionales (BM, FMI) y, en otras palabras, representa democratizar los lugares trabajo, los sindicatos, la comunidad, el aparato administrativo del Estado y los organismos internacionales, lo cual implica la rendición de cuentas de los mismos (O’Connor 2001b). Para crear nuevos tipos culturales es necesario revisar, además de los intereses de las personas y los derechos individuales y colectivos, el concepto de “deseo”, en el cual se encuentran las aspiraciones de la humanidad basadas en el individualismo extremo, la codicia y la mercantilización de todos los aspectos de la vida o en la equidad, la solidaridad y el respeto de los demás seres humanos, especies y ecosistemas (O’Connor 2001b; Falconí 2017).

#### **1.5.4. Sostenibilidad y sustentabilidad del capitalismo**

El informe Brundtland, denominado “Nuestro Futuro Común” (*Our Common Future*), fue publicado en 1987 para las Naciones Unidas y, tuvo como antecedente a la obra “Lo pequeño es hermoso” (*Small is beautiful*) de Schumacher (1989). En dicha obra se acuñó el concepto de “desarrollo sostenible”, debido a que economía moderna era insostenible y la resistencia y recuperación de la naturaleza a la contaminación era limitada. Como alternativa propuso considerar la “tecnología adecuada”, como aquella que considere los aspectos

medioambientales, éticos, culturales, sociales y económicos de la comunidad en cuestión (Schumacher 1989).

El concepto del “desarrollo sostenible” tiene un vínculo con el suficientismo<sup>8</sup> que surgió en contraposición al estilo de vida basado en el consumo desmedido. En el informe Brundtland se confrontó a la idea del desarrollo económico, basado en un crecimiento económico al infinito, con el de la sustentabilidad ambiental. El concepto de “desarrollo sostenible” o “desarrollo duradero”, implica “asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Brundtland 1987, 23), de modo “de reconocer y proteger los derechos de la generación presente y de las generaciones futuras a un medio ambiente adecuado para la salud y el bienestar”(Brundtland 1987, 35, 36). La propuesta del desarrollo sostenible se basa en una visión reduccionista y economicista de la naturaleza (Escobar 2017), en la cual se pretende combatir la pobreza y los problemas ambientales por medio del avance tecnológico, la cooperación entre los pueblos y la expansión de los mercados (Dias y Tostes 2009, 5, 7). Desde su creación, se ha venido interpelando a las naciones a aplicar el concepto de “desarrollo sostenible” como política de Estado.

El concepto del “desarrollo sostenible” no es una solución al problema de “la segunda contradicción”, porque la idea de sostenibilidad, en la visión de la teoría neoliberal, implica la explotación comercial total de la naturaleza entendida como “capital natural”, en el cual el aire, el agua y la tierra se convierten en mercancías en condiciones de mercados oligopólicos (Parlato y Ricoveri 1993). La liberación de hombres y mujeres presupone la liberalización de la naturaleza, desmercantilizando el medio ambiente, y eliminando la noción de “capital natural” de los atributos del medio ambiente.

Según O’Connor, el término “sostener” puede tener interpretaciones ambiguas y se desarrolla en el marco de una disputa en el uso de los conceptos de “desarrollo sostenible” o de “capitalismo sostenible” y, tal ambigüedad significa que el uso del término “sostenibilidad” es un tema de disputa ideológica y política, más que un problema ecológico y económico (O’Connor 1994, 28).

O’Connor utiliza el concepto “sostener” y “sostenibilidad” en los cuatro sentidos indicados: 1) “sostener o mantener el curso de la acumulación capitalista a escala mundial”, 2) “proporcionar los medios de vida a los pueblos del mundo, 3) “sostenerse y persistir sin ceder por parte de

---

<sup>8</sup> El suficientismo, (*enoughism*), se basa en que, a partir de un determinado umbral, el consumidor posee todos los bienes que necesita y cualquier compra adicional empeorará su calidad de vida en lugar de mejorarla.

aquellos cuyas formas de vida están siendo subvertidas por las relaciones de explotación salariales y mercantiles”, 4) la “sostenibilidad ecológica” donde están presentes los criterios de la biodiversidad, capacidad de carga<sup>9</sup>, conservación de las especies y de preservar la “salud del planeta” (O’Connor 1994, 28). Si se aceptan estas cuatro definiciones de sostenibilidad, el capitalismo no es sostenible porque este tiende a la destrucción de la naturaleza y a la crisis y a la exclusión de las personas quienes no soportarán la crisis de manera indefinida (O’Connor 1994, 29).

### **1.5.5. Intercambio ecológico y económico desigual**

El avance científico y tecnológico moderno implica un juego de suma cero en la sociedad global (Hornborg 2011). La tecnología permite generar ganancias que se traducen en ahorro de tiempo y espacio y, este ahorro en unas partes del mundo es posible generarlo por el gasto o pérdida de tiempo y espacio en otras (Hornborg 2011). En otras palabras, para que la población más rica del planeta gane, es necesario realizarlo a expensas de que otra parte de la sociedad con menos recursos pierda. En consecuencia, se generan transferencias desiguales de recursos de las zonas más pobres a las más ricas del planeta (Hornborg 2011). La tecnología fruto del avance científico tecnológico y del progreso humano se encuentra desigualmente distribuida y; se encuentra dentro del paradigma de la complejidad, en el que se entrelazan factores económicos, sucesos históricos, hechos políticos y eventos ambientales. Dado que la tecnología se encuentra atravesada por temas de poder e inequidad, existen dudas y preocupaciones en que esta permita alcanzar la sostenibilidad global (Hornborg 2011). La tecnología implica la transferencia de activos entre los países, alentando la generación de riquezas en algunas regiones del centro y, como contrapartida, impone restricciones laborales y degradaciones ecológicas en la periferia (Hornborg 2011).

La globalización surgió como una extensión creciente de los procesos materiales, los cuales fueron integrados metódicamente a un espacio de acumulación del capital mayor (Bunker y Ciccantell 2005). La carrera por los recursos hizo que países como, Gran Bretaña, Estados Unidos y Japón, Países Bajos y Portugal, logaran el dominio comercial del acceso a las materias primas, por medio de tecnologías, instituciones sociales, instituciones financieras y mercados (Bunker y Ciccantell 2005).

---

<sup>9</sup> La capacidad de carga es definida en términos de las necesidades de una especie considerada y el resto del ecosistema del que esa especie podría depender (O’Connor 1994, 28).

Los países centrales en su interés de producir bienes con tecnología incorporada, presentan requerimientos de minerales extraídos en las periferias del sistema-mundo. De esta manera aprovechan los minerales de la periferia (como la Amazonía), donde se extrae ingentes cantidades de materiales, y se consumen grandes cantidades de agua y energía, mientras se acumulan pasivos ambientales, riesgos e incertidumbre para las poblaciones y ecosistemas de la periferia.

Las economías extractivas y exportadoras de la cuenca del Amazonas se organizaron en modos locales de extracción constituidos en respuesta a las demandas del sistema mundial, en torno de productos específicos en diferentes momentos históricos (Bunker 1984). Como resultado, las economías extractivas y exportadoras difirieron de las economías productivas y, por lo tanto, se observaron significativas diferencias en las infraestructuras, en las poblaciones y su demografía y en la ecología de sus ecosistemas (Bunker 1984).

Se observa el dumping ecológico, que ocurre por la venta de materias primas a un bajo costo, las cuales no tienen internalizados los costos de los impactos sociales y ambientales ocasionados por de la degradación ambiental.

#### **1.6. Ampliación de la segunda contradicción**

El concepto de “la segunda contradicción del capital” de James O’Connor ha sido depurado en la presente investigación. Para ello se toma en cuenta un sector extractivo como el sector megaminero ecuatoriano, representado por dos proyectos: Fruta del Norte y Mirador, cuyos impactos no solo se observan en el tiempo actual, sino que se los pueden avizorar en el tiempo futuro, como procesos extractivos cargados de incertidumbres que no estaban previstas. Por ello se utiliza el abordaje teórico de la economía ecológica y el marxismo ecológico-histórico y se examinan y discuten los efectos potenciales a partir de información actualizada de los sucesos de derrames que ha ocurrido en el sector minero en otros sitios del planeta.

La contribución teórica de esta tesis doctoral se basa en:

- Ampliar el concepto de la “segunda contradicción del capital” de James O’Connor; cuyo concepto ha sido depurado y mejorado;
- Presentar una nueva teoría de la crisis que vincula el metabolismo social intangible, representado por el deseo de consumismo y de obtener y acumular ganancias, de las generaciones presentes, con el metabolismo social físico y la acumulación de materia tóxica al presente y futuro.

El concepto de “la segunda contradicción del capital” de James O’Connor presenta límites que no permiten conocer los fenómenos de la extracción megaminera a cabalidad, en el cual es preciso introducir aportes teóricos que tengan mayor alcance para un conocimiento profundo de proyectos de extracción minera en zonas sensibles.

La incertidumbre es un tema que se encuentra ausente en el aporte de “la segunda contradicción de James O’Connor y sus sucesores y, en la presente investigación se la considera como aporte. A la sociedad del riesgo (Beck, Alborés Rey, y Beck 2002) le ha sucedido la sociedad de la incertidumbre (Bauman 2008).

Las decisiones económicas tomadas por los agentes económicos pueden suceder en una de las tres situaciones mutuamente excluyentes: el estado de probabilidad objetiva, el estado de probabilidad subjetiva y el estado de verdadera incertidumbre (Pi Anguita 1997, 1). En el estado de la probabilidad objetiva, se considera que la información estadística pasada es relevante para pronosticar el futuro y, de esta manera, el pasado representa una guía insesgada y fiable del futuro (Pi Anguita 1997, 1).

El “riesgo objetivo” surge del fruto del análisis de las probabilidades a partir de premisas, experimentos aleatorios, cálculo de frecuencias y datos históricos (Rivera Berrío 2007, 16). En situaciones de riesgo objetivo se predice el futuro en base a condiciones de causa y efecto conocidas y, para que sea viable la predicción, se requiere conocer las probabilidades de los diferentes resultados posibles (Rivera Berrío 2007, 23).

En el estado de la probabilidad subjetiva, la mente de la persona y la experiencia individual gobiernan los resultados futuros, dado que la persona evalúa las posibilidades y asigna los valores de acuerdo a los hechos previos que conoce (Pi Anguita 1997, 1). De esta manera, el “riesgo subjetivo” sucede cuando las premisas no se cumplen (Rivera Berrío 2007, 23). El supuesto tácito de las expectativas racionales, para que esta hipótesis proporcione una teoría de formación de expectativas sin errores persistentes, implica: la confluencia de las funciones de probabilidades subjetivas y objetivas y que estas funciones se deduzcan de procesos estocásticos “ergódicos”<sup>10</sup> (Pi Anguita 1997, 1). Si un proceso estocástico es estacionario, pero no ergódico estamos en el mundo de incertidumbre (Pi Anguita 1997, 1).

---

<sup>10</sup> La definición, un proceso estocástico ergódico se basa en que las medias calculadas a partir de observaciones pasadas, no pueden diferir persistentemente de su media de acontecimientos futuros a largo plazo (Pi Anguita 1997, 3).

La incertidumbre se asocia a la ignorancia o a la falta de conocimiento del futuro, puesto que no se conoce, en sí misma, una posible distribución de probabilidades (Rivera Berrío 2007, 23) y, no existe una base científica sobre la cual que establecer cualquier probabilidad calculable (Pi Anguita 1997, 1).

La ciencia se encuentra en la situación de distinguir entre diferentes niveles de incertidumbre: la incertidumbre a nivel técnico que tiene que ver con la inexactitud, la incertidumbre a nivel metodológico que se relaciona con la no confiabilidad, y la incertidumbre a nivel epistemológico que corresponde a la ignorancia (Funtowicz y Ravetz 2000, 34).

La incertidumbre, según la corriente fuerte, es el complemento del grado de conocimiento sobre un evento y, de esta forma, representa lo que desconocemos para que nuestro conocimiento sea completo (Rivera Berrío 2007, 23). Ante la presencia de incertidumbre, las estadísticas pasadas no son una guía del futuro, porque entre el momento de la toma de la decisión y el futuro aparecen nuevos acontecimientos impredecibles que no se han sucedido en el pasado (Pi Anguita 1997, 1), como por ejemplo el efecto del cambio climático en los patrones de las lluvias futuras. Ante la presencia de incertidumbre existe la duda y, por ello, no se puede predecir en la ignorancia y no se pueden tomar decisiones en lo desconocido (Rivera Berrío 2007, 23).

Existe una distinción entre la incertidumbre epistémica y la aleatoria. La incertidumbre epistémica, asociada a la corriente débil, puede reducirse con más investigación científica, mientras que la incertidumbre aleatoria seguirá siendo confusa independientemente cuanta investigación se invierta en el tema (Renn 2005, 28–30). La incertidumbre aleatoria se basa en el desconocimiento del futuro y, por medio de modelos estadísticos, se busca predecir los escenarios futuros, pero no se tiene certeza de cual escenario ocurrirá (Rivera Berrío 2007, 23).

La economía ecológica analiza los problemas de la economía desde el abordaje de los sistemas complejos, caracterizado por: la evolución de las economías, en el proceso de “llegar a ser”, en el cambio estructural, en la aparición de la novedad, en los mecanismos de retroalimentaciones en los distintos niveles de las jerarquías dentro del sistema y, de esta forma, estas características garantizan la presencia de incertidumbre (Ramos-Martín 2004, 11).

En la propuesta de la Ciencia Posnormal propuesta por (Funtowicz y Ravetz 2000, 34), se aborda la progresión de la incertidumbre en grados sucesivos ascendentes, se destaca a la incertidumbre en un grado supremo, es decir una forma extrema de incertidumbre, que raya en la ignorancia. Los nuevos problemas ambientales son variables, acumulativos, de escala global

y con impactos de larga duración en el tiempo y, en suma, la incertidumbre presente no puede ser tratada mediante técnicas matemáticas o computacionales estándares no comprobables (Funtowicz y Ravetz 2000, 34).

Teniendo en cuenta que los poderes de la ciencia presentan amenazas a la supervivencia de la humanidad, la incertidumbre debe ser tratada de manera efectiva, considerando: las incertidumbres éticas, el peso de la prueba y los principios de prudencia y de precaución (Funtowicz y Ravetz 2000, 34). La ciencia se encuentra en la disyuntiva de replantear sus metas, en este sentido en vez de buscar la verdad y de conquistar la naturaleza, deberá tratar a la incertidumbre de manera adecuada y desarrollar nuevos métodos para que la ignorancia sea usable y de buscar una relación armoniosa entre la humanidad y la naturaleza (Funtowicz y Ravetz 2000, 30, 31).

En el análisis de los proyectos mineros se busca gestionar el riesgo de sismos o precipitaciones (Entrix Inc. 2016g; Entrix Inc. 2016d) de una manera “artificial”, por medio de análisis de probabilidad, creando una concepción de “falsa certidumbre” de los eventos futuros. La incertidumbre en este caso puede ser de tipo “sistémica” porque la comprensión o gestión de esta realidad es inherentemente compleja (Funtowicz y Ravetz 2000, 7) y por lo tanto la incertidumbre es inherentemente alta, de carácter irreducible, por eventos que no se conocen como los efectos del cambio climático en las futuras precipitaciones o la intensidad de los futuros sismos (Funtowicz y Ravetz 2000, 34). La incertidumbre en este caso puede ser de tipo “epistemológica o ética”, o cuando las decisiones en juego reflejan propósitos conflictivos entre las partes interesadas (Funtowicz y Ravetz 1993, 12), como lo representa el conflicto de intereses entre las empresas mineras, los accionistas, los trabajadores y las comunidades aledañas.

Los problemas ambientales son complejos, novedosos y variables, con escalas que pueden ir de lo local a lo regional y global y, con impactos de larga duración en el tiempo (Funtowicz y Ravetz 1993, 31). La extracción megaminera puede desencadenar procesos de vulneración de las condiciones naturales de producción que generen impactos sociales y ambientales a diferentes escalas.

La sociedad industrial estuvo caracterizada por más de doscientos años por el riesgo externo, entendido como el riesgo de que ocurran sucesos que pueden afectar a los individuos desde afuera, de forma inesperada; y como ocurren con regularidad y frecuencia en una población,

son predecibles y susceptibles de asegurarse por las empresas de seguros privadas y por la seguridad pública del Estado de bienestar (*welfare state*) (Giddens 1998, 522, 523).

El fin de la naturaleza se refiere a que existen actualmente pocos aspectos del mundo físico que no han sido intervenidos por la humanidad (Giddens 1998), se han explorado todos los continentes y la cantidad de materia creada por la humanidad ha superado a la creada por la naturaleza. El fin de la tradición implica renunciar a que varios aspectos de la vida los establezca la tradición como destino (e.g a una mujer es obligada por tradición a que su destino es que sea madre) y a que la tradición establezca qué hacer ante diferentes escenarios; de manera que el individuo debe ser más activo y arriesgado en sus decisiones. Una sociedad que vive después de la naturaleza y después del fin de la tradición es una sociedad en transición del riesgo externo al riesgo manufacturado (*manufactured risk*) (Giddens 1998, 522).

El riesgo manufacturado se trata de un tipo de riesgo creado por el avance de la ciencia y la tecnología, es decir por la evolución del conocimiento y del desarrollo humano. En este tipo de riesgo manufacturado la historia pasada brinda escasa o nula experiencia previa, no se pueden identificar los riesgos y tampoco es posible calcularlos (Giddens 1998, 522). La ciencia y la tecnología son capaces de crear y disipar incertidumbre, pero la diferencia radica en que la incertidumbre que crea no puede resolverse con más avance científico (Giddens 1998, 522).

El riesgo manufacturado incide en la vida de una sociedad y de cada uno de sus miembros. Las nuevas tecnologías afectan nuestras vidas, originando una revisión de las formas establecidas de hacer las cosas (e.g. *Chernobyl* y la energía nuclear, la minería y las presas de relaves) (Giddens 1998, 523). En el contexto del riesgo manufacturado el futuro se torna difuso, ya no se trata de una línea recta, sino de una variedad borrosa de “escenarios futuros” (Giddens 1998, 523). Al alterar el medio ambiente por el modo de vida consumista, muchos hábitos o innovaciones supuestamente benignos pueden volverse contraproducentes (e.g. consumismo, desastre nuclear de *Chernobyl* y colapsos de las presas mineras) (Giddens 1998, 523).

La aceleración de los procesos de la “vulneración de las condiciones naturales” de la “segunda contradicción” no fue tratado por James O’Connor ni sus seguidores y se propone considerarla. Un derrame de materia tóxica de los proyectos extractivos, localizados en ecosistemas frágiles y sensibles, pueden ocasionar una aceleración violenta de la vulneración de las “condiciones naturales” de producción. Esto implica la afectación acelerada de los ecosistemas, con el deterioro precipitado de su capacidad de carga y de su capacidad de recuperación - resiliencia, y la afectación acelerada de los ciclos vitales de las cuencas y de reproducción de las especies.

Un derrame de materia tóxica de magnitud también puede afectar a las “condiciones naturales de producción” en diferentes escalas temporales (desde el momento presente hasta una década, un siglo, un milenio o más de 10 000 años).

**Tabla 1.1 Incertidumbre y aceleración de la segunda contradicción del capital**

Contradicción	Condiciones de producción	Año de derrame de materia tóxica en los ecosistemas				
		t	t + 10	t + 100	t+1000	t >10 000
Primera: capital y trabajo	Sociales	Socavamiento de las condiciones sociales.				
Segunda: capital y naturaleza	Naturales	Incertidumbre en el socavamiento de las “condiciones naturales de producción”. Vulneración acelerada de las “condiciones naturales de producción” en procesos acumulativos e irreversibles.				
Tercera: capital e infraestructuras sociales	Comunales	Socavamiento de las condiciones comunales.				

Elaborado por el autor en base a O’Connor (2001).

*Nota:* (t) representa el año en tiempo presente.

Existe un problema inter generacional, al trasladarle a las futuras generaciones el cuidado de los pasivos ambientales, como las presas y depósitos que contienen los relaves<sup>11</sup>. Los deseos de consumo y de acumulación de la ganancia de las generaciones presentes, y la codicia de los capitalistas en acumular capital (Falconí 2017) implica, una extracción minera a gran escala en la cual se le traslada a las generaciones futuras las responsabilidades del cuidado de los pasivos ambientales, así como las obras de mantenimiento y las tareas de control. Las generaciones futuras deberán asumir la incertidumbre sobre la estabilidad y seguridad de las presas de relaves en el tiempo. La incertidumbre crece con el transcurso del tiempo por la ley de la entropía, que se expresa en el desgaste de los materiales de las presas, sumado a factores de riesgo naturales y humanos.

<sup>11</sup> Al residuo minero se lo denomina “relaves” y en inglés “*mining waste*” (desechos mineros), el cual incluye a otros tipos de residuos como los rios de lixiviación de estériles y los residuos de flotación denominados en inglés “*tailings*” (colas). Los relaves se encuentran conformados en su mayoría por roca molida y agua, pero también contienen los químicos aplicados en el proceso de beneficio y partículas de metales pesados. Un “depósito de relaves” es una obra de ingeniería diseñada para aislar los relaves del ecosistema circundante, son las obras de ingeniería más grandes realizadas por la humanidad (ICOLD 2001) y se utiliza como sinónimo el término “relavera”. Para referirse a los “pozos de relave” o “estanques de relaves” en los países de habla inglesa, se utilizan los términos “*tailing pond*”. En los “depósitos de relaves”, los residuos mineros son separados del medio ambiente por uno o más diques o presas. Las “presas de relaves” son presas artificiales, hechas de tierra o roca con cemento, para formar una barrera y contener los relaves. Se suele usar como sinónimos de “presas de relaves” los términos “represa de relaves” o “tranques de relaves” y en el habla inglesa “*tailing dam*”. A los “depósitos de relaves”, entendido como las instalaciones para el almacenamiento o manejo de relaves, en la lengua inglesa, se les denomina “*tailing storage facility*” con la sigla TSF (instalación de almacenamiento de relaves) o “*tailing management facility*” con la sigla TMF (instalación de gestión de relaves) (van Teijlingen 2019; Emerman 2019; Emerman y Kamp 2023).

Las generaciones presentes realizan una elección entre extraer minerales o dejarlos bajo tierra en los ecosistemas. En el caso de optar por la extracción, las generaciones futuras deberán realizar una elección entre: realizar las tareas de mantenimiento y control de las presas de relaves, o ser indiferentes y no realizarlas. Esto conlleva a un problema ético que interpela a las acciones de las generaciones presentes y futuras y a la propia naturaleza humana (Funtowicz y Ravetz 2000, 43).

La minería se puede clasificar en actividades extractivas *prohibitivas*, *discutibles* y *posibles*, en base a los impactos ambientales y sociales y los beneficios generados al conjunto de la sociedad (Gudynas 2011, 201, 202). En base a Gudynas (2011), se puede clasificar al extractivismo minero en tres categorías diferenciadas: El primer caso lo representa el “*extractivismo depredador*”, que se caracteriza por un metabolismo social intenso en el que se consumen grandes cantidades de materia y energía y se excreta grandes cantidades materia tóxica al territorio, ostenta una gran ocupación territorial y geográfica, sus impactos socioambientales son extendidos y los beneficios al conjunto de la sociedad son escasos (e.g. megaminería a cielo abierto y la megaminería subterránea) y es un elemento desestabilizador de las democracias (Gudynas 2011, 199; Gudynas y Alayza 2012, 216). El segundo caso lo representa el “*extractivismo sensato*”, en el que se cumplen con las normativas ambientales y sociales, el Estado realiza controles rigurosos y periódicos, se utiliza la mejor tecnología para reducir los impactos socioambientales y se internalizan los efectos en los precios y en los costos, vía impositiva se redistribuyen los beneficios al resto de la sociedad, y se realizan transformaciones culturales hacia un modelo de consumo austero (Gudynas 2011, 199, 200; Gudynas y Alayza 2012, 222). El tercer y último caso lo representa el “*extractivismo indispensable*”, en el cual la actividad extractiva es genuinamente necesaria, cumple con las normativas sociales y ambientales, presenta encadenamientos productivos nacionales, consume menos materia y energía que los casos anteriores porque abastece un consumo austero y responsable para mejorar la calidad de vida de la sociedad (Gudynas 2011, 200; Gudynas y Alayza 2012, 222).

En el abordaje de problemas ambientales globales, los hechos son inciertos y las incertidumbres del sistema son muy elevadas, los valores entre las diferentes partes se encuentran en disputa, lo que está en juego es elevado y las decisiones son urgentes (Funtowicz 2000, 38). En la extracción megaminera las incertidumbres del sistema son muy elevadas, por ejemplo: no se conocen los efectos de las precipitaciones, los efectos del cambio climático en el patrón de las lluvias, la intensidad de los sismos ni los límites del conocimiento humano, etc. Los valores que

están en disputa lo representan la pretensión de extracción por parte de capitalistas privados para maximizar la ganancia, los deseos de consumo de las sociedades, los deseos de conservación de la naturaleza y las necesidades de trabajo asalariado por parte de las comunidades. Lo que está en juego también es elevado, como lo representan: la salud de los ecosistemas y de las cuencas, la calidad del agua, la estabilidad del clima y la propia supervivencia de las especies y de las comunidades, etc.

En el sector minero, el capital busca valorizarse con la exploración y extracción. Se desarrolla un proceso de conquista territorial, para integrar los ecosistemas, las selvas, el subsuelo, las especies, la biodiversidad, los ríos y las comunidades a la lógica capitalista; en una manera en la que se simplifica e interpreta todo como materia prima para el proceso de producción de valor y plusvalía, en un proceso permanente que nunca acaba. La materia prima se considera útil para la satisfacción de una necesidad, y la materia inútil, sin valor, que es inadecuada para el proceso de valorización capitalista, deja abierta la posibilidad de su destrucción. La destrucción ecológica en la extracción minera se trata de días a décadas, pero la recuperación se trata de siglos a milenios o, si se pasan los puntos de no retorno, la destrucción es irreversible (Altvater 2006, 357, 358).

En la actividad megaminera se infravaloran los costos, lo que permite que la extracción sea económicamente viable. Las empresas pagan por el agua fresca un costo inferior o nulo al valor de este recurso vital. Las externalidades negativas al afectar a otras actividades productivas como el turismo (Carrión Sánchez y Sánchez Cárdenas 2014), la agricultura y la ganadería y los efectos negativos en la salud de las comunidades son infravalorados o ignorados. Existe la posibilidad de que se generen externalidades negativas a futuro, con impactos en los ecosistemas y las cuencas de agua (Acosta et al. 2020).

Dado que en el sector extractivo minero las presas de relaves quedarán a perpetuidad, se propone como aporte teórico dos nuevas categorías analíticas. La primera categoría planteada es “ la vulneración inter temporal de las condiciones de producción”, para relacionar el momento de la génesis en que se crean las condiciones para la “segunda contradicción” y, el momento posterior en el que se desencadena y se realiza la misma. Las afectaciones a las condiciones de producción pueden tener efectos en diferentes escalas en la dimensión espacial y, por lo tanto, es necesario determinar el área o zona en donde se desarrolla la segunda contradicción. En este sentido, la segunda categoría que se propone es el “área de influencia espacial de la segunda contradicción”, para determinar el alcance geográfico de los impactos socioambientales. Si se desencadena la segunda contradicción, los impactos pueden afectar a

las zonas de influencia directa, como las comunidades aledañas, o extenderse a zonas de influencia indirecta con un alcance mayor, pasando de la escala local a las escalas, nacional, regional o mundial.

Se propone como aporte teórico de esta tesis doctoral a una nueva teoría de la crisis económica, que interrelaciona el metabolismo social intangible de la sociedad en el presente con el metabolismo social físico de la megaminería al presente y futuro. La conexión entre la actividad minera en el presente y los efectos a mediano y largo plazo implica un problema de inviabilidad en el futuro, que involucra una dificultad para la producción y reproducción del capital.

Las condiciones de producción se tratan de las relaciones sociales y económicas, que existen en una sociedad; determinada en un momento histórico particular, y establecen la forma en que se produce y se distribuye la riqueza. Las condiciones de producción se establecen por las “fuerzas productivas” y las “relaciones de producción” (Marx 1999 (1867)). Las “fuerzas productivas” se compone de los recursos materiales y humanos que se requieren y usan en el proceso productivo para producir bienes y servicios, que se componen de: la fuerza laboral física y mental de los trabajadores, los avances tecnológicos, los insumos y materiales y las máquinas o bienes de capital (Marx 1999 (1867)). Las “relaciones de producción” se basan en las relaciones sociales que surgen entre las personas en el proceso productivo, que determinan la propiedad de los medios de producción, entendido como la forma en que se reparten la tierra, el trabajo y el capital, y el producto del trabajo que implica la distribución del poder y la riqueza (Marx 1999 (1867)). Estas relaciones determinan la estructura económica y social de una sociedad particular, situada en tiempo y espacio, y presentan un papel crucial en determinar las dinámicas entre las clases sociales, sus luchas y la evolución histórica de las sociedades en el tiempo.

El concepto de las “condiciones de reproducción” son las condiciones necesarias para que una sociedad, mantenga y perpetúe su estructura socioeconómica en el transcurso del tiempo. Las “condiciones de reproducción” abarcan a las dimensiones materiales y sociales para la estabilidad y continuidad del sistema económico. Las “condiciones de reproducción” implica la reproducción de las relaciones de producción existentes, y la reproducción de las relaciones sociales, políticas e ideológicas que respaldan el orden establecido.

Las “condiciones de reproducción” requieren de la “reproducción de la fuerza de trabajo”<sup>12</sup>, la “reproducción de la infraestructura y los servicios sociales”<sup>13</sup>, la “reproducción de la ideología y la cultura dominante”<sup>14</sup> y el “rol del Estado”<sup>15</sup>.

Se vinculan la creación de las condiciones para la vulneración de las condiciones de producción en el presente y la vulneración de las condiciones sociales, naturales y comunales en el futuro. Se proponen dos momentos, el primero cuando se generan las condiciones para la vulneración de las condiciones de producción y el segundo momento cuando se desata la segunda contradicción. En el primer momento las condiciones de producción y reproducción se mantienen según lo establecido

Por ejemplo, en la megaminería se extraen minerales y se reparte el fruto de la extracción según las relaciones de producción vigentes. Se acumulan relaves en el territorio de la extracción y se exportan minerales al mundo para la reproducción del valor. En el segundo momento del futuro, es cuando se desencadena la segunda contradicción. Este segundo momento presenta un tipo de incertidumbre irreductible, al no poder predecirse cuándo sucederá el colapso de las presas y el consecuente derrame de relaves y la contaminación de la Naturaleza.

En el segundo momento, se afectan a las condiciones de producción. En otras palabras, se afectan a las “fuerzas productivas”, compuestos por los recursos materiales y humanos que hacen posible la extracción de minerales, y los destinados a la producción de bienes y servicios en las zonas afectadas. Se afectan a las personas trabajadoras en su salud física y mental, se dañan la tecnología, los insumos y los bienes de capital. Las “relaciones de producción”, entre las personas involucradas en el proceso extractivo, entran en tensión, y se cuestionan la forma en que se reparten los medios de producción (tierra, trabajo y capital) los beneficiados por la

---

<sup>12</sup> La reproducción de la fuerza de trabajo es fundamental para garantizar la continuidad de la producción y la acumulación de capital. Se compone de los procesos y recursos necesarios para mantener a la fuerza laboral en condiciones de trabajar, como la alimentación, la vivienda, la atención médica para resguardar la salud física y mental de los trabajadores y la educación para mantener y expandir las capacidades cognitivas y laborales.

<sup>13</sup> La reproducción de la infraestructura se trata de la infraestructura física esencial, para el funcionamiento de la economía y para mantener a los trabajadores en condiciones adecuadas para el trabajo. Se compone de: rutas, caminos y carreteras, redes de comunicaciones, infraestructura en redes de agua potable y energía, servicios sociales como la educación y la salud pública.

<sup>14</sup> La ideología y la cultura dominante legitiman y sostienen el sistema de relaciones de producción y, se conforma por las creencias sobre la propiedad privada, el trabajo asalariado, el consumo y las instituciones culturales y educativas que perpetúan estas ideas.

<sup>15</sup> La capacidad de las instituciones públicas del Estado, para mantener el orden social establecido y proteger los intereses de la clase dominante. Implica el control político, el uso de la fuerza y de la represión pública, para mantener el control sobre la población trabajadora y reprimir cualquier desafío al sistema dominante.

extracción (empresario, burócrata, empresas, Estado, etc.) y los perjudicados por los pasivos ambientales (indígenas, campesinos, ¿humanidad?).

Al desencadenarse la segunda contradicción se afectan las “condiciones de reproducción” que tienden a perpetuar el sistema. Se lesiona negativamente a la reproducción de la fuerza de trabajo, al afectarse las condiciones necesarias de los trabajadores para trabajar.

En megaminería, se han documentado casos en que la ola de relaves destruye las infraestructuras y, la contaminación asociada condiciona a la provisión de los servicios públicos básicos, como la salud y la educación (WISE 2022). De esta manera, se afecta a la vida y la reproducción de la vida de las comunidades. También, se ha registrado que se afectan a las redes de provisión agua potable, al tendido de electricidad y gas, que impactan en la vivienda, la salud, y la alimentación (WISE 2022). Al contaminarse las fuentes de aguas, las comunidades se vuelven dependientes de la provisión de agua por medios artificiales como, por ejemplo, la provisión por un camión cisterna que consume combustibles fósiles y que es insostenible en el tiempo. Ante la liberación de relaves de magnitud, entra en discusión la reproducción de la ideología y la cultura dominante, como el rol del Estado en sus funciones de regulación y control y legitimación, la cultura del descarte, y el sistema económico imperante.

Los pueblos que desarrollan formas no capitalistas de producción (e.g. pueblos indígenas en modos de vida comunitarios<sup>16</sup>, pueblos no contactados, etc.) si son alcanzados por la contaminación, ven afectada la “reproducción de la vida” de la comunidad. La contaminación afecta a los medios de vida (agricultura, ganadería y pesca), al contaminar el agua de las cuencas (WISE 2022). Estos factores impactan en la “reproducción biológica” de la vida como la alimentación, la vivienda, la salud y los cuidados no remunerados. Se espera que se afecte a la “reproducción social” de la vida, como las relaciones sociales y culturales que sostienen a una comunidad.

Desde otra perspectiva, se abre la posibilidad de mejorar la comprensión de la crisis ambiental. Esta propuesta de la crisis vincula los deseos del presente y su desencadenamiento en el futuro, con la vulneración de las condiciones sociales, naturales y comunales. La crisis se origina en el tiempo actual, en el metabolismo social intangible presente, caracterizado por los deseos de “consumismo” y “acumulación” de las generaciones presentes. El deseo de “consumismo” por

---

<sup>16</sup> Los modos de vida comunitarios hacen referencia a la propiedad y uso común de los recursos y de los bienes comunes, los cuales son compartidos y utilizados de manera colectiva, las decisiones son tomadas de forma democrática. Se practican formas de economía social, es decir que se prioriza el bienestar colectivo por sobre el individual, se cuenta con redes de apoyo mutuo y sus creencias se basan en valores compartidos.

parte de la sociedad actual, busca satisfacer las necesidades, reales o superfluas; por medio de las prácticas de consumo, uso y descarte y; se basa en el individualismo extremo, en el egoísmo (Latouche 2018) y la codicia (Falconí 2017). El capital financiero dirige la acumulación y la concentración de riqueza a escala planetaria para satisfacer sus necesidades y las necesidades internas del capital y, para ello, impulsan el extractivismo y el consumismo (Falconí 2017, 40). La aspiración a la máxima ganancia por parte de capitalistas del sector extractivo y, los deseos de ganancias de corto plazo por parte de capitalistas del sector financiero, se basan en el egoísmo, individualismo y en una ambición sin medida (Falconí 2017, 41). La insaciabilidad de las necesidades humanas por el consumismo y los deseos de la acumulación de capital de las generaciones presentes, se enfrentan a la disponibilidad limitada de recursos de minerales vírgenes. La codicia basada en la acumulación, puede generar impactos a la naturaleza (Falconí 2017, 41), que luego repercuten en las especies y en las comunidades.

La extracción megaminera sitúa su base biofísica en la frontera de la extracción, en países de la periferia, en ecosistemas sensibles, los cuales que albergan una gran biodiversidad de especies y, son sustento para la reproducción de la vida de las comunidades. Los límites a la extracción implican: la disyuntiva entre un cambio en la conducta consumista de bienes o, el continuar con la destrucción de la naturaleza física (Shaikh 1978, 220). Ahondar en la dimensión material del extractivismo megaminero en los Andes y en la Amazonía, es útil para contribuir a los debates de: situar la base biofísica de las actividades extractivas en zonas sensibles, proveedora de servicios ecosistémicos a escala local, regional y planetaria.

Los factores de transmisión de la crisis socioambiental se representan por el vínculo del metabolismo social intangible con el metabolismo social tangible de la economía real, en el cual el comportamiento de la humanidad en los hábitos del consumismo. Los deseos de acumulación, se enfrentan con las consecuencias de la extracción megaminera a futuro, ante una liberación a gran escala de materia tóxica en ecosistemas frágiles.

La crisis se origina en el comportamiento de la humanidad basado en el consumismo, el individualismo, la competencia, el egoísmo y la codicia (Falconí 2017, 2). El capital es un concepto concreto, en el que hombres y mujeres buscan la acumulación del capital financiero y son motivados por el egoísmo y la codicia, atributos legitimados como virtudes de la civilización (Falconí 2017, 2).

El consumismo y la codicia generan una presión creciente en la demanda de bienes de consumo de limitada vida útil, y de bienes suntuarios, que son producidos en los centros industriales, con

obsolescencia programada y percibida (Latouche 2018). Este hábito genera aumentos en los deseos de demanda y, se generan presiones, que al final requiere grandes cantidades de materias primas de minerales vírgenes, de países de la periferia y, en particular de América Latina (Infante-Amate, Urrego Mesa, y Tello Aragay 2020).

En 2021, un automóvil utilitario utilizaba, en promedio, más de 39 minerales diferentes y consumía 627 kg de acero, 197 kg de hierro, 119 kg de acero ultrarresistente, 20 kg de acero inoxidable, 109 kg de aluminio virgen y 19 kg de cobre (PNUMA 2021, 169). El uso de convertidores catalíticos impulsó la demanda de un amplio conjunto de metales de platino, los componentes electrónicos alentaron la demanda de tierras raras y; la fabricación de automóviles híbridos y eléctricos incentivaron la demanda de minerales como litio, níquel, cobalto, y manganeso (PNUMA 2021, 169). El modelo establecido en la extracción de minerales para la producción-consumo-descarte de automóviles, implica impactos socioambientales de carácter irreversible e incommensurable, como: la acumulación de metales en los ecosistemas y la destrucción de biotopos<sup>17</sup> vinculado con la pérdida de biodiversidad (Gleich, Ayres, y Gössling-Reisemann 2006).

En el mundo desarrollado se están considerando alternativas a la extracción minera de minerales vírgenes, basadas en el reconocimiento del consumo en los centros urbanos y su posterior descarte en los vertederos urbanos. Se ha propuesto la práctica de la “minería urbana”, entendida como el proceso de recuperación de compuestos, elementos minerales y metales secundarios de reservas antropogénicas (Zhang, Zhong, y Geng 2019), mediante procedimientos biológicos, químicos o físicos e insumos tecnológicos (Xavier, Ottoni, y Abreu 2023). Se propone también, la posibilidad de extraer y recuperar diversos tipos de metales, a partir de las cenizas provenientes de la incineración de los residuos sólidos urbanos, con beneficios en la reducción de masa y la generación de calor y electricidad, pero en contraposición se emiten dioxinas a la atmósfera (Al-Ghouti et al. 2021). La minería urbana y el recupero de las cenizas, se basan en los principios de la economía circular y el desarrollo sostenible, que están fundamentados en los abordajes de la ecología industrial, el metabolismo industrial y la sostenibilidad (Xavier, Ottoni, y Abreu 2023).

Aun así, el proceso de recuperar minerales es una tarea compleja, porque la economía no es circular sino entrópica, dado que en las etapas de recupero e incineración, se requiere del uso de

---

<sup>17</sup> Biotopo (del griego βίος bios, “vida” y τόπος topos, “lugar”), se trata de un área que presenta condiciones ambientales uniformes, el cual provee un espacio vital o un “ambiente de vida” a un conjunto de especies de la flora y de la fauna.

materia y energía y en la etapa de excreción se emiten desechos al medio ambiente. La publicidad de la minería urbana y el recupero de las cenizas para limpiar la imagen de las empresas (*greenwashing*), le hace creer a los ciudadanos que es posible una economía circular y, esto desincentiva el cambio de pautas de consumo fundadas en el individualismo, derroche y codicia por otras basados en la sensatez, la austeridad y la solidaridad (Falconí 2017). En definitiva, hace que la humanidad no se cuestione que la producción y el consumo crezcan sin límites y que se inciten a nuevas necesidades superfluas.

El capital financiero, muestra su motivación en las ganancias de corto plazo, por medio de la especulación, opta por extraer minerales en la periferia mundial, para satisfacer las demandas de insumos de minerales, destinada a la producción de bienes manufacturados. Para ello, se asegura de la provisión de materias primas minerales en la periferia de la periferia, en los yacimientos del siglo XXI que fueron descartados en el pasado, por su dificultad tecnológica y de costos, debido a la escasa concentración de minerales.

El capital financiero, con su lógica de la maximización de la ganancia y su movilidad instantánea, facilita los capitales y le impone a la economía real, representado por el capital extractivo megaminero, la máxima extracción posible de minerales. La contraparte, en el metabolismo físico de la economía real, es representada por una euforia especulativa y de inversiones extranjeras directas en el territorio de la periferia, que busca como objetivo la máxima ganancia, que sea económicamente rentable y tecnológicamente viable. El ahorro mundial se materializa en inversiones físicas de infraestructuras, maquinarias y equipos en el territorio que contiene el yacimiento.

Los Estados de los países de la periferia, en su búsqueda de ingresos fiscales, le ofrecen al capital financiero y al capital extractivo las garantías para la máxima extracción posible. Esto se materializa mediante: la seguridad legal, la provisión de infraestructuras comunitarias (rutas, puentes, puertos, etc.), las instituciones públicas al servicio de esta lógica maximizadora de beneficios y de la extracción y, la flexibilización de los mecanismos regulatorios por parte de las instituciones públicas involucradas. Los Estados Nación de los países de la periferia, con escasos recursos en sus arcas públicas, se ven limitados en realizar los controles de monitoreo, y se hallan limitados en costear las tareas de mantenimiento. Esta situación implica la presencia de incertidumbre de impactos socioambientales. Los derrames impactan en la salud de las personas y de las especies, en la capacidad de carga de los ecosistemas como las cuencas y los territorios y; en las actividades económicas como el trabajo y la soberanía alimentaria de las actuales y futuras generaciones (Kuyek 2020, 124).

Las presas y depósitos de relaves, representan un fondo contenedor de materia tóxica, que se llena mediante los flujos de salida de relaves. Los relaves se componen de elementos potencialmente tóxicos como metales pesados (e.g. hierro, cadmio, plomo, manganeso, zinc, arsénico, mercurio, etc.) y químicos (e.g. fenoles) y, estos elementos pueden ser liberados por el drenaje ácido de mina y drenaje ácido de lluvia; se pueden liberar gases como el metano y el monóxido de carbono, y los vientos pueden transportar polvo con sustancias tóxicas desde las presas de relaves y las pilas de desechos (Kuyek 2020, 76) hacia las zonas de influencia directa e indirecta del campamento minero.

Las presas de relaves son infraestructuras que no se pueden desmantelar con la tecnología actual y, se espera que contengan y confinen a los relaves tóxicos a perpetuidad (Emerman 2019, 6). Este hecho plantea el interrogante de: ¿Cómo cuidar las presas y depósitos de relaves y mantener estas infraestructuras seguras? En un período de tiempo de 10, 100, 1000, 10 000 años o más, lo que equivale a un “cuidado perpetuo” (Kuyek 2020, 132). Las tareas de “mantenimiento perpetuo”, denominadas también como “manejo a largo plazo” o “finalización post - construcción” (Kuyek 2020, 133), es indelegable para las empresas mineras y los Estados. La evidencia muestra que, en promedio, las tareas de inspección y de mantenimiento de la presa y depósitos de relaves, cesan después del final del proyecto minero, porque representan un costo económico, para las empresas y los Estados, sin su contrapartida de beneficios (Emerman 2019, 6). Las presas y depósitos de relaves plantean el problema de que, con el transcurso del tiempo, sean abandonadas por las empresas mineras y queden “huérfanas”, lo que implica que no se encuentre su propietario o que, si se lo encuentra, no sea solvente para una reparación o, que sea reticente a desembolsar los fondos para el mantenimiento (Kuyek 2020, 124). En Canadá existen más de 10 000 minas huérfanas (Kuyek 2020, 124), y la mayoría de estas no fueron remediadas, y pueden generar drenaje ácido de mina (DAM) y contaminar a las cuencas con el agua roja o anaranjada, pueden presentar elementos tóxicos (e.g. hierro, cadmio, cobre, plomo, manganeso, zinc, arsénico y mercurio, etc.), los vientos fuertes pueden transportar polvo contaminado con metales pesados y; se pueden liberar gases peligrosos para las vías respiratorias, como el metano y el monóxido de carbono (Kuyek 2020, 125).

Para un cuidado a largo plazo se requiere establecer: quiénes serán los responsables del cuidado en el futuro, cómo se van a financiar las tareas de mantenimiento, asegurar la disponibilidad de trabajadores para tareas complejas, asegurar la transmisión de la información precisa a las generaciones futuras (Kuyek 2020, 132), contar con un equipo interdisciplinario que dialogue

entre sí (Kuyek 2020, 133), asegurar las advertencias y señales del peligro a las generaciones futuras y, que estas comprendan las razones de mantenerse alejadas de los sitios (Kuyek 2020, 134).

Las antiguas infraestructuras de la humanidad (e.g. las pirámides de Egipto, México y Perú y la Acrópolis de Grecia) fueron afectados por eventos naturales (precipitaciones intensas, inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas, etc.), eventos humanos (e. g. guerras, pestes, etc.) y el deterioro con el paso del tiempo (Kuyek 2020, 134). Los restos arqueológicos permanecen en el tiempo actual, aunque las civilizaciones que las construyeron han desaparecido, pero estos restos arqueológicos no representan un peligro para las generaciones actuales. En el caso de la minería practicada por el Imperio Romano, existe evidencia en los hielos de un glaciar del Mont Blanc (situado en los países de Francia, Italia y Suiza), de contaminación por metales pesados como plomo, antimonio y cerio en los años -5.000 AC (+/- 600) (Preunkert et al. 2019, 4959). El Imperio Romano ha desaparecido, pero las consecuencias de la extracción generaron impactos socioambientales en la zona de influencia de la contaminación. En consecuencia, una actividad minera puede vulnerar “las condiciones de producción” de un período diferente al de la extracción.

La “administración a largo plazo” de los pasivos ambientales en “zonas de sacrificio”, es un tema reciente para la humanidad (Kuyek 2020, 133). En este sentido, los pasivos ambientales de la extracción minera, se los pueden comparar con los pasivos ambientales de la energía nuclear. El desastre de Fukushima en Japón presenta la incertidumbre de los impactos socioambientales, cuando se liberó el agua con material radioactivo al mar. Del mismo modo, el desastre de Chernóbil en Ucrania y la seguridad de su sarcófago, presenta una incertidumbre al situarse en el territorio de una guerra entre Rusia y Ucrania, con sucesos imponderables del factor humano, en el cuidado del segundo sarcófago que aísla el material radioactivo. Estos casos presentan incertidumbre, ante eventos contingentes naturales y humanos. La “administración a largo plazo” de los pasivos ambientales, implica la presencia de incertidumbre, en la cual ya no es válido el efecto NIMBY (no en mi patio trasero, del inglés “*Not in my back yard*”), de aceptar cualquier decisión cuando no está cercana en la dimensión espacial (Funtowicz 2000, 20). En el momento actual, no se sabe en qué momento del futuro sucederá un derrame de materia tóxica de magnitud, lo que genera incertidumbre en la dimensión temporal.

En megaminería, el comportamiento de las presas y depósitos de relaves es incierto en el tiempo, dado que están afectados por factores exógenos como eventos naturales: movimientos

tectónicos, el cambio climático, incendios forestales, lluvias e inundaciones (Kuyek 2020, 132). Existe incertidumbre en la predicción de los costos futuros entre el momento actual y futuro (hoy y más de 10 000 años), como la detección de fugas y filtraciones de materia tóxica hacia las aguas a cielo abierto y subterráneas (Kuyek 2020, 132). La megaminería presenta un problema de incertidumbre, dado que es incierto el comportamiento de las presas y depósitos de relaves en el tiempo. Las generaciones futuras deberán realizar el control y el mantenimiento de las presas a corto, mediano y largo plazo para mantener aislada la materia tóxica de los ecosistemas. Esta situación implica un problema a futuro, y representa un caso de injusticia ambiental y de injusticia inter generacional. Las fallas catastróficas de presas de relaves ocurren, en primer lugar, porque la extracción en yacimientos con minerales diseminados de baja ley, generan embalses de mayor volumen, por la mayor cantidad de materia procesada y, en consecuencia, es mayor la cantidad de residuos excretados (Kuyek 2020, 76). En segundo lugar, por los eventos del cambio climático que implica que se intensifiquen los sucesos climáticos extremos (Kuyek 2020, 76).

La incertidumbre crece con el transcurso del tiempo, a medida que se va llenando las presas de material tóxico. Los factores naturales entran en tensión en el tiempo con los factores humanos y con las características físicas de las presas. Entre las causas que desencadenan la crisis, están las causas naturales como precipitaciones intensas y fuertes sismos y, entre los factores humanos: el diseño y el tipo de tecnología utilizada, la calidad de los materiales de las infraestructuras y, la falta de mantenimiento. En las características físicas de la presa se encuentran: el peso de los relaves, las fuerzas internas en las presas y, la fatiga de los materiales sometidos a varias cargas.

La crisis se desencadena por la liberación de materia tóxica a gran escala. Como consecuencia, contaminación de zonas sensibles del planeta representa un problema que queda latente en el territorio. Además, hay problemas éticos como las cuestiones de “injusticia espacial” e “injusticia inter generacional”. La categoría de “injusticia espacial” hace referencia a los impactos socioambientales padecidos por las poblaciones, las actividades económicas, los ecosistemas y, las infraestructuras de una localidad, al padecer las consecuencias de una externalidad negativa generada en zonas alejadas. Como ejemplo, en megaminería el colapso de las presas de relaves genera impactos en el sistema hidrográfico inferior. El concepto de “injusticia inter generacional” hace referencia a que: las generaciones actuales disfrutan de los bienes de consumo, la ganancia y la acumulación de capitales, pero las generaciones futuras padecerán los efectos de la liberación de materia tóxica.

A modo de ejercicio conclusivo se presenta un eje unificador que vincula el concepto del metabolismo social de la economía ecológica, con los impactos socioambientales y los abordajes de la ecología industrial y el materialismo ecológico-histórico. Este eje implica reconocer: el alcance y la complementariedad de los aportes de estas teorías, las discusiones y el aporte teórico de esta tesis. El metabolismo social es un concepto central de la economía ecológica, que describe el flujo de materia y energía; argumentando que las economías humanas están conectadas a los sistemas biofísicos, y que estos flujos deben estar dentro de los límites ecológicos para ser sostenibles en el tiempo. Desde la perspectiva de la economía industrial, su aporte desde la economía ortodoxa nos permite observar los ingresos y costos de las empresas, pero se discute el alcance de los pagos monetarios para cubrir las externalidades actuales y futuras cuando los costos son inconmensurables. Los estudios biofísicos permiten evidenciar el perfil metabólico, o la intensidad del metabolismo social, entendido como el volumen del intercambio de materia y energía con la Naturaleza, y determinar la escala de esta interacción.

Los cambios de usos del suelo ocasionados por el metabolismo social generan impactos socioambientales. Los estudios de los impactos socio ambientales, representan un registro de la intensidad del metabolismo y evidencian sus consecuencias en el territorio. Estos estudios permiten analizar los efectos directos y secundarios del metabolismo social y diagnosticar el alcance. Se destaca la importancia de los conflictos ecológicos distributivos y la justicia ambiental, porque los impactos del metabolismo social no se distribuyen de manera equitativa, ya que se afecta en mayor medida, a las comunidades más vulnerables, situadas en países de la periferia.

La combinación de los aportes teóricos y metodológicos de estas disciplinas, permiten realizar una comprensión de mayor profundidad del metabolismo social, identificar su intensidad y los impactos de las actividades humanas en su entorno. En resumidas cuentas, son abordajes que se complementan, para realizar un estudio holístico, que conlleva a mejores comprensiones, diagnósticos y soluciones del problema. En esta secuencia se agrega la dimensión teórica del aporte de O'Connor, sobre la "segunda contradicción del capitalismo", dado que el capitalismo socava sus propias bases, va en contra de su reproducción al degradar al medio ambiente por la sobre explotación de los ecosistemas. Como sugieren Martínez Alier y O'Connor, la lógica de la maximización de la ganancia, núcleo del sistema capitalista, puede ir en contra de su reproducción.

En síntesis, este eje unificador plantea la discusión de reconocer, con mayor atención, las interacciones entre las actividades económicas y los sistemas biofísicos, situados en zonas sensibles, que permita anticiparse y evidenciar que se puede generar una crisis socioambiental con efectos inconmensurables.

En el capítulo siguiente, se realiza el diagnóstico esencial del sector minero, luego se presenta un método novedoso para contabilizar las actividades megaminerías.

## **Capítulo 2. Proyectos Fruta del Norte y Mirador. Megaminería en la Cordillera del Cóndor. Antecedentes y contexto del enclave minero.**

En este capítulo se describe al sector minero y los dos proyectos megamineros: Fruta del Norte y Mirador. Se busca comprender la relación existente entre el desenvolvimiento de la actividad megaminera con la economía y el medio ambiente. Este capítulo permite comprender el metabolismo social de la megaminería y los diferentes impactos que ocasiona esta actividad extractiva.

El capítulo se encuentra estructurado en tres secciones. En la primera sección, se examina el concepto de enclave minero, el cual es útil para comprender de qué se trata de una actividad capital-intensiva, que genera escasos encadenamientos productivos internos. En la segunda sección, se explica el peso económico de la minería y su articulación con el medio natural. En la tercera, se muestra las características esenciales de los proyectos megamineros de Fruta del Norte y Mirador.

### **2.1. La minería como un enclave**

La matriz de insumo - producto (MIP) fue desarrollado por Wassily Leontief, entre los años 1930-1940, quién estudió las relaciones cuantitativas de entrada y salidas del sistema económico (Leontief 1936; Leontief 1941). En la MIP se representan a los distintos sectores productivos de la economía en términos de sus entradas y salidas, se exhibe un registro ordenado de las transacciones entre los sectores productivos en la compra/venta de bienes intermedios y finales y, se presentan las interrelaciones entre los diversos sectores (Durán Lima y Banacloche 2021, 94).

La MIP permite cuantificar y analizar la estructura productiva, la descomposición estructural y desarrollar análisis de impacto de un sector y sus efectos en los demás sectores (Durán Lima y Banacloche 2021, 25). La MIP permite analizar el comercio internacional como: las cadenas de valor, los encadenamientos productivos, los “eslabonamientos hacia atrás”, al mostrar cuáles sectores influyen en la actividad de otros sectores al requerir de sus insumos, y los “eslabonamientos hacia adelante”, al presentar la importancia de un sector como proveedor de insumos para las actividades productivas de otros sectores (Durán Lima y Banacloche 2021, 36, 37). La MIP también permite analizar estructura productiva, los encadenamientos y el comercio por medio del valor agregado cada país y del contenido de sus exportaciones (Durán Lima y Banacloche 2021, 75). Las matrices de Leontief (1941) han presentado las bases para la Economía Ecológica en el estudio de: los fundamentos biofísicos de los procesos económicos,

las entradas y salidas de materia y energía, la estabilidad del sistema y las relaciones entre las variables y los parámetros (Ramos-Martín 2003, 90). Las MIP permiten el estudio y análisis de los impactos sociales y ambientales (Durán Lima y Banacloche 2021, 75).

Una nueva actividad económica genera estímulos a la inversión, a través de las relaciones de insumo-producto que involucran encadenamientos productivos, entre los que se distinguen los “encadenamientos hacia atrás”, los cuales generan nuevas inversiones en instalaciones para la provisión de insumos y, los “encadenamientos hacia adelante” que motivan a las inversiones en instalaciones para utilizar los bienes producidos (Hirschman 1958).

Según Hirschman, una economía de enclave se caracteriza por la falta de vínculos o encadenamientos productivos físicos, hacia atrás y hacia adelante (Hirschman 1958). Una economía de enclave carece, además, de los vínculos o encadenamientos “fiscales” y “de consumo”(Hirschman 1981). Los “vínculos fiscales” se componen de la tributación al Estado por los flujos de la actividad económica y, los “vínculos de consumo” se conforman por los ingresos provenientes de la actividad que se gastan a nivel nacional y local, y generan inversiones en la producción de las industrias nacionales. Estos vínculos se consideran en un sentido dinámico, dado que los vínculos podrían debilitarse o mejorarse con el tiempo (Hirschman 1981).

En los enclaves mineros de los países de la periferia, como en el caso de Ghana, los vínculos se reducen solo al aspecto fiscal (Bloch y Owusu 2012). El sector extractivo no presenta enlaces integradores y sinérgicos hacia otras ramas de la economía nacional, ni hacia adelante, ni hacia atrás y tampoco hacia la demanda privada y estatal (Acosta et al. 2020, 33, 34). El concepto de “economía de enclave” o “modelo de exportación de enclave” se aplicó a los sectores energético y minero de los países periféricos con abundantes recursos naturales y minerales (Heeks 1998).

Los enclaves presentan más vínculos externos internacionales que vínculos internos nacionales, en el cual la extracción de los minerales está destinados al mercado internacional y no existen conexiones con el mercado interno (Cardoso y Faletto 1990, 59). El enclave se encuentra aislado del resto de la economía nacional, la mayoría de los insumos son importados y los minerales se exportan sin procesar (o con un procesamiento mínimo), por lo que no existen conexiones entre el enclave y la economía local, salvo en cuestiones de poder para definir las concesiones (Cardoso y Faletto 1990, 53). La minería a gran escala del oro de Ghana presenta la característica de un enclave con pocos vínculos con proveedores locales de bienes y servicios

(Larsen, Yankson, y Fold 2010, 259). Los procesos sociales y tecnológicos se adecúan al sector internacional, en detrimento de la región o país en donde se realiza la extracción, y la inserción al mercado internacional a través de un sector exportador de enclave implica contar con un sector “moderno”, el cual representa una prolongación tecnológica y financiera de las economías centrales (Cardoso y Faletto 1990, 49), las decisiones de inversión se toman en el exterior y las ganancias se van en su mayoría al exterior a incrementar el stock de capital (Cardoso y Faletto 1990, 53).

Un enclave minero es más vulnerable a los choques externos cuando cae el precio del mineral extraído y, de esta manera, las relaciones económicas se determinan en los mercados centrales internacionales (Cardoso y Faletto 1990, 53). El enclave minero tiende a un bajo nivel de ocupación y a una alta concentración de capital, con una baja redistribución del ingreso a nivel nacional, paga salarios diferenciados que solo benefician al sector obrero especializado (Cardoso y Faletto 1990, 50).

## **2.2. Importancia del sector minero**

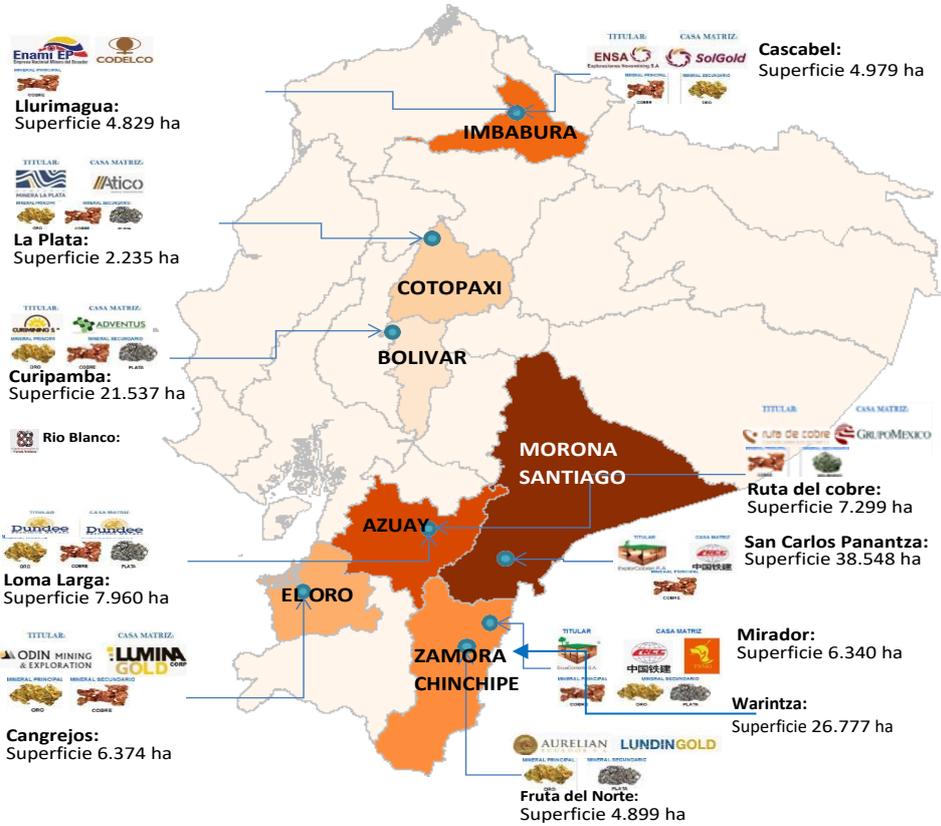
En esta subsección se describe la importancia del sector minero en base a las concesiones a nivel nacional y su ubicación en el Ecuador, su contribución económica a la economía nacional y su aporte tributario, el comercio exterior y el destino de las exportaciones, las inversiones y el empleo y su aporte a la economía nacional.

### **2.2.1. Concesiones a nivel nacional**

En el año 2020 la minería artesanal contó con 2071 permisos vigentes. Estas concesiones ocuparon una superficie de 10 292,5 hectáreas (MERNNR 2020, 151, 152), lo que representó el 0,01 % del territorio nacional (MERNNR 2020, 153). En el mismo año, la pequeña minería tuvo 972 concesiones, con una superficie de 377 833,4 hectáreas que significó el 1,5 % del territorio nacional (MERNNR 2020, 155). La minería de mediana y gran escala presentaron a 483 concesiones vigentes, con una superficie de 1 400 795 hectáreas, que representaron el 5,6 % del territorio nacional (MERNNR 2020, 162). En síntesis, la superficie concesionada, según el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, en el año 2020 fue de 1 788 921 hectáreas (MERNNR 2020, 151, 155, 162) que equivale al 7,17 % del territorio nacional. Sin embargo, de acuerdo al Banco Central, la superficie total concesionada a minas y proyectos mineros en el año 2020 fue de 105 000 hectáreas, (BCE 2021a, 6) que equivalen al 0,42 % del territorio nacional. Estos datos revelan las imprecisiones en la información de las distintas instituciones estatales.

La actividad minera se ubica en la región de los Andes ecuatorianos y está distribuida en siete provincias: Imbabura, Cotopaxi, Bolívar, Morona Santiago, Azuay, El Oro y Zamora Chinchipe (BCE 2021a, 6). Se observa la presencia del capital trasnacional en el territorio, tanto por empresas *juniors* de exploración, como de empresas capital intensivas *majors* de extracción, en las cordilleras Occidental, Real y zona Sub-Andina. Por sus condiciones geológicas, estas cordilleras, son potencialmente propicias de contener yacimientos de minerales, en una superficie de 140 933 Km<sup>2</sup> que representa el 56,7 % del territorio nacional ecuatoriano (MERNNR 2020, 194).

**Mapa 2.1 Concesiones mineras de primera y segunda generación (hectáreas)**



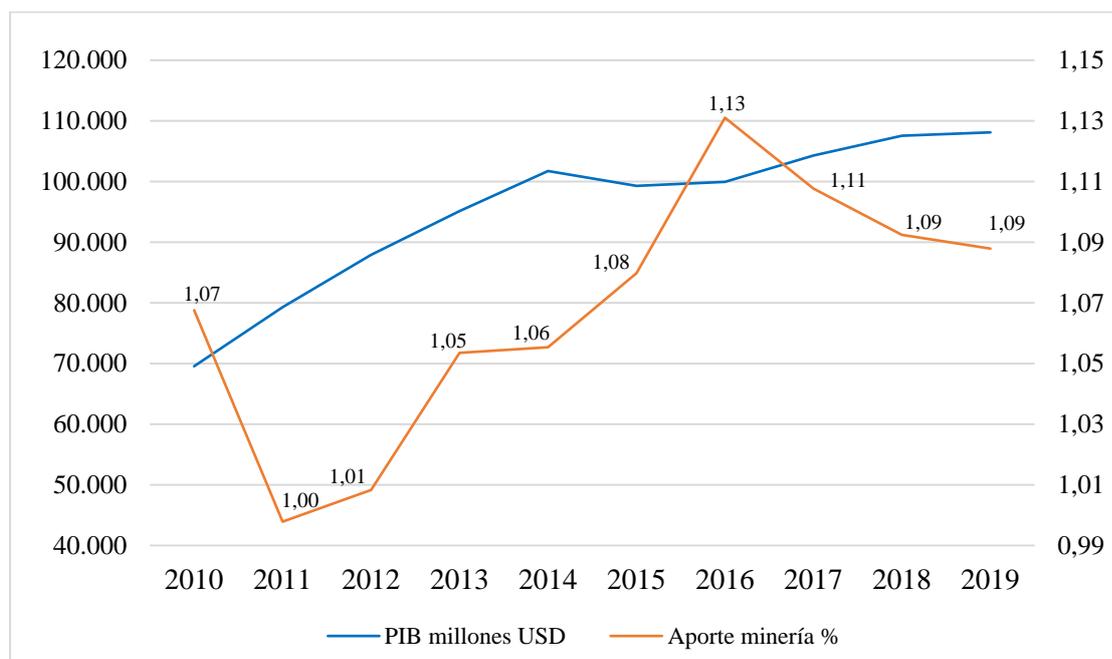
Fuente: BCE (2024, 7).

De acuerdo a Vía Minera (2022) existen 63 proyectos en fases de exploración y extracción por parte de empresas extranjeras trasnacionales, empresas nacionales y de la empresa estatal minera ENAMI. Ecuador se posiciona como la nueva frontera de la extracción minera siendo el país más prometedor de Sudamérica (Azzopardi 2022, 6). Desde el Estado se han definido cinco proyectos estratégicos: Fruta del Norte, Mirador, Río Blanco, Loma Larga, y San Carlos Panantza y; seis proyectos denominados de segunda generación: Cascabel, Llurimagua, Cangrejos, Ruta del Cobre, La Plata y Curipamba (MERNNR 2020, 36).

### 2.2.2. Contribución del sector minero a la economía nacional

La minería, en el período 2010-2019, generó una contribución marginal a la economía ecuatoriana. En dicho período, el PIB fue, en promedio, 95 280 millones anuales y los ingresos por la minería fueron, en promedio, de USD 1020 millones anuales. El aporte de la minería en el período 2010-2019 fue, en promedio, 1,07 % del PIB.

**Gráfico 2.1 Sector minero, 2010- 2019 (millones USD, % del PIB)**

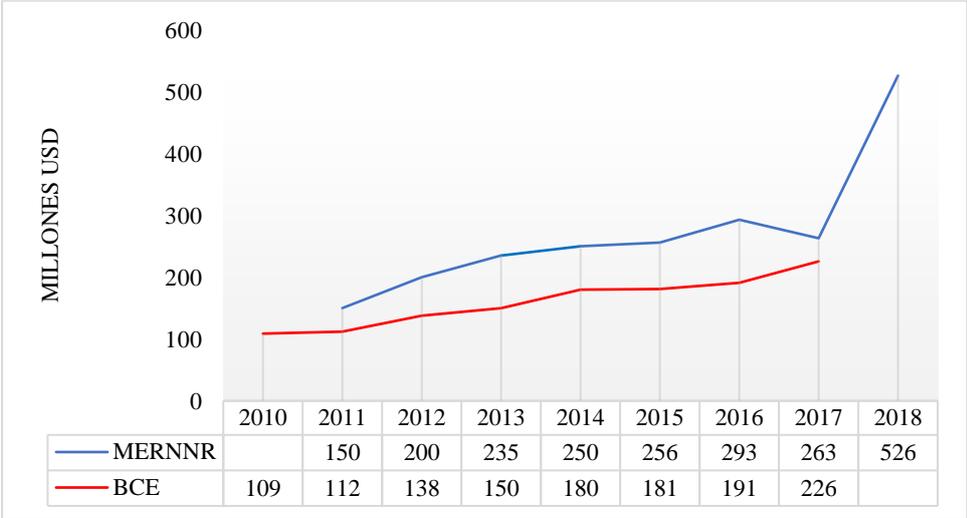


Elaborado por el autor en base a BCE (2018); MERNNR (2020, 32); BCE (2022b).

### 2.2.3. Ingresos por minería metálica y recaudación tributaria

Los ingresos por la minería metálica muestran una tendencia ascendente conforme avanza la extracción: en promedio USD 271 millones por año en el período 2011-2018, de acuerdo al MERNNR; aunque según el Banco Central del Ecuador, en el período 2010-2017 se generaron en promedio USD 161 millones de ingresos anuales, lo que representa 2,96 % del PIB (MERNNR 2020, 31; BCE 2022a).

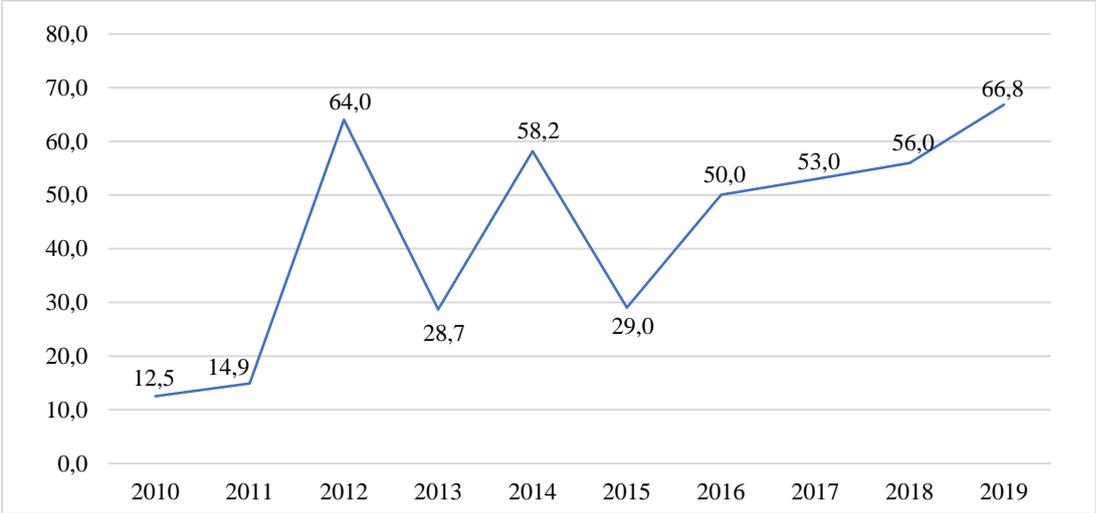
**Gráfico 2.2 Ingresos por minería metálica 2010-2018 (millones USD)**



Fuente: MERNNR (2020, 31; BCE (2022a).

La recaudación tributaria total en el período 2010-2019 ascendió a USD 433,2 millones (MERNNR 2020, 45). Se recaudó por la minería USD 43,3 millones en promedio por año. La recaudación tributaria, en el período 2010-2019, fue en promedio USD 18 270 millones por año, la minería aportó el 0,23 % de los ingresos fiscales.

**Gráfico 2.3 Recaudación tributaria total de la minería, por patentes de conservación, regalías anticipadas, regalías y utilidades, 2010- 2019 (millones USD)**



Fuente: MERNNR (2020, 45).

La megaminería ha generado USD 549,9 millones de recaudación para el Estado (BCE 2022b, 9,11,15) en el período 2003-2021, lo que significó en promedio USD 30,5 millones por año. En relación a la recaudación total, la megaminería aportó, en promedio, en el período 2003-2021, el 0,17 % de los recursos fiscales nacionales.

#### **2.2.4. Comercio exterior**

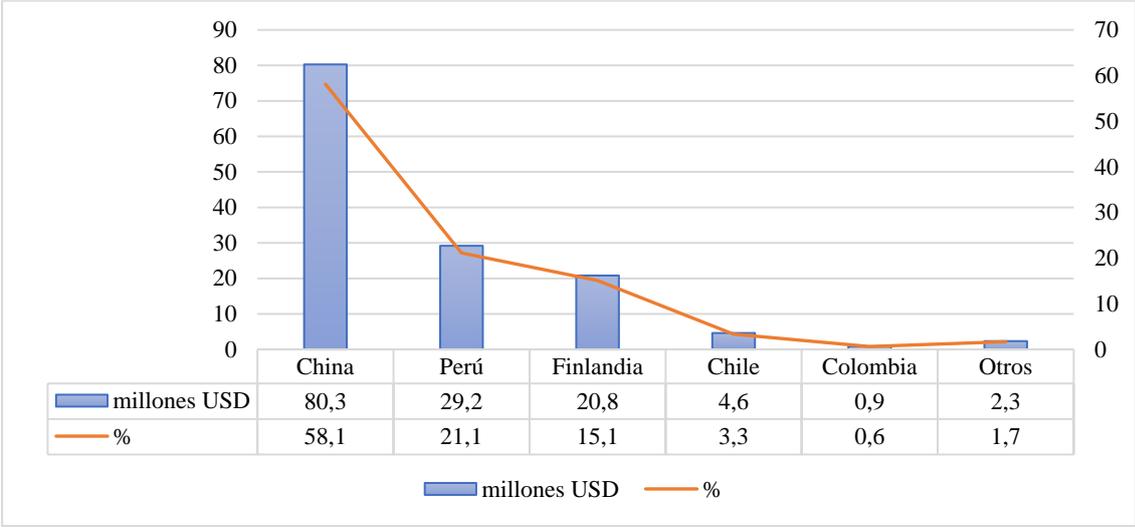
La extracción, principalmente metales y concentrado de minerales, está orientada a los mercados internacionales. En 2019, las exportaciones de minerales fueron USD 138.1 millones y los principales destinos fueron China (USD 80,3 millones), Perú (USD 29, 2 millones), Finlandia (USD 20,8 millones), Chile (USD 4,6 millones) y Colombia (USD 0,8 millones) (Banco Mundial 2019).

Ecuador es funcional a las cadenas globales de valor del capital transnacional (Acosta et al. 2020, 176), y es vulnerable a los choques externos en los vaivenes de los precios de las materias primas. Las etapas más lucrativas de la cadena de valor de la minería son: refinación, fundición, elaboración y comercialización de bienes finales.

El oro se emplea en joyería en la fabricación bienes conspicuos y suntuarios. Es usado en la especulación financiera como un “activo refugio” en el que los inversionistas acuden en momento de incertidumbre. Es utilizado en la industria electrónica por su propiedad de ser un excelente conductor eléctrico y su alta maleabilidad, y es un insumo en la fabricación de: celulares, televisores, computadoras, partes de artefactos aeroespaciales y en la industria automotriz. En el sector de la salud es utilizado como insumo en medicina, odontología, en la fabricación de equipos y medicamentos (Outlet Minero 2022). La plata, un metal resistente, manejable y buen conductor, es utilizada en la fabricación de chips LED, baterías, pantallas táctiles, en conectores en la fotografía por su sensibilidad a la luz, en medicina y en joyería (Outlet Minero 2022). El cobre, por ser un excelente conductor eléctrico, es insumo en las industrias de electricidad, electrónica, telecomunicaciones y construcción, fabricación de cables, tuberías, vehículos automotrices, ferroviarios y aeronáuticos, maquinaria industrial y electrodomésticos (Outlet Minero 2022).

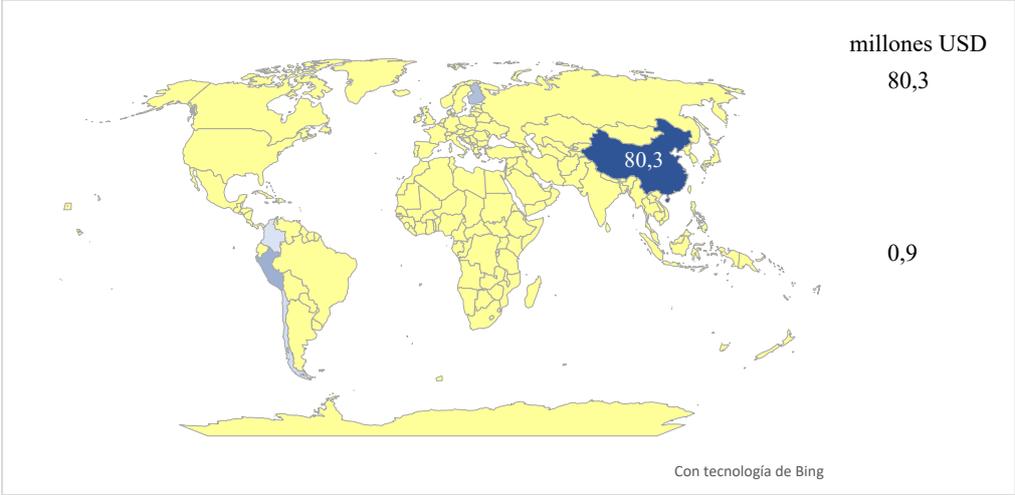
En 2019, Ecuador exportó metales por un total de USD 138,1 millones (Banco Mundial 2019) y considerando que, en dicho año, las exportaciones totales fueron USD 22 239 millones, el sector minero aportó el 0,62% de las exportaciones totales. China compró USD 80,3 millones, representando el principal socio comercial de minerales del Ecuador y las exportaciones ecuatorianas al exterior fueron seguidas por Perú y Finlandia (Banco Mundial 2019). En ese año, el gigante asiático lideró la demanda mundial del cobre y consumió más del 50 % de la oferta mundial (Banco Mundial 2019).

**Gráfico 2.4 Exportaciones de minerales, 2019 (millones USD, porcentajes)**



Fuente: Banco Mundial (2019).

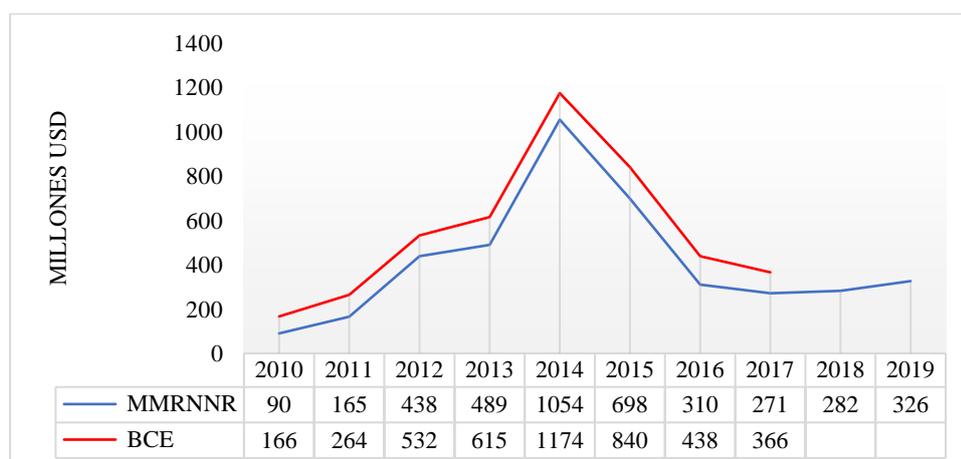
**Mapa 2.2 Destinos de las exportaciones mineras, 2019 (millones USD)**



Elaborado por el autor en base al Banco Mundial (2019).

En el período 2010-2019, las exportaciones de la minería fueron en promedio en USD 412,3 millones (MERNNR 2020, 33). De acuerdo al Banco Central, en la cuenta “metales comunes” se registra las exportaciones de metales y, para el período 2010-2017, estas en promedio fueron USD 549, 3 millones, que representa el 2,3 % del total. Los valores presentados por el Banco Central son más elevados que los proporcionados por del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR 2020, 33; BCE 2022a).

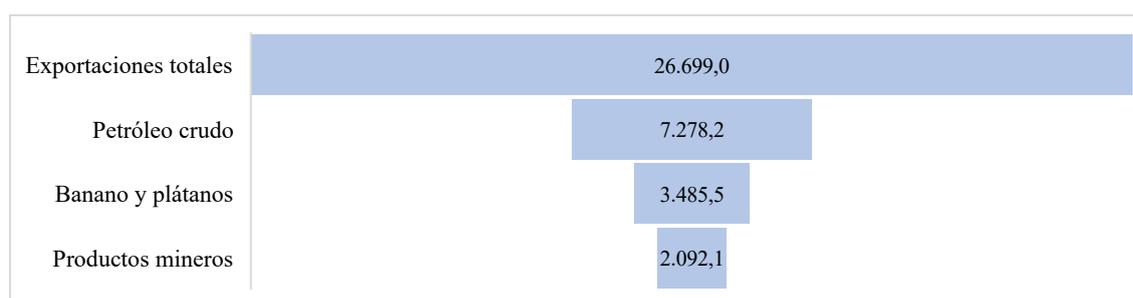
**Gráfico 2.5 Exportaciones minería, 2010- 2019 (millones USD)**



Fuente: MERNNR (2020, 33); BCE (2022a).

Según el BCE, en el año 2021, las exportaciones totales fueron USD 26 699 millones, de las cuales los productos mineros fueron USD 2092,1 millones y representaron el 7,8 % de las exportaciones totales (BCE 2022d). Las exportaciones de los productos mineros se ubicaron como el cuarto rubro más exportado de la economía nacional, abajo del petróleo, camarón y banano y plátano. Asimismo, los productos mineros fueron el tercer rubro de exportaciones no petroleras y el primer rubro de exportaciones no tradicionales (Costa 2021, 31). En ese mismo año, los productos mineros exportados representaron el 54% de todas las exportaciones del subgrupo de productos primarios no tradicionales, y el 26,5 % del total de las exportaciones de los productos no tradicionales.

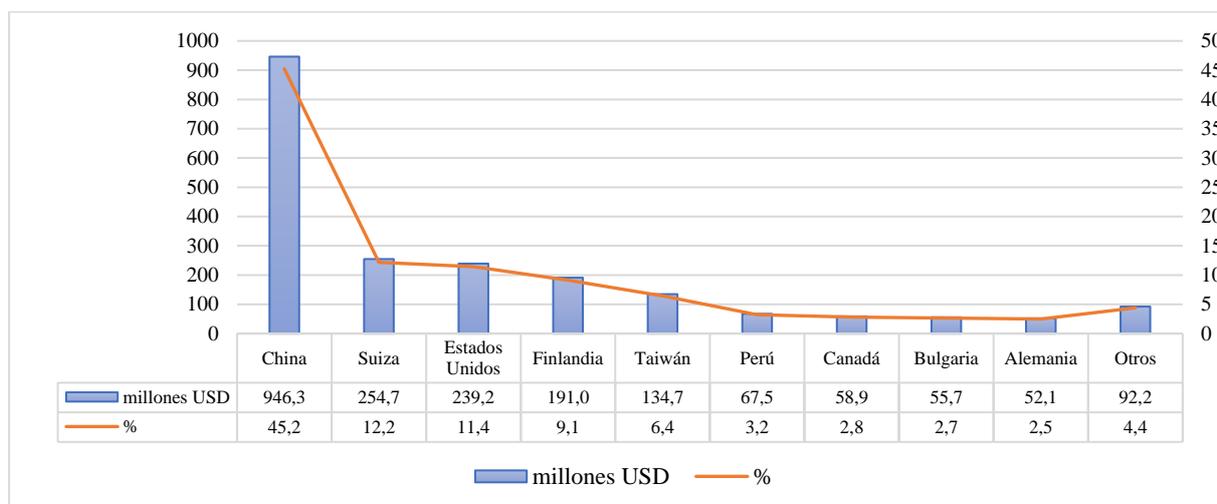
**Gráfico 2.6 Exportaciones, principales rubros y minería, 2021 (millones USD)**



Elaborado por el autor en base a Costa (2021, 31).

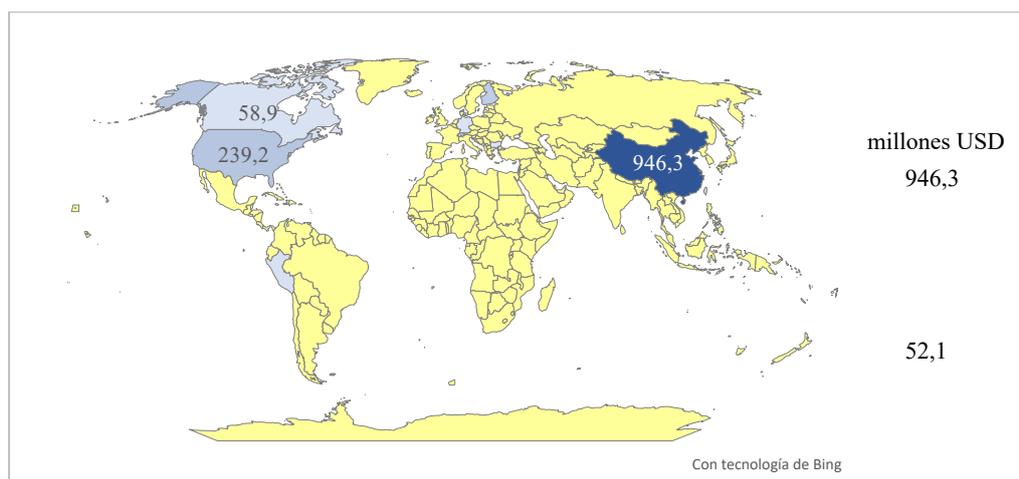
Los principales destinos de las exportaciones mineras, en 2021, fueron a China con USD 946,3 millones que representó el 45,2 %, seguidas por Suiza con el 12,7 %, los Estados Unidos con el 11,43% y Finlandia con el 9,1%.

**Gráfico 2.7 Destinos de las exportaciones mineras, 2021 (millones USD, %)**



Elaborado por el autor en base a Costa (2021, 34).

**Mapa 2.3 Destinos de las exportaciones mineras, 2021 (millones USD)**



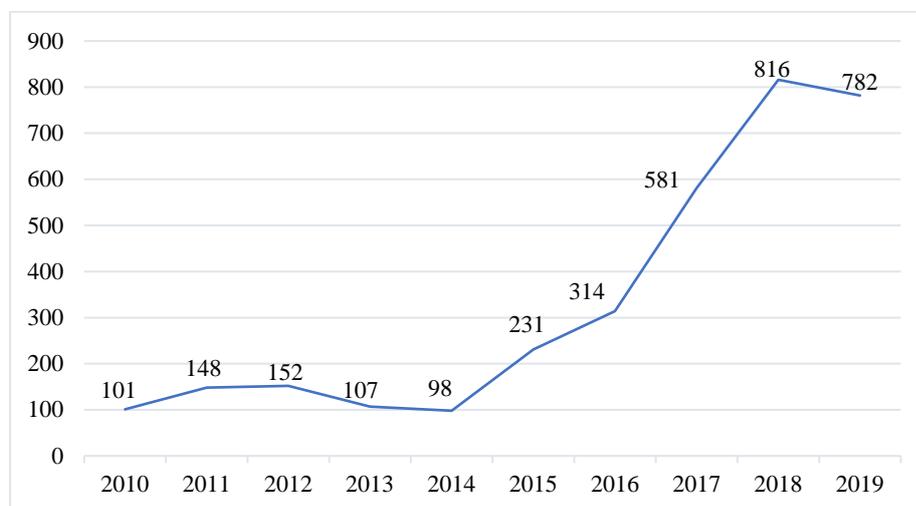
Elaborado por el autor en base a Costa (2021, 34).

### 2.2.5. Inversiones

El Estado Nacional definió cinco proyectos mineros estratégicos: Fruta del Norte y Mirador, Loma Larga, San Carlos Panantza y Río Blanco; los cuales presentaron una inversión acumulada y ejecutada, entre los años 2007 y 2019, de USD 2.685 millones (MERNNR 2020, 36). De los proyectos estratégicos, Fruta del Norte y Mirador corresponden a los proyectos megamineros en extracción. El sector minero cuenta con seis proyectos de segunda generación: Cascabel, Cangrejos, Ruta de Cobre, Llurimagua, Curipamba y La Plata; los cuales presentaron una inversión acumulada y ejecutada de USD 307,8 millones, entre los años 2010 y 2019.

Además, existen proyectos de subasta o remate, adjudicación directa y pequeña minería (BCE 2022b, 4).

**Gráfico 2.8 Inversión total en el sector minero, 2010-2019 (millones USD)**



*Fuente:* MERNNR (2020, 38).

*Nota:* Incluye proyectos estratégicos, segunda generación, subasta o remate, adjudicación directa y pequeña minería.

La inversión total ejecutada en el sector minero en el período 2010- 2019 fue de USD 3330 millones (MERNNR 2020, 38) y su tendencia ascendente a partir del año 2014 se explica por el estímulo del sector megaminero. La inversión extranjera directa (IED) en el sector minero, entre 2010-2019, fue de USD 4.011 millones (MERNNR 2020, 34), y la minería recibió el 43 % en 2018 y el 53 % en 2019 del total de la IED (MERNNR 2020, 35). Los cinco proyectos estratégicos tuvieron inversiones ejecutadas, en el período 2010-2019, por USD 2594 millones y los proyectos megamineros, de Fruta del Norte y Mirador, acapararon más del 96 % de dicha inversión (MERNNR 2020, 36), el proyecto Fruta del Norte recibió USD 1157 millones entre 2010 - 2019 y el proyecto Mirador recibió USD 1248 millones entre 2010 - 2019 (MERNNR 2020, 36).

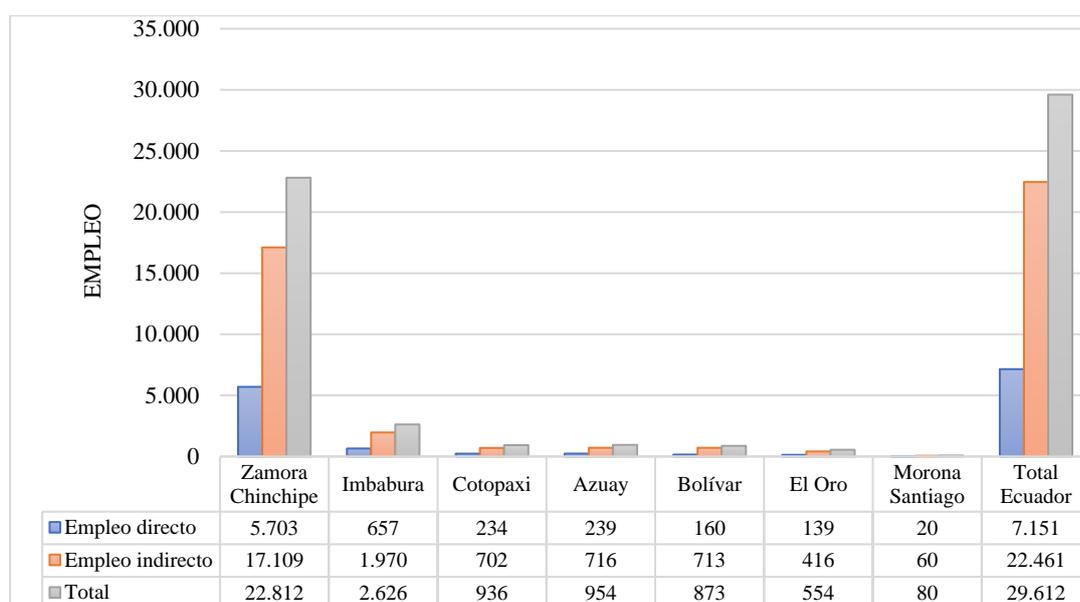
### **2.2.6. Empleo**

La minería a gran escala, como un sector de enclave, es una actividad capital-intensiva, que no genera mecanismos de creación de empleo masivos, los trabajos creados son escasos y se requiere personal altamente calificado para operar los bienes de capital y la maquinaria pesada y para realizar procesos complejos (Cardoso y Faletto 1990, 50). Así mismo, la minería presenta una calidad del trabajo precario, peligroso y sobre explotado (Acosta et al. 2020, 157). El empleo “indirecto” es el empleo creado en el territorio local por el accionar de la minería, sin que exista una relación laboral formal entre las empresas y los trabajadores indirectos. El

encadenamiento productivo de las actividades mineras (BCE 2021b, 11), se realiza por medio de un factor de cálculo del empleo; de esta manera el empleo indirecto se basa en un factor “ad hoc” del sector minero, en el que el empleo indirecto es tres veces el empleo directo (MERNNR 2020, 167; BCE 2021b, 11).

Para el Banco Central en el año 2021 la minería aportó, en promedio, 7151 empleos directos<sup>18</sup> (BCE 2021b, 6; BCE 2022a, 6), lo que representó el 0,09 % del total del empleo nacional y; el empleo indirecto creado por la minería fue en promedio de 22 461 puestos de trabajo (BCE 2021b, 6; BCE 2022a, 6), lo que figuró el 0,28 % del total de empleo nacional (INEC 2022). Teniendo en cuenta que, según el Banco Central, el sector creó en promedio 29 612 puestos de trabajo “directos e indirectos” (BCE 2021b, 6; BCE 2022a, 6) y que en ese año el empleo nacional alcanzó los 7 905 781 puestos de trabajo (INEC 2022), entonces resulta que el sector minero aportó el 0,37 % de los empleos totales a nivel nacional.

**Gráfico 2.9 Empleo por sectores megaminero, proyectos estratégicos y de segunda generación por provincias, 2021 (número de puestos de trabajo)**



Fuente: BCE (2021b, 6); BCE (2022a, 6).

En los discursos de las empresas del sector minero y del Estado, se afirma que la minería metálica es clave para contribuir de manera significativa al PIB, a las arcas públicas y al

<sup>18</sup> Según el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, en el año 2021, se crearon en promedio 34.178 empleos “directos” según la fuente de la revista “Primicias” (MERNNR 2021a, 32), pero esta cifra muestra demasiadas diferencias con la cifra de empleos “directos” del Banco Central de 7.151 plazas de empleo directo (BCE 2021b, 6; BCE 2022a, 6). Teniendo en cuenta que este ministerio tomó la cifra de una fuente no rigurosa, entonces muestra una inconsistencia en la transparencia de los datos, no presenta una metodología rigurosa ni sistemática para obtener las cifras de empleo.

empleo. Se afirmó que es posible una “minería limpia” en el uso de tecnologías duraderas y ambientalmente limpias y; una “minería responsable” como una actividad ambiental, social y económicamente sostenible y basada en un aprovechamiento integral y responsable de los recursos minerales (Monash 2019a; MERNNR 2020, 46, 47, 52). En contrario, pudimos constatar que la minería metálica se encuentra aislada del resto de la economía y que este sector no contribuyó de manera significativa a la economía nacional. En el período 2010-2019, contribuyó con 1,07 % del PIB y 0,23 % de la recaudación tributaria nacional, y en 2021 con el 0,37 % de los empleos nacionales, confirmando que se enmarca en la dinámica de los enclaves mineros. La minería metálica no presentó enlaces integradores y sinérgicos hacia otras ramas de la economía nacional. No se registraron “eslabonamientos hacia atrás” porque la mayoría de los insumos fueron importados con una tecnología capital intensiva cuya inversión ejecutada fue de USD 3.330 millones (2010- 2019). Las exportaciones de metales, fueron el 2,3 % del total (2010-2017) pero, no se observaron “eslabonamientos hacia adelante” porque los minerales se exportaron en su mayoría como concentrados con un procesamiento mínimo y porque no se contó con un sector consolidado de refinación. Las conexiones entre el enclave minero y la economía nacional solo fueron fiscales en materia de tributación y en materia de poder para definir las concesiones y lograr el control del territorio.

### **2.3. Descripción de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador**

En esta subsección se describen la eco región y base biofísica de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador y se indica la ubicación en el Ecuador, se mencionan las características relevantes de los proyectos como las inversiones, el empleo y la tecnología, como los indicadores demográficos, históricos y las condiciones sociales.

#### **2.3.1. Eco región base material de la megaminería**

Los proyectos Fruta del Norte y Mirador se sitúan en un ecosistema sensible en la Cordillera del Cóndor en la Amazonía. El territorio de la Cordillera del Cóndor contiene bosques naturales en una pendiente altitudinal que va desde los 300 hasta los 2800 metros sobre el nivel del mar (msnm) (BirdLife 2022) en las partes altas de las cuencas hidrográficas. Hacia el este se encuentra la llanura amazónica y las cuencas de agua fluyen desde la Cordillera del Cóndor a la Amazonía, hacia un piso altitudinal de menos de 1000 msnm (Varela y Ron 2018, 4).

La Amazonía alberga al principal bosque tropical del mundo, posee una de las mayores reservas de biodiversidad, es proveedor de servicios ecosistémicos, como abastecimiento y purificación del agua, captura de carbono (CO<sub>2</sub>), regulación del clima, provisión del oxígeno

planetario y protección de la biodiversidad al ser el hogar de plantas y animales (Castillo-Eguskita y Onaindia 2016, 724).

La Amazonía ha padecido impactos socioambientales originados por cambios en el uso del suelo, el cual está asociado a las presiones sobre el territorio habitado por los pueblos amazónicos y que representa el hábitat natural de las especies. Estas transformaciones del suelo, fueron incentivados por los Estados, al considerarla como una región infra poblada y disponible para la extracción y, como consecuencia, se registró una expansión de la frontera agrícola y urbana, y la ampliación de la frontera productiva y extractiva (Rivero y Cooney Seisdedos 2010). En la Amazonía se han registrado procesos de expoliación de sus recursos naturales para comerciar con especias, caucho, madera y minerales (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 50). En las últimas décadas la Amazonía se integró a los mercados mundiales a partir del agronegocio de la soja, la práctica de la ganadería y con la extracción de madera y minerales (Rivero y Cooney Seisdedos 2010, 50). Estas actividades antrópicas generan transformaciones en el suelo y han ocasionado impactos en los ecosistemas como: temperaturas más elevadas en el territorio, cambio en los ecosistemas selváticos, pérdida de bosques tropicales; impactos sobre los pueblos originarios y cambios en las dinámicas territoriales en sitios habitados ancestralmente por pueblos indígenas (Mejia, Orellana, y Cabrera 2021).

La Amazonía ha sufrido procesos de degradación a causa de factores antropogénicos y, si se alteran sus ciclos naturales, se puede afectar la propia capacidad de recuperación de los ecosistemas y llegar a un punto de no retorno y como consecuencia convertir a su ecosistema en una sabana africana, es decir un bioma que no es ni un bosque ni un desierto (Nobre 2021).

La Cordillera del Cóndor es un sistema montañoso aislado de la Cordillera de los Andes, el tipo de suelo se compone de arenisca con pocos nutrientes y tiene ríos y riachuelos de aguas blancas y negras, todos estos elementos interactúan para generar ecosistemas únicos y diversos (Guayasamin y Bonaccorso 2013, 16). En las partes más elevadas de la Cordillera se estima que existe la mayor diversidad de flora del planeta, con cuantiosas especies endémicas y formaciones vegetales únicas en su tipo (BirdLife 2022). La Cordillera cuenta con cuatro tipos de bosque: Bosque denso piemontano, Bosque denso montano bajo, Bosque chaparro y Páramo arbustivo atípico (Guayasamin y Bonaccorso 2013, 18).

Esta zona geográfica es poco explorada por lo que se estima la existencia de un número alto de especies aún no descubiertas por la ciencia. Se estima que la Cordillera del Cóndor contiene

una gran biodiversidad, con un registro de más de 600 especies (BirdLife 2022) y la presencia de especies endémicas.

La Cordillera del Cóndor muestra una gran cantidad de especies de mamíferos: contiene más de 20 especies de murciélagos (quirópteros), se encuentra la especie endémica del Ratón marsupial del Cóndor (*Caenolestes condorensis*) (A. F. Vallejo y Boada 2021), y mamíferos grandes como el Jaguar (*Panthera onca*) (A. F. Vallejo y Boada 2021), el mono araña de vientre amarillo (*Ateles belzebuth*) (A. F. Vallejo y Boada 2021), la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) (Lariviere 1999), el tapir amazónico (*Tapirus terrestres*) (Castellanos et al. 2022) y el pecarí de labios blanco (*Tayassu pecari*) (A. F. Vallejo et al. 2022).

En la cordillera existe una gran diversidad de anfibios, con 15 especies de anfibios del género *Eleutherodactylus*, y algunas pueden ser especies endémicas como la rana bromelícola (Pristimantis Muranunka) (Varela-Jaramillo, et al. 2022) y la rana de hojarasca de Parker (*Chiasmocleis parkeri*) (Páez-Rosales et al. 2019) que es una de las ranas terrestres más pequeña del Ecuador. Tiene una gran diversidad de reptiles y posee una especie de reptil endémica como la lagartija de palo gargantirrojas (*Enyalioides rubrigularis*) (Torres-Carabajal, Pazmiño:-Otamendi, y Salazar-Valenzuela 2021).

Las amenazas para la biodiversidad en la Cordillera del Cóndor lo representan la minería a pequeña y gran escala, junto con el avance de la frontera agrícola y ganadera, la introducción de enfermedades y el cambio climático (A. F. Vallejo y Boada 2021, 12). La Cordillera presenta especies de aves amenazadas como el Tody-Tyrant de pecho canela (*Hemitriccus cinnamomeipectus*) en peligro (Freile y Poveda 2019a), el cucarachero de alas barradas (*Henicorhina leucoptera*) en estado vulnerable (Olmedo, Freile, y Poveda 2019) y la tangara garganta naranja (*Wetmorethraupis sterrhopteron*) en peligro crítico (Freile y Poveda 2019b).

### **2.3.2. Ubicación de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador**

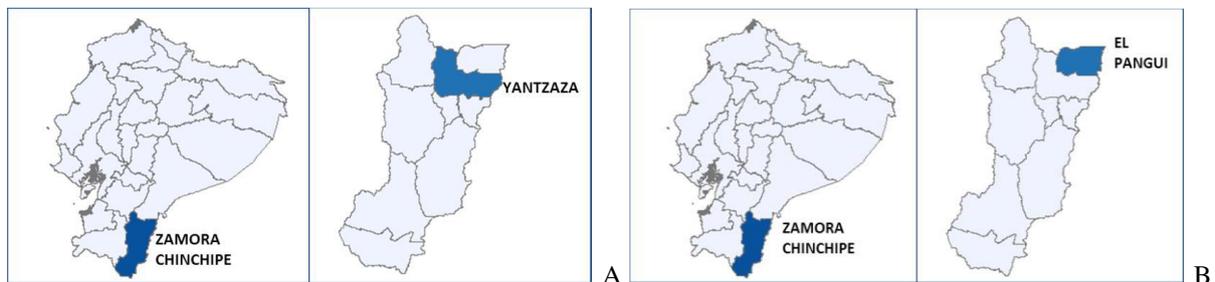
La actividad megaminera se desarrolla en los proyectos Fruta del Norte y Mirador, los cuales se localizan al sureste en la Cordillera del Cóndor, en la provincia de Zamora Chinchipe, contiguos a la frontera entre Ecuador y Perú. Ambos proyectos se encuentran en línea recta a 16 kilómetros entre sí. A continuación, se presenta la ubicación de los proyectos Fruta del Norte y Mirador en un mapa georreferenciado en la provincia de Zamora Chinchipe (mapa 3) y según los cantones Yantzaza y El Panguí (mapas 4 y 5).

## Mapa 2.4 Ubicación de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador



Fuente: Perez (2023).

## Mapa 2.5 Ubicación provincial y cantonal de los proyectos megamineros



Fuente: Banco Central del Ecuador (2021, 7,12).

Nota: (A) Fruta del Norte, (B) Mirador

El proyecto Fruta del Norte se encuentra ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza, parroquia Los Encuentros y se desarrolla dentro de las concesiones mineras “La Zarza”, “Colibrí 2” y “Colibrí 4” (Entrix Inc. 2016g, 1). El proyecto Mirador se ubica en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón El Pangui, parroquia Tundayme, a 545 kilómetros de Quito; 418 kilómetros del Puerto Cobre en Machala; y a 167 Kilómetros de Cuenca (Entrix Inc. 2016b, 2). Las coordenadas del proyecto Mirador son latitud 03°34’ sur y longitud 78°26’ oeste

(Entrix Inc. 2015c, 1). El proyecto Mirador está conformado por las concesiones mineras: Mirador 1, Curigem 18 y Curigem 19 (Entrix Inc. 2016a, 2).

El Ministerio del Ambiente (MAE) otorgó a Lundin Gold y a Ecuacorriente el “Certificado de Intersección”, mediante oficios N° MAE-SUIA-RA-DNPCA-2015-200557, N° MAE-SUIA-RA-DNPCA-2016-201707 y N° MAE-SUIA-RA-DNPCA-2019-206400 respectivamente, los cuales señalan que el proyecto no interseca con el sistema nacional de áreas protegidas, bosques protectores y patrimonio forestal del Estado (Entrix Inc. 2015b, 1); (Entrix Inc. Cardno 2016, 3). Aun así, los proyectos intersecan a las áreas protegidas, a los ecosistemas y a áreas bajo conservación y a los territorios indígenas. Se presentan mapas que permiten ver los límites de los proyectos megamineros y dichas intersecciones (Ver Anexo 3). Se adjuntan en el Anexo Fotos de los proyectos mineros. (Ver fotos del proyecto Fruta del Norte en el Anexo 4 y fotos del proyecto Mirador en el Anexo 5).

### **2.3.3. Características de los proyectos**

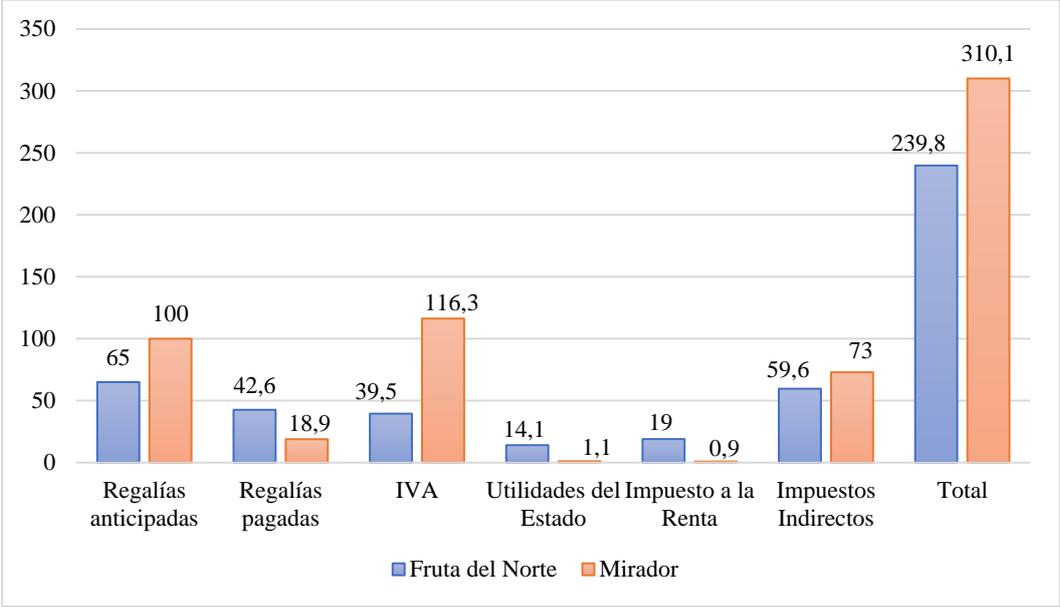
La empresa Gencor descubrió indicios de un yacimiento de cobre, entre los años 1994 y 1996; y la Billington descubrió, en el año 1996, un gran cinturón de mineralización de cobre porfídico en la zona denominado “el cinturón de cobre” (Riofrío y Lozano 2011, 119) en las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago, que contiene altas reservas dentro del contexto latinoamericano. El cinturón de pórfidos de cobre representa alrededor de 1.650 km<sup>2</sup> y data de la edad jurásica dentro del Batolito de Zamora (Quevedo y Lowell 2017, 1). Las principales características de los proyectos Fruta del Norte y Mirador se detallan en la tabla 3.1.

**Tabla 2.1 Descripción técnica de los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

Atributo	Fruta del Norte	Mirador
Empresas	Aurelian Ecuador S.A. filial de la firma sueco-canadiense Lundin Gold (MERNNR 2020, 36)	Ecuacorriente S.A. (ECSA), subsidiaria del consorcio chino CRCC-Tongguan Investment Ltd. (MERNNR 2020, 36)
Inversión	Inversión total esperada USD 2.015 millones (BCE 2021a, 13). Ejecutada USD 1480 millones entre 2007 y el tercer trimestre de 2021, planificadas USD 99,2 millones entre el cuarto trimestre de 2021 y 2025 (BCE 2022b, 7)	Inversión total planificada USD 1240 (BCE 2021a, 8) millones, superada por la inversión ejecutada de USD 1502 millones entre 2001 y el tercer trimestre de 2021, planificadas USD 84,9 millones para el cuarto trimestre 2021 y 2024 (BCE 2022b, 12).
Contrato	Extracción de 3500 toneladas por día (t/d) (Entrix Inc. 2016b, 105) en 15 años (Lundin Gold 2021)	Extracción de 60 000 t/d (Entrix Inc. 2016b, 4) en 30,2 años (Entrix Inc. 2015 4, 25)
Beneficios esperados	USD 2077 millones (BCE 2021b, 9)	USD 13 171 millones (BCE 2021b, 14)
Reservas	Presenta 5,4 millones de onzas de oro (Au) y 7,7 millones de onzas de plata (Ag) (Lundin Gold 2021c), que equivalen a 153 toneladas de oro (Au) y 218 toneladas de plata (Ag)	Presenta 2,9 Mt de cobre (Cu) (Entrix Inc. 2015c, 11). Yacimiento con valores anómalos de cobre, zinc, molibdeno, oro y plata (Entrix Inc. 2015c, 2).
Método de extracción	Mina Subterránea (Entrix Inc. 2016c, 35). Flotación y separación con reactivos: hidróxido de sodio (NaOH) y cianuro de sodio (NaCN) (Entrix Inc. 2016g, 92)	Mina a cielo abierto (Entrix Inc. 2015e, 2) Flotación y separación con reactivos: Cal hidratada 2000 gr/ton, Butyl Xantate 30 gr/ton, PAC 20 gr/ton y Aceite de Pino 10 gr/ton (Entrix Inc. 2016b, 26)
Diseño de las presas de relaves	Método “aguas abajo” (Entrix Inc. 2016b, 35, 99)	Método de las presas Quimi y Tundayme “aguas arriba”, falla inevitable de las presas (Emerman 2019, 3, 14, 38; Emerman 2023). Según la empresa ECSA: método “eje central” para la presa Quimi y método “aguas abajo” para la presa Tundayme, ambas presas son estables y seguras (Ecuacorriente S.A. 2023, 3)
Comienzo de la extracción	14/11/ 2019 (MERNNR 2020, 36)	18/7/2019 (Primicias 2019)

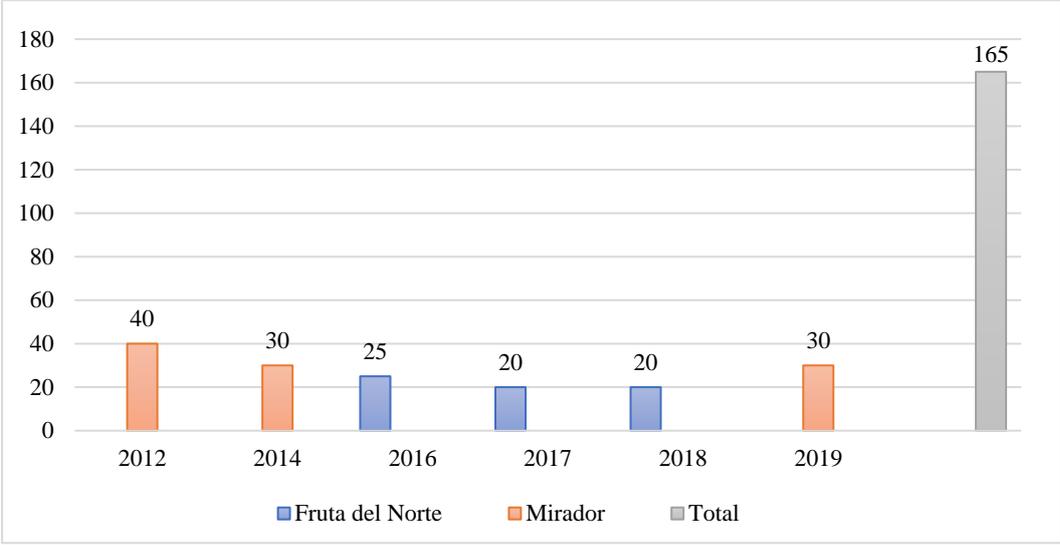
*Fuente:* Entrix Inc. (2015, 4, 25); Entrix Inc. (2015a, 2,11); Entrix Inc. (2015c, 2); Entrix Inc. (2016b, 4, 26, 35, 99, 105); Entrix Inc. (2016c, 35, 92); Emerman (2019); Primicias (2019); MERNNR (2020, 36); BCE (2021b, 9, 14); (Lundin Gold 2021b); (Lundin Gold 2021a); BCE (2022b, 7, 12).

**Gráfico 2.10 Ingresos fiscales, impuestos y regalías, de los proyectos Fruta del Norte en 2003-2021 y Mirador, 2010- 2021 (millones USD)**



Fuente: BCE (2022, 9,10,15).

**Gráfico 2.11 : Regalías anticipadas, 2012- 2019 (millones USD)**



Fuente: MERNNR (2020, 43).

La recaudación tributaria en concepto de regalías anticipadas, en el período 2012-2019, ascendió a USD 65 millones en el proyecto Fruta del Norte y 100 millones en el proyecto Mirador, y en total ascendió a USD 165 millones (MERNNR 2020, 43) que de manera conjunta representan, en promedio, en dicho período USD 23,57 millones por año. La tabla 3.2 presenta la descripción financiera de los proyectos Fruta del Norte y Mirador.

**Tabla 2.2 Descripción financiera de los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

Concepto	Fruta del Norte	Mirador	Total
Valor de las exportaciones (millones USD)	7862	36 919	44 781
Beneficios al Estado (millones USD)	2118	9748,4	11 866
Duración de la extracción (años)	15	30	15 - 30
Ingreso anual promedio al Estado (millones USD)	141,2	325	(*) 466,2 (**) 325
Participación en porcentajes de la recaudación tributaria anual porcentajes (%)	0,78	1,81	(*) 2,59 (**) 1,81

Elaborado por el autor en base a Acosta et al. (2020, 124, 125, 126); BCE (2022d, 8, 9, 14).

Nota: \* cero a 15 años; \*\*15 a 30 años.

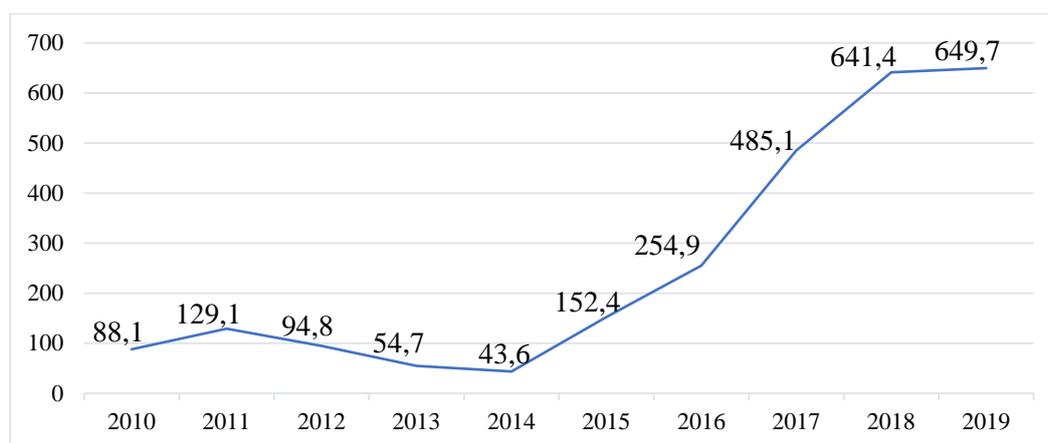
De esta forma, desde el sector público se planea que la megaminería compuesta por los proyectos Fruta del Norte y Mirador aporten el 2,6 % de la recaudación tributaria anual en los primeros quince años de la extracción y luego, al finalizar la extracción del proyecto Fruta del Norte, que el proyecto Mirador contribuya en el 1,8 % de la recaudación tributaria anual.

Estos costos no consideran un conjunto de daños sociales y ambientales, presentes y futuros, como se examinará a profundidad en las secciones 3.3 y 4.3 de esta tesis. Por ejemplo, el agua apropiada y tomada de los ríos, no se consideran los costos por afectar a otras actividades económicas como el turismo (Carrión Sánchez y Sánchez Cárdenas 2014) y no se están considerando las externalidades negativas a futuro, como son los impactos a los ecosistemas y a la calidad del agua de los ríos (Acosta et al. 2020).

#### **2.3.4. Inversiones en los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

Los cinco proyectos mineros estratégicos, Fruta del Norte, Mirador, Loma Larga, San Carlos Panantz y Río Blanco, presentan una inversión ejecutada en el período 2010-2019 de USD 2594 millones. El aumento de la inversión a partir del año 2014 en los proyectos estratégicos coincide con la firma de los contratos de exploración de los proyectos Fruta del Norte (2016) y Mirador (2014) y son estos proyectos megamineros quienes explican la tendencia ascendente en la inversión ejecutada a partir del año 2014 (MERNNR 2020, 36, 38).

**Gráfico 2.12 Inversión en proyectos estratégicos, 2010- 2019 (millones de USD)**



*Fuente:* MERNNR (2020, 36).

La megaminería es el sector destacado de la minería ecuatoriana en recepción de inversiones porque representa el 96,2 % del total de los proyectos estratégicos, en el período 2010-2019, por USD 2582 millones. En efecto, el proyecto Fruta del Norte recibió el 49,7 % del total de las inversiones ejecutadas por USD 1334 millones en el período 2007-2019 y el proyecto Mirador obtuvo el 46,5 % del total de las inversiones ejecutadas por USD 1248 millones en el período 2010-2019 (MERNNR 2020, 36).

### **2.3.5. Empleo de los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

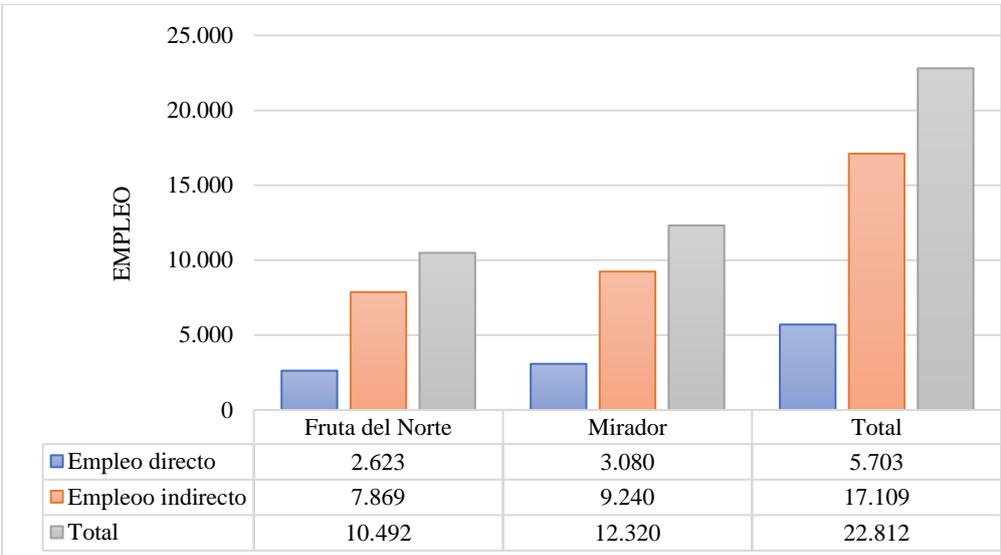
La megaminería no genera empleo masivo, dado que se trata de una actividad capital intensiva; los empleos generados son escasos, pero mejor remunerados que la media nacional; el tiempo de duración de los empleos tiene relación con la etapa de la extracción. En las primeras etapas se contratan obreros poco calificados para la construcción del campamento y de las obras de infraestructura; por el contrario, en las etapas de extracción se requiere mano de obra calificada en mayor proporción para la operación de maquinaria pesada y la ejecución de procesos complejos (Monash 2019b).

Desde Lundin Gold, en el proyecto Fruta del Norte, se diseñó y ejecutó una estrategia de despidos de la mano de obra local no calificada de las comunidades, por el cambio de fase de la etapa de construcción a la fase de extracción. Ante el inminente despido de mano de obra local y para evitar conflictos sociales durante la transición, la firma desarrolló una encuesta para conocer las expectativas de sus trabajadores (Monash 2019b). Al plantel de operarios que iban a ser cesanteados se les ofreció realizar talleres de transición laboral en planificación financiera, diseño de hojas de vida y apoyo a emprendimientos productivos y luego se contrató a un número reducido de ellos en proyectos tercerizados (e.g. provisión del catering e indumentaria)

(Monash 2019b). De esta manera Lundin Gold se aseguró que no hubiera paralizaciones en la extracción por el despido masivo de personal.

En el año 2019, el sector megaminero empleaba de forma directa 10 500 trabajadores (MERNNR 2020, 32) y en el año 2021 se observa que la megaminería empleaba de forma directa en promedio a 5703 personas (BCE 2022b, 12, 15). Se despidieron a los trabajadores poco calificados por el cambio de la etapa de construcción a la etapa de extracción (Monash 2019b) y por la paralización de la actividad extractiva y la reducción de personal por la pandemia del Covid-19 (BCE 2022d, 7, 13, 14).

**Gráfico 2.13 Inversión en proyectos estratégicos, 2010- 2019 (millones de USD)**



Fuente: BCE (2021b, 11,15); BCE (2022a, 12, 15).

Dado que el empleo a nivel nacional en el año 2021 alcanzó la cifra de 7 905 981 puestos de trabajo (INEC 2022), los 5703 empleos directos generados por la megaminería (BCE 2022b, 12, 15) representaron el 0,07 % del empleo nacional.

**2.3.6. Tecnología utilizada en los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

La megaminería se basa en una tecnología hidro química (Machado et al. 2011, 18) en la que, para poder procesar la materia diseminada, se requiere utilizar grandes cantidades de agua y energía. Estos proyectos con minerales diseminados fueron descartados en el pasado por las imposibilidades tecnológicas que implicaban elevados costos y que hacían inviable la extracción. En la extracción megaminera, la materia extraída se mezcla con agua, químicos y metales pesados con el fin de separar los minerales dispersos de la roca y, luego se busca concentrar los minerales mediante los procesos de espesado, concentrado y filtración (Entrix Inc. 2016b, 26).

El agua es un insumo clave para hacer posible la extracción megaminera y para que la extracción sea económicamente viable y tecnológicamente posible, las empresas megamineras se instalan cerca de las cuencas de los ríos para proveerse del agua fresca de forma gratuita. El proyecto Fruta del Norte se abastece de agua de las quebradas de la microcuenca de los ríos Machinaza y Zarza (Entrix Inc. 2016g, 223) y en el proyecto Mirador se capta el agua de los ríos Namacunza y Tundayme (Entrix Inc. 2016b, 33).

Los yacimientos en extracción en la Cordillera del Cóndor presentan minerales diseminados. Por esta razón, las empresas deben determinar la concentración de minerales y su rentabilidad. Para ello, se establece un punto de corte para clasificar a los minerales en dos tipos: el que supera la concentración de minerales determinada, que es la parte útil porque posee un valor económico y se lo denomina *mena* y, la que es inferior a la concentración estipulada, se la considera como mineral de baja ley o materia estéril y se la descarta (Entrix Inc. 2015c, 21, 22).

En el proyecto Fruta del Norte se estableció una ley de corte del oro de 3,8 gramos por tonelada (Lundin Gold 2021c). Se estima que la reserva total del cuerpo mineralizado es de 14,78 mega toneladas (Mt) (Entrix Inc. 2016g, 105) y la roca estéril es de 1,3 a 1,5 Mt de (Entrix Inc. 2016g, 71). El yacimiento presenta una ley geológica promedio de concentraciones de 8,1 gramos por tonelada (g/t) de oro (Au) y de 11,8 g/t de plata (Ag) (Lundin Gold 2021c) en el depósito Bonza-Las Peñas (Entrix Inc. 2016g, 27).

Por su parte, el proyecto Mirador realiza la extracción en un yacimiento que presenta un volumen de mineralización primaria de sulfuros de cobre de forma diseminada, y todo el material de roca extraído está mineralizado (Entrix Inc. 2015c, 21). La empresa Ecuacorriente para asegurarse el beneficio económico, “seleccionó para el diseño de minado como ley de corte (mínima ley para poder explotar) de Cu 0,3%”(Entrix Inc. 2015c, 2). La cantidad de recursos minerales medidos e indicados es de 531 millones de toneladas (Entrix Inc. 2015c, 11). Presenta una ley geológica promedio de Cobre (Cu) de 0,591%, oro (Au) de 0,20 g/t, molibdeno (Mo) de 0,004%, plata (Ag) 1,6 g/t, y Azufre (S) de 2,70% (Entrix Inc. 2015a, 22).

### **2.3.7. Demografía y condiciones sociales**

La colonización de la provincia de Zamora Chinchipe estuvo caracterizada por varias etapas. En 1549 fue fundada la antigua ciudad de Zamora de los Alcaldes por Hernando de Benavente y fue un asentamiento español de la época de la colonia en la cual alcanzó mucha prosperidad por la extracción de oro, pero en 1599 sufrió una sublevación del pueblo Shuar y la población fue menguando hasta desaparecer (García 2019, 13). Hacia 1840, la cuenca del río Mayo-

Chinchi fue poblada por colonos llegados desde Loja y Perú, pero las sublevaciones y los ataques de los pueblos originarios shuar la extinguieron. En 1850 la colonización se originó desde la provincia del Azuay hacia el cantón Yacuambi, compuesta por la nacionalidad Saraguro y mestizos. En 1897 los misioneros franciscanos se retiraron por las amenazas del pueblo shuar y falta de apoyo militar (García 2019, 29). Los proyectos de colonización fueron motivados por el Estado, basado en que se tenían tierras baldías que debían ser puestas a producir (Gondard y Mazurek 2001). Los objetivos del Estado en materia de colonización del siglo XX eran: integrar las tierras a actividades económicas, descomprimir a las zonas densamente pobladas de la región Andina del Ecuador y fortalecer la seguridad nacional al poblar territorios disputados con Perú (Reboratti 1990). Los procesos de colonización en la Amazonía originaron cambios de usos del suelo, la transformación de los espacios rurales, la expansión de pastizales (Sierra 2000) y deforestación (Reboratti 1990). En la Amazonía sur, luego de resolverse los conflictos limítrofes con Perú, se observó una mayor presencia del Estado y, desde el 2000 se observaron mayores proyectos viales que facilitaron la deforestación y una nueva ola de colonización (Buitrón Cañadas 2017, 105). La mejor conectividad vial, requerida por los proyectos megamineros, alteró el asilamiento histórico-económico y geológico de la Cordillera del Cóndor (Buitrón Cañadas 2017, 105), que permitió una nueva ola colonizadora de origen trasnacional.

El tema del conflicto por los derechos de propiedad de la tierra y la propiedad del subsuelo, ha sido motivo de lucha permanente para las comunidades de la Cordillera del Cóndor (Fabra López 2014). La “Ley de Oriente” de 1894, le otorgó la potestad al Estado de adjudicar terrenos baldíos a los colonos campesinos, pero estos territorios estaban habitados por indígenas por generaciones, lo que originó conflictos entre los pueblos Shuar y los campesinos de la sierra; en 1964 se registró una segunda ola colonizadora por la expedición de la “Ley de Reforma Agraria y Colonización en los Trópicos Húmedos”, que buscaba descomprimir los conflictos sociales de la sierra y fortalecer los procesos del cacao y banano y; en 1973 aconteció la tercera ola colonizadora, a raíz del decreto de la “Segunda Ley de Reforma Agraria y Colonización y la Ley de Tierras Baldías”, atrayendo a campesinos de Loja y del Azuay, quienes fueron perjudicados por la sequías de la década de 1960 del sur del Ecuador y por los procesos de deforestación en los territorios (Fabra López 2014, 61).

Las comunidades campesinas, mestizas e indígenas que habían accedido a la propiedad de las tierras en los territorios amazónicos por medio de las leyes de reforma agraria, padecieron el incumplimiento de la normativa legal vigente por parte de la compañía Ecuacorriente S.A. y

del Estado, en un proceso legal pero no legítimo de venta de tierras (Fabra López 2014, 8). Las empresas megaminerías necesitaban tener el control del territorio en el área de influencia directa e indirecta del proyecto Mirador y, en consecuencia, utilizaron una estrategia sistemática de apropiación de tierras y procedieron a vaciarlo de las personas que lo habitaban históricamente para hacer posible la extracción.

La empresa Ecuacorriente perpetró una estrategia sistemática de apropiación masiva de tierras que impuso en una población vulnerable la venta forzada de tierra de forma legal pero no legítima (Figueroa 2015, 58); realizó la compra de tierras de manera individual, involuntaria e inducida con cada propietario con precios inequitativos (Figueroa 2015, 55, 56); durante la fase de exploración se realizó la compra de tierras mediante la participación de intermediarios y se le pagó un precio vil a los antiguos propietarios (CEDHU y FIDH 2010, 86; Figueroa 2015, 57); efectuó asesoramientos “gratuito” a familias shuar para formalizar el título de propiedad, para luego proceder a la negociación y compra (CEDHU y FIDH 2010, 72; Figueroa 2015, 59); relocalizó a las familias shuar que habitaban en ambas márgenes del río Quimi sin compensaciones (Figueroa 2015, 61); perpetró acciones administrativas (CEDHU y FIDH 2010, 119; Figueroa 2015, 66), demandas por servidumbre en 50 predios de familias que se negaban a la venta de sus propiedades (Figueroa 2015, 67).

Las comunidades estuvieron conformadas por comuneros que se organizaban en economías productivas familiares, dedicadas a la agricultura y a la ganadería, y en actividades extractivas familiares, como la tala y la minería artesanal (FIAAM 2009). Estas actividades eran autosustentables (Solíz 2016, 76) y le permitía a la comunidad gozar de la soberanía económica, y alimentaria (Solíz 2016, 143). Luego de la intervención de las empresas mineras en el territorio se observó una transición desde las economías familiares, productivas y autosuficientes hacia una economía de pago de servicios por la venta de la fuerza de trabajo (Solíz 2016, 72). Se crearon una serie de dependencias en el mundo laboral denominada “encadenamiento laboral”, que se tradujo en la doble dependencia del empleo en las empresas mineras y del consumo de bienes manufacturados (Solíz 2016, 76). El ingreso de la minería al territorio incidió en el plano de las aspiraciones, en el cual una parte de los habitantes preferían emplearse en una empresa minera antes que el trabajo en el campo y, de esta forma se alteraron los proyectos de vida comunitarios, familiares y personales y se fragmentaron las comunidades (Solíz 2016, 85).

La provincia de Zamora Chinchipe es una de las menos pobladas del Ecuador y, en 2010, contaba con 91 376 personas, que representaban al 0,7 % de la población nacional (17 510 643)

(INEC 2010b). Los cantones Yantzaza y El Pangui tenían, respectivamente, 18 675 y 8619 personas (INEC 2010b), que representaban el 20,4 % y el 9,4 % de la población provincial (Burbano et al. 2021). Las parroquias Los Encuentros y Tundayme contaban, respectivamente con 3658 y 737 habitantes (INEC 2010b), que representaron el 19,6 % y el 8,6 % de la población cantonal. El crecimiento poblacional proyectado por el INEC en el período 2010-2020 de Zamora Chinchipe (2,8%), Yantzaza y los Encuentros (3,5 %), El Pangui y Tundayme (2,8 %), es superior a la media nacional (1,9%) (INEC 2010a). Con estas tasas de crecimiento, en 2020, las poblaciones proyectadas fueron: 120 416 personas en Zamora Chinchipe (INEC 2010a); 26 447 cantón Yantzaza y 10 945 cantón el Pangui; y 5180 parroquia Los Encuentros y 936 Tundayme, pero no cambian de manera significativa las participaciones relativas del Censo 2010 (INEC 2010b) citadas anteriormente (Burbano et al. 2021). En síntesis, la megaminería sitúa la extracción en zonas muy poco pobladas del Ecuador y en los cantones y parroquias menos habitados, es decir en la “periferia de la periferia” mundial, nacional y local.

En materia de sanidad, los indicadores de cobertura de agua por red pública, eliminación adecuada de excretas y servicio de recolección de residuos en los cantones Yantzaza y El Pangui, son de menor alcance en relación a la media nacional (Burbano et al. 2021, 2). Esta situación en las parroquias Los Encuentros y El Pangui presentó coberturas sanitarias mínimas menores al 50% (INEC 2010b).

**Tabla 2.3 Indicadores de sanidad (porcentajes)**

Nivel	Cobertura de agua potable (%)	Eliminación de excretas (%)	Recolección de residuos (%)
Nacional	72,0	87,6	77,0
Cantón Yanzatza	63,7	64,3	65,8
Cantón El Pangui	65,6	65,5	59,1
Parroquia Los Encuentros	47,1	41,2	44,8
Parroquia Tundayme	44,2	49,4	37,8

*Fuente:* INEC (2010b); Burbano et al. (2021, 2).

La educación formal en la zona de la extracción presentó, en el año 2010, bajos indicadores respecto al nivel nacional, con la excepción del alfabetismo en el cantón Yanzatza (INEC 2010b; Burbano et al. 2021, 2). Los años de escolaridad de la población, en 2010, en las parroquias de Los Encuentros y Tundayme solo tuvieron acceso a la educación primaria y, en consecuencia, el 21,7 % de los estudiantes de Los Encuentros y el 10,3 % de los estudiantes en Tundayme tuvo que viajar a otra localidad para continuar con sus estudios (INEC 2010b;

Burbano et al. 2021, 2). Esto muestra el escaso nivel educativo y la falta de oportunidades que tuvieron estas comunidades donde se desarrolla la minería a gran escala.

**Tabla 2.4 Indicadores de educación (porcentajes)**

Nivel	Alfabetismo (%)	Años de escolaridad	Viaja para estudiar (%)
Nacional	92,0	8,3	9,8
Cantón Yanzatza	92,2	7,8	16,6
Cantón El Pangui	90,1	6,9	15,7
Parroquia Los Encuentros	90,9	7,1	21,7
Parroquia Tundayme	88,1	6,4	10,3

*Fuente:* INEC (2010b); Burbano et al. (2021, 2).

En los cantones Yantzaza y El Pangui y en las parroquias Los Encuentros y Tundayme, en 2010, la principal actividad económica fue la agricultura, un porcentaje superior a la media nacional seguida del Comercio, Explotación de Minas y Canteras, Construcción; y, en Tundayme, Otros Servicios. Las principales categorías de ocupación fueron los trabajadores por cuenta propia y los jornaleros (INEC 2010b; Burbano et al. 2021, 3,4). En base a los pocos años de escolaridad, es factible que las condiciones laborales de la mayoría de trabajadores autónomos no fueran de empleo adecuado. La cobertura de la red de electricidad a nivel nacional fue del 94,8 % y en la zona de estudio los valores fueron inferiores, destacando en Tundayme, el 34,6 % de la población carece de energía eléctrica Burbano et al. 2021, 3, 4). La población de estas comunidades tuvo que trasladarse a otra localidad para desempeñar su trabajo.

**Tabla 2.5 Actividades económicas (sector, porcentajes)**

Nivel	Actividades económicas	Categoría de ocupación	Cobertura Eléctrica (%)	Trabaja en otra ciudad (%)
Nacional	Agricultura (21%), Comercio (18%), Minas y canteras (1%), Construcción (6%)	Cuenta propia (27%), Jornalero (12%)	94,8	21,8
Cantón Yanzatza	Agricultura (30%), Comercio (12%), Minas y canteras (7%), Construcción (7%)	Cuenta propia (39%), Jornalero (16%)	92,2	25,1
Cantón El Pangui	Agricultura (30%), Comercio (7%), Minas y canteras (7%), Construcción (6%)	Cuenta propia (42%), Jornalero (18%)	85,2	20,4
Parroquia Los Encuentros	Agricultura (46%), Minas y canteras (19%)	Cuenta propia (42%), Jornalero (15%)	83,5	21,7
Parroquia Tundayme	Agricultura (37%), Minas y canteras (19%), Otros Servicios (13%)	Cuenta propia (39%), Jornalero (8%)	65,4	5,8

Fuente: INEC (2010b); Burbano et al. (2021, 3, 4).

A nivel nacional, en 2010, el 7% de la población se autodefinió como indígena, pero en los cantones de la zona de la extracción fue mayor, registrándose en Yanzatza el 10,5 %, y en El Pangui cerca del 20 % Burbano et al. 2021, 3). En 2010 de la población que se identificó como indígena (no la población total) arrojó los siguientes porcentajes: en el cantón El Pangui la población Shuar alcanzó un 85 % y; en el cantón Yanzatza el pueblo Shuar alcanzó el 44 % y del pueblo Saraguro registró el 23 %. En base a esta información, se observó la presencia de pueblos originarios en las comunidades donde se desarrolla la extracción.

**Tabla 2.6 Origen étnico (cantidad, porcentajes)**

Nivel	Población indígena (%)	Pueblo y nacionalidad (cantidad, %)
Nacional	7,0	14 pueblos 18 nacionalidades
Cantón Yanzatza	10,5	Shuar (44%), Saraguro (35%)
Cantón El Pangui	19,3	Shuar (85%)
Parroquia Los Encuentros	16,2	Shuar (64%), Saraguro (23%)
Parroquia Tundayme	20,2	Shuar (86%)

Fuente: INEC (2010b); Burbano et al. (2021, 3)

A modo de cierre de este capítulo, pudimos constatar que el sector minero en Ecuador representa un enclave, sin aportes significativos a la economía nacional en materia de empleo y PIB y los minerales se exportan con un procesamiento mínimo. El único vínculo relevante con

la economía nacional fue el de las inversiones físicas y el fiscal. La megaminería se ubica en una eco región sensible, en el sistema superior de las cuencas hidrográficas, con mega biodiversidad. La tecnología megaminera se basa en los mismos principios del pasado para aumentar la concentración de minerales, pero con una relación capital intensiva. La minería a gran escala no es limpia dado que deja ingentes cantidades de materia tóxica en el territorio. La megaminería se sitúa en un territorio habitado por comunidades indígenas y colonos y, se han registrado procesos de apropiación de tierras legales, pero no legítimos y procesos de fractura de las comunidades.

Este diagnóstico esencial del sector megaminero, facilita la comprensión del metabolismo social megaminero, que se abordará en los siguientes capítulos.

### **Capítulo 3. Materiales y métodos**

Primero, se examinan las entradas y salidas de materia y energía, en base a la metodología elaborada por los investigadores del metabolismo social como: Bringezu del Instituto Wuppertal de Clima, Medio Ambiente y Energía; Fischer-Kowalski del Instituto de Ecología Industrial de Austria; Kleijn (2011) y a los aportes de 2017; Toledo, Infante-Amate y González de Molina de la Universidad de Granada en España . En base de estos cómputos y estudios realizados, en segundo lugar, se construye una metodología propia del metabolismo social de la megaminería industrial ecuatoriana, tanto para el momento actual como para el futuro (materiales acumulados), considerando el conjunto de riesgos potenciales que acarrearán las actividades extractivas. Cabe recalcar, que se trata de un ejercicio inédito que requiere ser perfeccionado, a medida que se cuente con información de mejor calidad. Tercero, se analizan otros impactos sociales y ambientales que son relevantes para la comprensión de la megaminería y que no necesariamente se capturan en el metabolismo social. Estos impactos tienen relación con la biodiversidad, las comunidades y las generaciones futuras.

Se entiende por impacto social al grado de afectación que tienen las acciones de proyectos públicos y privados y que suceden a nivel de un individuo, de una unidad familiar, de una organización social, de una institución o de una comunidad en su conjunto. Algunos impactos son corpóreos , y otros impactos son perceptivos o emocionales. Hay impactos intencionados y no intencionales. Los impactos se pueden interpretar en una dirección positiva o negativa. Los impactos sociales pueden afectar diversas dimensiones como: salud y bienestar social, calidad del entorno de vida, economía, cultura, familia y comunidad, institucionales, política, equidad, género (van Schooten, Vanclay, y Slootweg 2003).

El concepto de impacto ambiental o biofísico se caracteriza como el resultado de las acciones de proyectos públicos y privados, que se produce en el medio ecológico biofísico. Se compone de los efectos previsibles directos e indirectos sobre la población, la flora, la fauna, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico-artístico y el arqueológico (Pardo 1998).

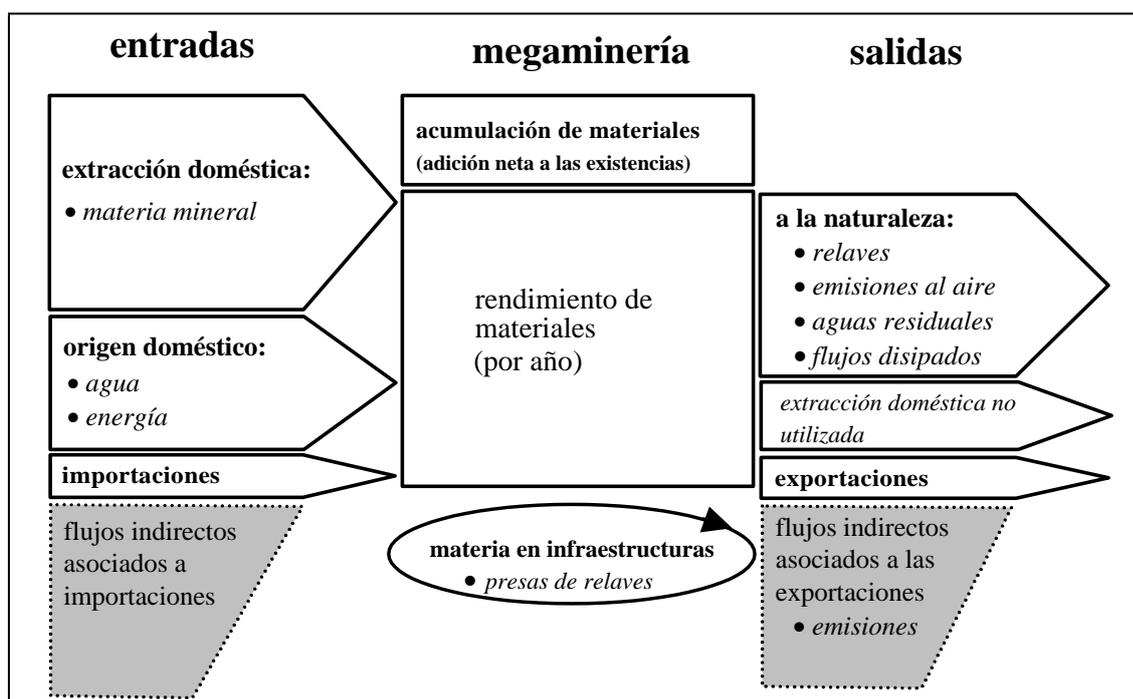
#### **3.1. Metabolismo social megaminero**

El metabolismo social megaminero permite distinguir y analizar, de manera física, los flujos de entrada y de salida. Por medio de la apropiación, las empresas megaminerías se nutren de materia, agua y energía, que son necesarias para la extracción y que le permiten la reproducción del capital. En la transformación se dan cambios provocados en la materia mineral extraída, la

cual es modificada por medio de procesos físicos y químicos, con agua y metales pesados, para aumentar su concentración. Para poder operar una tecnología a gran escala y capital intensiva, se requiere el consumo de grandes cantidades de energía. Como resultado se obtienen nuevos metales y concentrados de minerales, los cuales son exportados a la economía global para continuar con los procesos de reproducción del valor. Las empresas megaminerías, en base al criterio de la minimización de costos, reutilizan la materia extraída para sus obras de infraestructuras. La excreción megaminera consiste en flujos de materiales y energía hacia la naturaleza como desechos mineros denominados “relaves”, los cuales se disponen separados del medio ambiente por su toxicidad, (mala) calidad y cantidad de los residuos excretados a los ecosistemas. Se generan flujos indirectos en la economía nacional e internacional, asociados a las exportaciones mineras en lo que tiene que ver al transporte del material, pues se consumen combustibles fósiles, que generan emisiones de los gases. La actividad megaminera se sitúa en una base biofísica conformada por valores de fondo como: los ecosistemas, los sistemas fluviales, las especies y las comunidades.

En esta investigación se identifican las etapas del metabolismo social megaminero en su dimensión física. El metabolismo social megaminero comienza cuando las firmas *juniors* (empresas de exploración) se apropian y toman el control del territorio para abastecerse de la materia mineralizada, el agua y la energía de la naturaleza. La materia, el agua y la energía constituyen los flujos de las entradas del metabolismo social megaminero. Luego continúa la etapa de transformación, que es llevada a cabo por empresas *majors* (empresas intensivas en capital), que consiste en tomar la materia extraída y utilizar agua y energía para separar los minerales de la materia mediante procesos físicos y químicos, hasta obtener una mayor concentración de minerales y refinación de metales. A posteriori se encuentra la etapa de circulación dentro del sistema económico nacional mediante el transporte terrestre y, en el sistema económico internacional mediante el transporte marítimo. En la etapa de consumo se busca satisfacer las necesidades humanas, históricamente determinadas, mediante la fabricación de bienes de consumo (con obsolescencia programada y percibida), conspicuos y suntuarios. El metabolismo social megaminero finaliza con la etapa de excreción, que consiste en descartar los relaves del proceso megaminero (compuestos por metales pesados y químicos mezclados con tierra, roca triturada y agua) en presas que los aíslan, al menos en teoría, del medio ambiente debido a su toxicidad. En el proceso megaminero existe también una salida indirecta de excretas, compuesta por las emisiones gaseosas emitidas al medio ambiente por los medios de transporte durante la quema de combustibles fósiles (Ver figura 3.1).

**Figura 3.1 Metabolismo social megaminero físico**



Elaborado por el autor en base a Eurostat (2001, 16)

Los indicadores totales del metabolismo social megaminero nos permiten observar la escala de la megaminería y cuantificar de manera agregada las entradas (materiales extraídos y movilizados, como así también el agua y la energía consumida) y las salidas (relaves, metales, concentrados de minerales y emisiones).

Los datos de la extracción de materia, del consumo de agua y del consumo de energía se toman de los Estudio de Impacto Ambiental de los proyectos Fruta del Norte y Mirador realizados por la consultora Entrix Cardno y por el Banco Central (Entrix Inc. 2015a; Entrix Inc. 2016a; BCE 2021a; BCE 2022b, BCE 2023; BCE 2024).

Las unidades agregadas de los flujos de entrada se detallan a continuación: la materia extraída se expresa en Millones de toneladas métricas (Mt), el agua se expresa en Millones de metros cúbicos ( $Mm^3$ ) y el flujo de energía se expresa en Giga Watios hora (GWh). Se indican las unidades agregadas de los flujos de salida: los concentrados de minerales (cobre, oro, plata) se expresan en toneladas, los metales refinados (oro y plata) se expresan en kilogramos, la materia reciclada para las presas de relaves y los relaves se expresan en millones de toneladas métricas (Mt). El flujo de salida de las emanaciones a la atmósfera asociado a las exportaciones, se expresa en toneladas de dióxido de carbono ( $t\ CO_2$ ).

El período de análisis corresponde al sistema megaminero conformado por los proyectos Fruta del Norte y Mirador, el cual comienza desde el inicio de la extracción, en julio del año 2019 en Mirador y septiembre del año 2019 en Fruta del Norte hasta marzo de 2022. En el proyecto Fruta del Norte, en el período de estudio, los días efectivos de extracción fueron 881. En el proyecto Mirador los días efectivos fueron 794, se considera la extracción máxima de 330 días por año, razón por la cual se reducen los días efectivos al 90 %.

El período de estudio es el mismo para todo tipo de flujos, independiente cualquier flujo en particular, e incluso si hay retardo. En los meses en los cuales se observaron paralizaciones, los distintos flujos de entrada al metabolismo social megaminero fueron cero. En el año 2020 se considera la interrupción causada por la pandemia del Covid-19 en el cual todos los flujos fueron cero. En el proyecto Fruta del Norte se paralizó la extracción en los meses de abril y mayo de 2020 (BCE 2022d, 8) y en el proyecto Mirador se paralizó la extracción en los meses de abril, mayo, junio y julio (BCE 2022d, 8). En el proyecto Mirador sucedió un accidente laboral en la planta de beneficio y el Estado emitió una resolución de paralización de las operaciones desde el 6 de septiembre de 2019 hasta el 7 de octubre de 2019, lo que afectó a la extracción en octubre y septiembre de 2019 (BCE 2022d, 8). Al año 2022 se lo considera desde enero hasta marzo, último mes con información disponible.

Para poder analizar el metabolismo social megaminero de los proyectos Mirador y Fruta del Norte, se ha recurrido a contrastar con datos de otros proyectos megamineros de América del Sur, América del Norte, Asia y África; en lo que respecta a entradas (de materia, agua, energía) y salidas ( metales, concentrados de minerales, presas y excretas de relaves) para poder realizar análisis de eficiencia en los requerimientos de las entradas y las salidas. También se realizan comparaciones con proyectos similares para poder realizar análisis prospectivo con el fin de avizorar el futuro en materia de colapsos de las presas de relaves y de los impactos ambientales y sociales.

### **3.1.1. Entradas**

El primer paso consiste en construir el Cuadro1 en el que se presentan las entradas totales al metabolismo social megaminero, conformadas por las cuentas de materia extraída y agua y energía consumida, de acuerdo al marco de la guía metodológica Eurostat (2001).

#### **Flujo de entrada de materia al metabolismo social megaminero**

La extracción nacional (*domestic extraction*, DE por sus siglas en inglés), se compone de la materia extraída conformada por los minerales metálicos (Eurostat 2001, 15) que se extraen

junto a la roca y a la tierra por medio de la voladura de roca con explosivos y por medio de procesos físicos utilizando maquinaria pesada. Los flujos ocultos de origen nacional se denominan extracción nacional no utilizada (*domestic unused extraction*, DUE por sus siglas en inglés) (Eurostat 2001, 15) y lo componen los minerales de baja concentración, que no son rentables económicamente, junto a la tierra y a la roca triturada. Para el cálculo de las entradas al metabolismo social megaminero, se toma como ingreso de materia la extracción nacional (DE) y la extracción nacional no utilizada (DUE), dado que ingresan de forma conjunta al metabolismo social megaminero y luego serán separadas en los diferentes procesos.

Para el cálculo de las entradas de materia al proceso megaminero, se toma la información brindada en el Boletín del Sector Minero del Banco Central (BCE 2022d). Para el proyecto Fruta del Norte se toma la información de la “extracción de mena explotada” efectivamente ejecutada (BCE 2022d, 8). En el proyecto Mirador se toma la información de la “extracción de mena explotada” efectivamente ejecutada (BCE 2022d, 13).

Para poder comparar la escala de la extracción de los proyectos Fruta del Norte y Mirador, se construye un cuadro con la extracción anual de materia. El año 2021 resulta un año representativo para los proyectos, porque se observó una extracción efectiva sin interrupciones y se amplió el nivel de extracción de 33 000 t/d a 64 200 t/d (Hochstein 2021, 3). De esta manera, se toma el año 2021 para comparar la escala de la extracción con los proyectos extractivos del mundo, (MINING.com, 2021).

Se construyen gráficos mensuales y acumulados de la materia extraída de los proyectos Fruta del Norte (BCE 2022, 8) y Mirador (BCE 2022, 13), se compara la escala de ambos proyectos y se analizan sus implicaciones.

En los flujos de entrada, la extracción doméstica, representado por la materia extraída, se expresa en toneladas por día (t/d). En el proyecto Fruta del Norte, el nivel de extracción se inició en 3 500 t/d según lo convenido en el Estudio de Impacto Ambiental (Entrix Inc. 2016g, 24, 57, 88) con el Estado, pero en el año 2021 se incrementó la extracción a 4 200 t/d (Hochstein 2021, 3) superando lo establecido. En el proyecto Mirador la escala de extracción convenida con el Estado se inició en 30 000 t/d y luego de dos años se incrementó a 60 000 t/d (Entrix Inc. 2016b, 2, 8, 13). La escala del proyecto Fruta del Norte se estableció en marzo de 2022 en 4 200 t/d y en el proyecto Mirador en 60 000 t/d.

**Tabla 3.1 Escala de extracción de los proyectos y de la megaminería, 2019- 2022**  
(toneladas por día, t/d)

Proyecto	toneladas por día (t/d)	
Fruta del Norte	3.500 t/d (septiembre 2019-diciembre 2020)	4.200 t/d (enero 2021-marzo 2022)
Mirador	30 000 t/d (julio 2019-julio 2021)	60 000 t/d (agosto 2021-marzo 2022)
Megaminería	33 500 t/d julio 2021	64 200 t/d marzo 2022

*Fuente:* Entrix Inc. 2016a (2, 8, 13); Entrix Inc. 2016e (24, 57, 88); Hochstein (2021, 3)

Se toma la extracción de los proyectos Fruta del Norte (Entrix Inc. 2016g, 24, 57, 88) y Mirador (Entrix Inc. 2016b, 2, 8, 13) y se considera el aumento en la extracción en el proyecto Fruta del Norte (Hochstein 2021, 3) y en el proyecto Mirador (Entrix Inc. 2016a 2, 8, 13). Para poder comparar la escala de extracción de los proyectos Fruta del Norte y Mirador se confecciona un cuadro con los proyectos megamineros de escala similar en el mundo (ICSG 2021).

### **Flujo de entrada de agua al metabolismo social megaminero**

Las entradas de agua al metabolismo social megaminero representan enormes flujos de masa, con un orden de magnitud mayor a los demás materiales (Eurostat 2001, 16). De acuerdo a la metodología Eurostat, las cuentas de flujos de agua se las elaboran y se las presentan por separado de la materia sólida extraída (Eurostat 2001, 16).

Se requiere agua para los procesos de molienda, flotación, lixiviación con carbón, regeneración de carbón y destrucción de cianuro (Entrix Inc. 2016g, 196). El agua reciclada y recirculada se la denomina “agua de proceso”, que consiste en el agua recuperada de los procesos de la planta y que es reingresada nuevamente al sistema (Entrix Inc. 2016g, 195). Para el cálculo de la entrada total de agua en Fruta del Norte se toma la información brindada en el Estudios de Impacto Ambiental (Entrix Inc. 2016g). Las fuentes de agua son el agua de lluvia contactada y recolectada dentro del perímetro del proyecto y el agua reciclada de la presa de relaves (Entrix Inc. 2016g, 195).

En Fruta del Norte “el requerimiento total promedio de agua para operación se estima en alrededor de 77 m<sup>3</sup>/h y el consumo promedio diario de agua de proceso se estima en aproximadamente 1392 m<sup>3</sup>”(Entrix Inc. 2016g, 196). Para determinar el consumo total de agua

en el período de estudio, se toma el requerimiento de agua de operación de 1392 m<sup>3</sup> diarios, y se lo multiplica por los 881 días de la extracción ejecutada.

En el proyecto Mirador se toma la información brindada en el Estudio de Impacto Ambiental<sup>19</sup> (EIA) sobre el consumo de agua (Entrix Inc. 2016b). “El consumo total de agua en el proyecto es de 203 261 metros cúbicos diarios (m<sup>3</sup>/d), lo que incluye 42 880 m<sup>3</sup>/d de agua fresca para la producción; 319 m<sup>3</sup>/d agua potable para el consumo del campamento; 160 062 m<sup>3</sup>/d de agua de recirculación del tajo abierto y de la escombrera”(Entrix Inc. 2016b, 56). En el proyecto Mirador la operación se planea continua durante 24 horas y por 330 días al año (BCE 2022d, 1).

Para determinar el consumo de agua total del proyecto Mirador, se toma el agua fresca para la “producción” (extracción) en 42 880 m<sup>3</sup>/d, no se considera al agua potable para el consumo del campamento en 319 m<sup>3</sup>/d porque el agua fresca y el agua potable son diferentes, y nos centramos solo en el proceso extractivo del metabolismo social. Tampoco se considera el consumo de agua de recirculación en 160 062 m<sup>3</sup>/d. Se toma el consumo de 42 880 m<sup>3</sup>/d por los 794 días de extracción ejecutada. Se considera la restricción de la extracción en 330 días anuales y se reduce la cantidad de días al 90 % (Entrix Inc. 2016b, 1).

Se estima el costo del agua consumida por la megaminería en base a la referencia del costo del agua por metro cúbico para los sectores de minería y petróleos de USD 0,0039 (Chafla 2020, 11) y se analizan sus implicaciones.

Para poder comparar la escala del consumo de agua de los proyectos Fruta del Norte y Mirador, se construye un cuadro del consumo anual de agua en millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>).

Para ambos proyectos se toma el consumo de agua del año 2021 porque se observó una extracción efectiva en todo el año sin interrupciones, en el que la capacidad de la extracción alcanzó las 64 200 t/d (Entrix Inc. 2016a 2, 8, 13; Entrix Inc. 2016e 24, 57, 88; Hochstein 2021, 3). Se compara el consumo de agua realizado por la megaminería en el año 2021 con el consumo de una actividad productiva, específicamente en la agricultura con el cultivo de papa.

---

<sup>19</sup> El Estudio de Impacto Ambiental es una evaluación del impacto en el medio ambiente por las actividades planificadas y se basa en la identificación y caracterización de las condiciones socioambientales iniciales donde se sitúa un proyecto. Se compone de los elementos: físicos, bióticos, sociales, económicos y culturales. Se reconocen, describen y valoran los impactos ambientales derivados de la ejecución de un proyecto, se establece el alcance geográfico, el análisis de riesgos naturales y la sensibilidad de estos a las actividades planificadas. Incluye un Plan de Manejo Ambiental (PMA), con las acciones necesarias para: prevenir, mitigar, controlar, compensar, corregir y reparar los posibles efectos o impactos ambientales negativos y un Plan de Monitoreo (PM) para verificar la efectividad de las medidas propuestas (Entrix Inc. 2016a, 4, 5).

Teniendo en cuenta que el cultivo de papa requiere aproximadamente de 500 litros por metro cuadrado en un año, en un ciclo de 123 días (Vignola, et al. 2017, 10, 34), se determinan las hectáreas de papa que se podrían haber irrigado con el agua consumida por los proyectos megamineros.

Se calcula los requerimientos de agua en litros por segundo (l/s) en base a la información de los EIA para Fruta del Norte (Entrix Inc. 2016g) y Mirador (Entrix Inc. 2016b). En el proyecto Fruta del Norte se toman el requerimiento total promedio de agua para operación de 77 m<sup>3</sup>/h (Entrix Inc. 2016g, 196) y se lo expresa en litros por segundo.

Con la intención de dimensionar la escala del consumo de agua de la megaminería del Ecuador, se la compara a nivel regional. En este sentido, se comparan los resultados en litros por segundo con los requerimientos de la Compañía minera *Southern Peru Cooper Corporation* (SPCC), con 247 títulos de concesión mineras en diez departamentos del Perú (Pérez-Jiménez 2018, 3). También, se compara la escala de la megaminería de Ecuador con la minería del cobre de Chile (SONAMI 2022, 15). Se analizan la escala y los indicadores de eficiencia del consumo de agua para proyectos similares.

### **Flujo de entrada de energía al metabolismo social megaminero**

La extracción megaminera está conectada con el entorno a través de flujos de materiales y energía. En el cálculo de la entrada total de energía al sector megaminero se aplica el principio de residencia (Eurostat 2001, 19) y se utilizan los datos de consumo de energía disponibles a nivel nacional.

En el proyecto Fruta del Norte se toma la información del Estudio de Impacto Ambiental (Entrix Inc. 2016g) sobre la potencia total requerida en Mega Watios (MW): “Se estimó para la operación del proyecto FDN una demanda de energía preliminar en 38 MW durante la etapa operativa” (Entrix Inc. 2016g, 184). Para calcular la entrada total de energía en el proyecto Fruta del Norte, en el período de estudio, se transforman las unidades de Mega Watios (MW) a Giga Watios hora (GWh) , aplicando los factores de conversión correspondientes (Ver Anexo 6).

En el proyecto Mirador se toma la información del Estudio de Impacto Ambiental (Entrix Inc. 2016b) sobre la demanda de energía requerida en Mega Watios (MW): “La producción [extracción] del primer año de la mina de cobre es de 30 000 t/d [toneladas por día] y su demanda de energía es de alrededor de 50 MW. Dos años más tarde, la producción aumentará a 60 000 t/d [toneladas por día] y la demanda promedio de electricidad aumentará a 85

MW”(Entrix Inc. 2016b, 62). Se considera el límite de la extracción de 330 días al año (Entrix Inc. 2016b, 1), por lo que se reducen los días de extracción al 90 % en cada año. Para determinar el consumo total de energía, en el período de estudio, se considera el aumento de potencia de 50 MW a 85 MW y se transforman las unidades de Mega Watios (MW) a Giga Watios hora (GWh), aplicando los factores de conversión correspondientes (Ver Anexo 6).

Se calculan las entradas de energía en GWh para los años 2019, 2020, 2021 y 2022 y se toma el año 2021, por presentar una extracción anual completa y sin interrupciones, y se lo compara con el consumo provincial del Ecuador y se indican los habitantes (INEC 2010a). Se compara el consumo de la megaminería con el consumo de la provincia de Zamora Chinchipe, en donde se sitúa la extracción (MEM 2021; MEM 2022).

### **3.1.2. Salidas**

En esta sección se detalla el cálculo metodológico de las principales salidas del metabolismo social megaminero de los proyectos Fruta del Norte y Mirador.

#### **Salidas totales del metabolismo social megaminero**

Para determinar la salida útil y la contribución a la economía se calcula la cantidad de concentrado de cobre, oro y plata y los metales doré de oro y plata desde el inicio de la comercialización hasta el final del período de análisis. En la salida se calcula la materia reciclada, las excretas de relaves y el flujo indirecto asociado a las exportaciones desde el inicio de la extracción.

#### **Flujo de salida de concentrado de minerales y metales**

Para el cálculo de la contribución al stock de la economía representada por la cantidad del concentrado de minerales y los metales fundidos, se toma la información brindada en el Reporte de Minería del Banco Central (BCE 2022d) y en los EIA (Entrix Inc. 2015a; Entrix Inc. 2016a; Entrix Inc. 2016c) y en los informes de la empresa Lundin Gold (Lundin Gold 2020, 2; 2021, 2; CCQ 2022, 1).

En el proyecto Fruta del Norte se toma la información de la empresa Lundin Gold (Lundin Gold 2020, 2; 2021, 2; CCQ 2022, 1) y del Reporte de Minería del Banco Central (BCE 2022d) para determinar el concentrado de oro y plata en onzas troy y de metales de oro y plata en onzas doré. Se utiliza la unidad de peso de la onza troy y del metal refinado en onzas doré y se aplican los factores de conversión correspondientes.

En el proyecto Mirador se toma la información estipulada en el EIA: “El proyecto Mirador (...) está diseñado para operar con una capacidad de 60 000 toneladas por día (20 millones de toneladas al año) de mineral de cobre, que será procesado en la planta de beneficio, recuperándose el concentrado de cobre” (Entrix Inc. 2015c, 2). “La operación será continua durante las 24 horas y por 330 días al año. La producción [extracción] anual de concentrado de cobre se estima en 383 500 toneladas por año, con lo que se espera alcanzar una vida útil de la mina de aproximadamente 30 años” (Entrix Inc. 2015c, 2). “La producción [extracción] del primer año de la mina de cobre es de 30 000 t/d (...) dos años más tarde, la producción [extracción] aumentará a 60 000 t/d”(Entrix Inc. 2016b, 62).

Se considera un año de 330 días y una escala de procesamiento para 30 kt/d de 191,7 kt/a y en 60 kt/d de 383,5 kt/a. Se contempla el cambio de fase de 30 kt/d a 60 kt/d, por lo que se calcula que lo que en los dos primeros años (660 días) una extracción de 191,7 kt/a y luego, en los 134 días restantes, una extracción de 383,5 kt/a.

### **Flujo de salida de materia utilizada para infraestructuras**

En la megaminería la parte de la extracción nacional no utilizada para la minería metálica, por su baja concentración de minerales, se utiliza como insumo para la construcción de obras de infraestructura (como presas de relaves, caminos, puentes, etc.), a diferencia de las técnicas de construcción de las presas de retención de agua, que utilizan materiales vírgenes (Emerman 2019, 5, 6).

En el proyecto Fruta del Norte utilizan los materiales de construcción como arena, grava, y material pétreo en las obras de infraestructura como: taludes de corte, lechos y márgenes de ríos, encauzamiento o escurrimiento superficial de esteros, disipadores de energía y zonas de cantera, etc. (Entrix Inc. 2016g, 196). Se estableció que, si los materiales pasan las pruebas de resistencia, entonces se utilizan para el agregado de hormigón, para la construcción de carreteras o la cimentación de las edificaciones (Entrix Inc. 2016g, 71).

Para estimar el uso de materia en Fruta del Norte se toman los cálculos del Estudio de Impacto Ambiental. En dicho estudio se estima que se generará un total de entre 1,3 y 1,5 Mt de roca estéril (Entrix Inc. 2016g, 71). Del total de roca estéril extraída de la mina subterránea, “aproximadamente el 63% será reutilizada para la elaboración de relleno con roca cementada”(Entrix Inc. 2016g, 71). La roca estéril que no genera drenaje ácido y es utilizada como material de construcción se produjo en mayor proporción durante los tres primeros años (Entrix Inc. 2016g, 71).

Se toma el valor promedio del total de roca estéril de 1,4 Mt para la elaboración de relleno con roca cementada, y se calcula el 63% para ser utilizada para la elaboración de relleno con roca cementada, según el cálculo del EIA.

Para el cálculo del uso de materia en Mirador se toma la información del Estudios de Impacto Ambiental (Entrix Inc. 2015a). “En la fase de construcción y de producción hay un volumen total de estéril de 817,5 Mt, dentro de lo cual hay una cantidad de 64,8 Mt de mena de baja ley y 752,6 Mt de estériles” (Entrix Inc. 2015c, 34). En el EIA se establece el uso de la materia estéril: “Los estériles provenientes del destape de la mina y los estériles que provienen desde la explotación, a más de ser destinados a la escombrera del proyecto, serán utilizados como material de construcción para los diques de las diferentes infraestructuras, principalmente para el dique de la relavera Tundayme” (Entrix Inc. 2015c, 34) . En el EIA se determina las cantidades de los destinos finales de los estériles: “Los estériles que se utilizarán para la construcción del dique de la relavera tienen un volumen de 281,8 Mm<sup>3</sup> con una densidad de 2,63 t/m<sup>3</sup>, es decir, 563,6 Mt., El resto de los estériles (189,03 Mt) van a estar en la escombrera” (Entrix Inc. 2015c, 34). En el proyecto Mirador se toma la cifra de 563,6 Mt de estériles que se utilizarán para la construcción de los diques y de las infraestructuras.

### **Flujo de salida de relaves mineros**

La salida procesada nacional a la naturaleza (*domestic processed output to nature*, DPO por sus siglas en inglés,) es el total de materiales, extraídos del medio ambiente doméstico, que han sido utilizados en la economía doméstica, y que luego fluyen al medio ambiente (Eurostat 2001, 36). Es la materia extraída que la economía no utiliza realmente, y conforma la sobrecarga minera que es devuelta al medio ambiente (Eurostat 2001, 15).

En megaminería la salida procesada nacional son los relaves mineros. El relave es un sólido finamente molido que se descarta en el proceso extractivo minero porque su contenido mineral es muy bajo o nulo y porque no es económicamente rentable; su tamaño se encuentra entre arena y limo y está conformado por desechos de roca, minerales, agua, metales pesados, químicos y debe disponerse asilado del ecosistema circundante en presas de relaves para evitar la contaminación del medio ambiente (SERNAGEOMIN 2022).

Los relaves representan un flujo de materia tóxica que fluyen hacia el medio ambiente, y que son depositados en un fondo contenedor, denominado presas de relaves, especialmente construidas para contenerlo separado del entorno natural por su toxicidad. El relave por su volumen y cantidad compone la principal salida de la megaminería.

En los proyectos Fruta del Norte y Mirador se calculan los relaves acumulados desde el inicio de la extracción en 2019 hasta marzo de 2022 y los relaves esperados en toda la extracción, para poder comparar la escala con presas de relaves que han fallado.

En Fruta del Norte se toma la información de los Estudios de Impacto Ambiental. La obtención total de relaves se estima entre 11 Mt y 12 Mt, y de este total entre el 80 % y 83 % de los relaves serán enviados hacia el depósito para almacenamiento de relaves (*tailings storage facility*, TSF por sus siglas en inglés) (Entrix Inc. 2016g, 105).

Para calcular los relaves generados en Fruta del Norte se toma el promedio simple de generación de relaves totales de 11,5 Mt. Se supone que el 81,5% de estos relaves serán enviados hacia el depósito para almacenamiento de relaves. Para el cálculo de los relaves totales esperados en 15 años el proyecto Fruta del Norte se calcula el 81,5 % de las 11,5 Mt. Este resultado corresponde a los relaves totales en 15 años, entonces se calcula el valor proporcional de los relaves generados para los días desde septiembre de 2019 a marzo de 2022.

Para calcular los relaves en el proyecto Mirador se toma la información de los Estudios de Impacto Ambiental. Se espera que, del volumen total de la mena procesada en la planta de beneficio, el 97,95 % se convertirá en relaves, para una capacidad de procesamiento de 20 millones toneladas por año (t/a) (Entrix Inc. 2016b, 26) equivalentes a 60 000 toneladas por día (t/d), la cantidad de relaves será de 19,6 millones de t/a (Entrix Inc. 2016a, 27).

Del Reporte de Minería del Banco Central se cuenta con la información de que el material procesado por la planta de beneficio llegó a 22,01 millones de toneladas (BCE 2022d, 13) desde julio de 2019 hasta marzo de 2022. Para obtener los relaves acumulados en Mirador se toma el material que pasó por la planta de beneficio de 22,01 millones de toneladas y se calcula el 97,95 % que se convirtió en relaves. Para el cálculo de los relaves totales esperados en el proyecto Mirador se considera que para una capacidad de extracción de 20 millones t/a, se producirán será de 19,6 Mt/a de relaves y se lo calcula para un período de 30 años.

### **Flujos de salida indirectos asociados a las exportaciones**

Para el cálculo de los flujos indirectos asociadas a las exportaciones (e.g. emisiones de CO<sub>2</sub>), se toma la información acerca de las toneladas efectivamente exportadas de concentrado de cobre, oro y plata (BCE 2021b, 32,33) y el destino de las exportaciones metálicas y en barco al puerto de Shanghai China con destino final a la ciudad de Tongling (El Telégrafo 2020) y al puerto de Boliden en Finlandia (Lizarzaburo 2019).

Para el cálculo de las emanaciones se toma un factor de emisión de 82 gramos de dióxido de carbono por tonelada y kilómetro ( $\text{g CO}_2/\text{tonelada-km}$ ) para el transporte por carretera en un camión con acoplado mayor a 32 toneladas (McKinnon y Piecyk 2011, 16) y se toma un factor de emisión de  $11,5 \text{ g CO}_2/\text{tonelada-km}$  en buque de contenedor grande de hasta 20 000 toneladas (McKinnon y Piecyk 2011, 18).

Para el cálculo de las emanaciones de dióxido de carbono se consideran los volúmenes de transporte y las distancia por tierra y mar y, se considera en Fruta del Norte 389 km desde Los Encuentros hasta el puerto de Guayaquil en camión y, 11 152 km desde Guayaquil al puerto de Boliden, en barco. Se toma en Mirador 365 km desde Tundayme hasta el puerto de Guayaquil en camión y, 16 081 km desde el puerto de Guayaquil al puerto de Shanghai en barco (Ver la ecuación 2).

(Ecuación 2) Emisiones = Peso x Distancia x Factor de Emisión

### **3.1.3. Gráficos del metabolismo social megaminero**

A modo de síntesis se presentan los gráficos del metabolismo social de los proyectos Fruta del Norte y Mirador, con sus principales entradas y salidas, para el período de estudio. Se presentan las cuentas del MFA y balance y se brinda una visión global agregada del metabolismo social megaminero, su escala e intensidad y se analizan sus implicaciones.

### **3.1.4. Modelo flujo-fondo**

En los proyectos Fruta del Norte y Mirador, para el período de estudio, se identifican y analizan los flujos de entrada y de salida. Las limitaciones de este estudio están relacionadas principalmente con la calidad de los datos de y la idoneidad de la información sobre los minerales extraídos y el agua y la energía consumido por las empresas. Como no existen medios estandarizados de medición, la calidad de los datos depende de las definiciones, preselección e interpretaciones en las que las empresas basan sus divulgaciones. Se han encontrado discrepancias en la información brindada por diversas instituciones.

### **3.1.5. Requerimientos e indicadores de eficiencia**

En los proyectos Fruta del Norte y Mirador se presentan los requerimientos de materia extraída en toneladas para obtener una tonelada de concentrado de minerales y una barra doré de metales refinados. Se presentan los requerimientos de agua y energía para procesar una tonelada de mineral detallado por años y del período de estudio agregado.

Para el cálculo de los requerimientos de agua en toneladas por tonelada mineral (t/t) ) concentrado extraído se procede a expresar ambas unidades en toneladas y se realiza la división de agua por materia para los años estudiados. Se calcula el requisito de agua en kilolitro por tonelada (kL/t) de concentrado (oro y plata en Fruta del Norte y cobre en Mirador) y kilolitro por kilogramo (Lk/t Au Ag) de onza doré (oro y plata en Fruta del Norte y cobre en Mirador).

Para el cálculo de los requerimientos de energía eléctrica, se calculan los requerimientos de energía de ambos proyectos en Giga Julius por tonelada (GJ/t) y en Kilo Watios hora por tonelada (kWh/t). Se comparan los resultados con extracciones similares (Mudd 2007; Bleiwas 2011).

En los cálculos de eficiencia se vinculan flujos de entrada y de salida. Se calculan los requerimientos de materia extraída por tonelada de concentrado de mineral y por onza doré (t/t; t/onza). Se calculan los requisitos de agua por tonelada de concentrado de mineral (Lk/t, kilolitro por tonelada de concentrado) y por kilogramo de onza doré, (Lk/kg, kilolitro por kilogramo de metal refinado). Se estiman los requisitos de energía por tonelada de concentrado de mineral (GJ/t, Giga Julius por tonelada) y por kilogramo de onza doré (GJ/kg, Giga Julius por kilogramo). Finalmente, se compara los resultados con cálculos para extracciones similares (Mudd 2007; Spuerk, Drobe, y Lottermoser 2017).

### **3.2. Impactos de la megaminería, actuales y futuros**

Para el análisis de los impactos ambientales y sociales ocasionados por la megaminería en Ecuador se realiza una distinción en el tiempo actual hasta marzo de 2022 y a futuro en el mediano y largo plazo. Se distingue la escala de incidencia local de las comunidades cercanas a la zona de influencia directa de la extracción de la regional compuesta por los ecosistemas y los sistemas hidrográficos.

#### **3.2.1. Impactos sociales, actuales, a escala local**

Se identifican los impactos sucedidos en el proyecto Fruta del Norte en base a la información de FIAAM (2009) y Solíz (2016). Se analizan los cambios ex post de la intervención de las empresas mineras y se indican los impactos sociales en el territorio según las siguientes categorías: cohesión social, trabajo, salud y educación.

Se define la cohesión social como la capacidad de una sociedad para garantizar el bienestar de todos sus miembros, minimizando las disparidades y evitando la polarización; abarca cuatro aspectos del bienestar: equidad en el acceso a los derechos, dignidad y reconocimiento de cada

persona, autonomía y realización personal, y posibilidad de participar como miembro pleno de la sociedad; asigna la responsabilidad de garantizar el bienestar de todos a los distintos actores de la sociedad, basándose en el concepto de la responsabilidad compartida (Council of Europe 2005, 40).

Se entiende por saberes técnicos al conocimiento especializado de una actividad en particular, que es ejecutada por una o varias personas, que implica el uso de destrezas prácticas e instrumentales, se apoya en el conocimiento científico o ancestral y son empleadas para satisfacer, de forma tangible y práctica, a las necesidades humanas.

La unidad con la cual medir la cohesión social es una variable dummy, al observar en las fuentes secundarias, la unidad de la comunidad, versus la división de la comunidad entre los que estaban a favor y los que estaban en contra de la minería. La unidad con la cual medir “saberes técnicos” es una variable dummy, al observar la práctica de actividades rurales (saberes técnicos en agricultura, ganadería, pesca, etc.), con la alternativa de emplearse en la minería y perder estos saberes técnicos rurales.

Se identifican los impactos sociales en el proyecto Mirador por el plan sistemático de apropiación de tierras entre los años 2006 y 2015 basado en los ejes de: reordenamiento territorial, compra individual, intermediarios, venta bajo presión, , ausencia de compensaciones y desaparición del barrio San Marcos en base a la información de Viteri Díaz (2010), CEDHU y FIDH (2010), Figueroa (2015) INREDH (2015a), Solíz (2016) e IFC (2023).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la violencia como: “El uso intencional de la fuerza o el poder físico de hecho, o como amenaza, contra uno mismo, otra persona o un grupo o comunidad, que cause o tenga muchas probabilidades de causar lesiones, muerte, daños psicológicos, trastornos del desarrollo o privaciones” (Krug et al. 2003, 5). La definición de la OMS indica que debe existir una intención junto con el acto violento, que es independiente de las consecuencias ocasionadas (Krug et al. 2003, 5) . En el proyecto Mirador se identifican impactos sociales asociados al incremento del nivel de la violencia en base a la información suministrada en: CEDHU y FIDH 2010), Figueroa (2015) y Castro (2019).

Se identifican los impactos sociales en base a la información proveniente de Figueroa (2015), Gobierno Zamora Chinchipe (2015) y El Universo (2015) y según las siguientes categorías: cohesión social, trabajo, y educación.

### **3.2.2. Impactos hídricos al presente en los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

En esta subsección se desarrolla la metodología para el cálculo de los impactos hídricos a la actualidad en los proyectos Fruta del Norte y Mirador, los impactos sobre la salud de las comunidades, las implicaciones por el estado de las cuencas y el conflicto entre las partes involucradas y la influencia en las comunidades.

#### **Impactos hídricos al presente en el proyecto Fruta del Norte**

En base al informe DNAG-0017-2020 de la Contraloría General del Estado (CGE 2020a) sobre la calidad del agua superficial en el proyecto Fruta del Norte se indican las afectaciones al presente en el agua superficial del río Machinaza.

En base al informe DNAG-0017-2020 de la Contraloría General del Estado (CGE 2020a), se presentan los valores de las concentraciones de fenoles monohídricos en el agua superficial del río Machinaza que excedieron los permitidos en la normativa vigente del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA 2003, 269) y se muestran los excesos en porcentajes (CGE 2020a, 43). Se presenta un cuadro con los valores excedentes de las concentraciones de fenoles monohídricos en el agua superficial del río Machinaza (CGE 2020a, 43) (Ver Anexo 7).

En base al informe DNAG-0017-2020 de la Contraloría General del Estado (CGE 2020a), se presentan los valores de las concentraciones de metales que superaron a los valores de la línea base del EIA y se indican los valores excedentes en porcentajes (CGE 2020a, 44). Se presenta un cuadro con los valores excedentes de las concentraciones de metales en agua superficial del proyecto Fruta del Norte (CGE 2020a, 44) (Ver Anexo 8).

#### **Impactos hídricos al presente en el proyecto Mirador**

En base al EIA se identifica la captación del agua fresca de los ríos por parte de la empresa Ecuacorriente S.A. (Entrix Inc. 2016a) y se identifican los usos del agua y la disposición del curso por parte de la empresa megaminera y se identifican los impactos asociados.

En base al informe DNAG-0020-2020 de la Contraloría General del Estado (CGE 2020b) sobre la calidad del agua superficial en el proyecto Mirador, se identifican los metales cuyas concentraciones, en miligramos por litro (mg/L), superaron a los valores de los límites máximos permitidos en los ríos Wawayme, Tundayme y Quimi. Se presentan un cuadro con los valores excedentes de las concentraciones de metales en agua superficial del proyecto Mirador (Ver Anexo 8).

## **Impactos en la salud de las comunidades**

En base a información científica (ATSDR 2008b) se establecen las implicaciones por la presencia de fenoles en el agua y los impactos asociados en la salud. Se determina los impactos en la salud humana por la ingesta de aluminio (ATSDR 2008a) y se determinan los impactos observados en zonas mineras por la presencia de cobre (ATSDR 2022). Se determinan las afectaciones a la salud por el cobalto (ATSDR 2016a) y sus efectos por su exposición en altas cantidades (ATSDR 2016a). Se presentan las afectaciones a la salud humana por exposiciones al plomo (ATSDR 2016b).

## **Implicaciones por el estado de las cuencas hídricas**

Se sistematizan las implicaciones en la salud por el cambio en la calidad del agua superficial de los proyectos Fruta del Norte y Mirador, en base a los informes de la Contraloría General del Estado: DNAG-0017-2020 (CGE 2020a) para Fruta del Norte y DNAG-0020-2020 (CGE 2020b) para Mirador.

## **Conflicto por el estado de las cuencas hídricas**

Se identifican las partes involucradas en el litigio por la responsabilidad de la alteración de la calidad del agua en los proyectos Fruta del Norte y Mirador y, se sistematizan los temas del conflicto entre las instituciones públicas con los concesionarios privados Aurelian Ecuador S.A./ Lundin Gold S.A y Ecuacorriente S.A. En base a los informes de la Contraloría General del Estado: DNAG-0017-2020 (CGE 2020a) para Fruta del Norte y DNAG-0020-2020 (CGE 2020b) para Mirador.

## **Impactos hídricos con influencia en las comunidades**

Sobre la base de la información recopilada de fuentes comunitarias (Wambra 2022) y de derechos humanos (INREDH 2022) se sistematizan los impactos en la calidad de las cuencas en base a los ejes: ciclo del agua, especies indicadoras<sup>20</sup> en fauna, especies indicadoras en flora y color de las cuencas. Se presenta un relevamiento fotográfico con imágenes comparativas del estado del río Wawayme ex ante 2015 y ex post 2017 de la intervención megaminera (Palma 2017) y se presenta el cambio visual de la calidad del agua. Se establecen los impactos hídricos hasta 2022 con influencia en las comunidades en base a entrevistas de habitantes de Zamora

---

<sup>20</sup> Una especie indicadora es un organismo vivo (e.g. microorganismos como las bacterias, plantas en la flora o animales en la fauna) que refleja el estado de un ecosistema y suelen ser las primeras en ser afectadas por una degradación ambiental. Indican el deterioro del medioambiente por medio de cambios en: el comportamiento, en la fisiología o en el número de la población de la especie en cuestión (Daly 2021, 1).

Chinchipe en INREDH (2022) y Wambra (2022) y según los ejes: sustento, hábitos y salud (Ver Anexo 12).

### **3.2.3. Impactos en la biodiversidad**

En base al abordaje de la Ecología del Paisaje (Kirchhoff, Trepl, y Vicenzotti 2013), se busca determinar los patrones espaciales y estructurales del territorio de forma integrada y con un enfoque sistémico (Gurrutxaga San Vicente y Lozano Valencia 2008, 521) para determinar los impactos a la biodiversidad. Para ello se identifican los procesos que relacionan a los factores (ecosistemas, altura y diámetro de los árboles, pisos ecológicos, color del paisaje, número de especies catalogadas, especies de mamíferos catalogados, agua, áreas protegidas y corredores ecológicos) y los componentes del paisaje (Gurrutxaga San Vicente y Lozano Valencia 2008, 521).

Se busca identificar la situación de la biodiversidad en una situación ex ante de la intervención de la megaminería y en una situación ex post, y para ello se confecciona un cuadro comparativo para evidenciar cómo las actividades antrópicas megamineras modifican los elementos que conforman el paisaje, sus características y sus relaciones en la escala espacial del campamento minero y en la escala temporal de 2015-2022. En base a la quita de la cobertura vegetal efectiva en hectáreas (Burbano et al. 2021, 10) se determinan las implicaciones de la variación de este elemento y se identifican los procesos involucrados de la pérdida del hábitat y la fragmentación de los corredores y su interacción en el conjunto de elementos.

### **3.2.4. Impactos a futuro a escala regional**

Las presas y depósitos de relaves de los proyectos megamineros constituyen un pasivo ambiental que quedará a perpetuidad en el territorio. Estos pasivos ambientales constituyen una amenaza a futuro para la región y el área de influencia.

#### **Pasivos ambientales en presas de relaves**

Se construye un cuadro de los pasivos ambientales de la megaminería representado por las presas y depósitos de relaves (TSF) de los proyectos Fruta del Norte y Mirador. En base a información pública (GAD 2015) se identifica: la ubicación de la base biofísica de la extracción en los ecosistemas (GAD 2015) y la pendiente de las cuencas en el sistema hidrográfico (Entrix Inc. 2016f).

### **Diseño de las presas de relaves y características técnicas**

Se analiza el diseño de construcción de las presas de relaves (TSF) de los proyectos Fruta del Norte y Mirador y se analizan las ventajas y desventajas según su diseño de construcción (Emerman 2019). Se analizan las dimensiones de las presas y depósitos de relaves (TSF) (Entrix Inc. 2016b) y se describen las características técnicas en base a la altura en metros (m) y la superficie en hectáreas (ha).

### **Factores de incertidumbre de colapso de las presas de relaves**

Se identifican y analizan los factores de incertidumbre de colapso de las presas de relaves: precipitaciones, sismos e incentivos. Se analiza el criterio probabilístico utilizado en los EIA sobre las precipitaciones (Entrix Inc. 2016d; Entrix Inc. 2016f; Entrix Inc. 2016h), se considera la pertinencia de este análisis y se discute la presencia de incertidumbre. En cuanto a los sismos se indican las fallas activas de las zonas de los proyectos ), se analiza el criterio probabilístico utilizado en los EIA y se analiza la pertinencia de este análisis y se discute la presencia de incertidumbre. Se analizan los incentivos basados en la minimización de costos de las presas de relaves (Emerman 2019), se las compara con las presas de retención de agua (Kossoff et al. 2014a, 233) y se analizan sus implicaciones. Se construye un cuadro con los factores de incertidumbre de colapso de las presas de relaves y se distinguen entre factores naturales y humanos.

### **Relaves esperados en Ecuador**

En base a los EIA (Entrix Inc. 2015; Entrix Inc. 2016a, 29) se calculan los relaves efectivamente acumulados hasta marzo de 2022. En base a los EIA (Entrix Inc. 2015; Entrix Inc. 2016a, 29) se calculan los relaves esperados de los proyectos Fruta del Norte y Mirador hasta el final de la vida útil de los proyectos en el año 2034 en Fruta del Norte y 2049 en Mirador. En el proyecto Fruta del Norte se toman del EIA la producción total de relaves entre 11 a 12 Mt, entre el 83 % y 80 % de los relaves serán enviados hacia el TSF, se toman valores promedios y se calcula del 11,5 Mt el 81,5 % que irá al TSF. Para el proyecto Mirador se toma la extracción del mineral en base a una producción diaria de 60 000 t/d, es decir 20 millones de toneladas al año (20 Mt/a) durante las 24 horas y por 330 días al año (Entrix Inc. 2015c, 2) y se calcula para 30 años en millones de toneladas métricas (Mt). También se adjunta el cálculo del EIA en 490 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) (Entrix Inc. 2016b, 29), cuyo valor en Mm<sup>3</sup> difiere del de Mt por la densidad de la materia. Se comparan los resultados con los de la

empresa *Southern Perú Cooper Corporation* (SPCC) de Perú (Pérez-Jiménez 2018, 2, 3) y se analizan las implicaciones.

### **Comparación de fallas de presas de relaves**

Se toma la información recopilada en WISE (2022) sobre los sucesos de fallas de las presas y depósitos de relaves desde 2010 y se toman los eventos que superan la escala del millón de metros cúbicos derramados y, se analizan sus implicaciones.

Primero se construye un cuadro de la escala de las fallas de presas de relaves en América del Sur desde el año 2010 en base a WISE (2022). Se sistematizan los impactos socioambientales de los derrames de la mina Córrego de Feijão de Brumadinho Brasil (Silva et al. 2020, 23) y de la Mina Bento Germano de Mina Gerais Brasil (Silva et al. 2020, 22) y se compara con los proyectos megamineros de Fruta del Norte y Mirador y se analizan sus implicaciones. A posteriori se construye un cuadro de la escala de fallas de presas de relaves de América del Norte desde el año 2011, en base a WISE (2022). Se selecciona por su escala al derrame de Mount Polley en Canadá (Byrne et al. 2018, 1) y se lo compara con los proyectos Fruta del Norte y Mirador y se analizan sus implicaciones. Finalmente, se e construye un cuadro de la escala de fallas de presas de relaves en África, Asia y Europa desde 2010, en base a WISE (2022). Se compara al proyecto Fruta del Norte con la escala del colapso de la mina Tieli y del pueblo Dahegou de China (WISE 2022), y al proyecto Mirador con el colapso de la Mina Padcal de Filipinas (WISE 2022) y se analizan sus implicaciones.

### **Sistematización de la escala de fallas de presas de relaves**

Se presentan los colapsos de las presas de relaves de los proyectos mineros, desde 2010 hasta 2022 por continente, se indican sus impactos y la cantidad de relaves derramados y se procede a cotejarlos con la megaminería ecuatoriana en base a la afectación de las “condiciones de producción” (O’Connor 1988), entre las que se encuentran: las “condiciones personales de producción”, como la salud física y psíquica de los trabajadores, las “condiciones físicas externas” como las condiciones naturales y la salud de los ecosistemas y “las condiciones comunitarias” como las infraestructuras de las comunidades (O’Connor 1988, 17).

Se sistematizan las fallas de las presas de relaves de América del Sur según su escala y se confecciona un cuadro comparativo en base a los ejes: proyecto, lugar, mineral extraído, fecha de falla, causa de falla, impactos asociados, número de personas afectadas y relaves derramados. Se busca inferir los impactos si sucede una colapso y derrame de relaves en la Cordillera del Cóndor por el accionar de la megaminería y sus implicaciones y, para ello, se

analizan los casos que superan 10 millones de toneladas derramadas. Se sistematizan los impactos de los derrames de Brasil de las minas y Córrego do Feijão Brumadinho y Bento Germano, se confecciona un cuadro y se analizan los impactos.

Se sistematizan las fallas de las presas de relaves de América del Norte según su escala y se confecciona un cuadro comparativo en base a los ejes: proyecto, lugar, mineral extraído, fecha de falla, causa de falla, impactos asociados, número de personas afectadas y relaves derramados. Se selecciona el caso de Mount Polley, en Canadá, por la escala de los relaves derramados cercana a 7 millones de toneladas y se analizan los impactos.

Se sistematizan las fallas de las presas de relaves de África, Asia y Europa, y se confecciona un cuadro comparativo en base a los ejes: proyecto, lugar, mineral extraído, fecha de falla, causa de falla, impactos asociados, número de personas afectadas y relaves derramados. Se selecciona el caso del colapso del proyecto de la mina Padcal, en Filipinas, por la escala de los relaves derramados cercana a los 20 millones de toneladas similar a los relaves acumulados en Ecuador hasta 2022 y se sistematizan los impactos.

### **Escala comparada de los relaves e impactos asociados**

Se sistematizan los impactos inmediatos de un colapso de las presas (de horas a meses) (Kossoff et al. 2014c; Emerman (2019)). Se sistematizan los impactos a mediano y largo plazo de un colapso de las presas (de años a siglos) (Hudson-Edwards et al. 2003; Kossoff et al. 2014b; Byrne et al. 2018; Silva et al. 2020, 22; WISE 2022). Se sistematizan los alcances e implicancias de las tareas de remediación luego de un colapso de las presas (Hudson-Edwards et al. 2003; Kossoff et al. 2014c; Byrne et al. 2018, 73; WISE 2022).

### **3.2.5. Zoonosis**

Se define el proceso zoonótico como la vulneración de barreras (Carlson et al. 2021) y se describen las etapas que le permiten al virus patógeno alcanzar una infección a un ser humano (Plowright et al. 2017). Se identifican las causas de las enfermedades infecciosas, en particular las enfermedades zoonóticas (Sánchez et al. 2022) en relación a la expansión de la frontera de la extracción. Se realiza un análisis cuantitativo en base a la estimación de la diversidad viral mundial virus (Alarcón y Ojeda Flores 2018), estimación total global de especies de virus, la estimación total global de especies de virus con potencial zoonótico, la expectativa mínima global de especies de virus con potencial zoonótico (Carroll et al. 2018), las especies de virus catalogados por la ciencia (ICTV 2022) y el Virus SARS-CoV-2 que en 2019 provocó la pandemia del COVID-19. Se contextualiza y sitúa la base biofísica de la extracción en el

Amazonas. Se realiza un análisis de la zoonosis como una consecuencia básica de la aritmética (Carlson et al. 2021) situada en la Amazonía y con referencia a los aprendizajes de los colapsos de las presas de relaves (Byrne et al. 2018). Finalmente se analizan las implicaciones de las pérdidas de vidas humanas por la pandemia del Covid-19 (Orús 2022) y se analizan las implicaciones de un colapso y derrame de relaves en la Amazonía y la posibilidad de nuevas pandemias y sus alcances.

Con el propósito finalizar el capítulo de materiales y métodos, se concluye que se han presentado las metodologías para el cálculo del metabolismo social megaminero, indicando cómo se van a calcular las entradas y las salidas principales, el período de estudio y las fuentes de información, se indican los cálculos pertinentes para los indicadores de los requerimientos en la entrada, los indicadores de eficiencia en la salida y las fuentes de información. Se indicó la metodología utilizada para calcular los impactos de la megaminería actuales y futuros, en los recursos hídricos, en la biodiversidad y se realiza un análisis prospectivo a escala regional.

## Capítulo 4. Resultados del metabolismo social y discusión.

En este capítulo se presentan y discuten los resultados biofísicos obtenidos en esta tesis, se procede a interpretarlos y contrastarlos con la teoría y el estado del arte, se atienden a los objetivos y a la hipótesis y se responde la pregunta de investigación. Responder a esta pregunta es pertinente y oportuno dado que las agendas política y empresarial están orientadas a obtener ingresos fiscales y ganancias y, la discusión académica es aún incipiente para dimensionar las implicancias biofísicas de esta situación.

### 4.1. Indicadores económicos

El sector megaminero basa los fundamentos de la extracción en criterios económicos, como la maximización de las ganancias e indicadores de rentabilidad para las empresas privadas y, en indicadores de ingresos públicos para el Estado.

**Tabla 4.1 Indicadores económicos**

Indicadores	Proyecto Fruta del Norte, Lundin Gold	Proyecto Mirador, Ecuacorriente	Megaminería
Valor Actual Neto (VAN) a tasa de descuento del 5 %	USD 1283 millones USD 676 millones (*)	SD-	FDN: USD 676 millones (*)-1283 Mirador: (SD)
Tasa Interna de Retorno (TIR)	23,8 % 15,7 % (*)	SD-	FDN: 23,8 %-15,7 % (*) Mirador: (SD)
Inversión ejecutada	USD 1502 millones (2001-2021)	USD 1480 millones (2007- 2021)	USD 2982 millones (2001-2021)
Inversiones planeadas	USD 1239 millones (2001-2034)	USD 2015 millones (2007-2049)	USD 3254 millones (2001-2049)
Reservas	153,1 t Au 218,1 t Ag	2,9 Mt concentrado Cu	153 toneladas Au 218 toneladas Ag 2,9 Mt concentrado Cu
Valor exportación	USD 7862 millones	USD 36 919 millones	USD 44 781 millones
Beneficio Estado	USD 2118 millones	USD 9 748 millones	USD 11 866 millones
Ganancia y costos de las empresas	USD 5743 Millones	USD 27 170 millones	USD 32 913 millones
Vida útil en años	15	30	15- 30

*Fuente:* Entrix Inc. 2015, 4, 11; Lundin Gold (2016, 2); Acosta et al. 2020, 124, 125, 126; MERNNR 2020, 36; BCE 2021, 8, 9, 13, 14; Lundin Gold 2021; BCE 2022d, 8, 9, 14.

Nota: (\*) Con impuestos, (FDN) Fruta del Norte, (SD) Sin datos.

#### **4.2. Metabolismo social megaminero**

Esta investigación ha permitido evidenciar el metabolismo social de la megaminería, dimensionar el intercambio de materia y energía entre este sector y el medio ambiente y, determinar cuál es la base biofísica de la extracción.

El alcance de esta tesis implica que de las cinco funciones metabólicas solo se estudian las etapas en las cuales existe acceso a la información. Primero se analiza la etapa de apropiación y se calcula la escala cuantitativa de la materia, agua y energía involucrada en cada proyecto. Cabe indicar que no se estudia la etapa de transformación desde que se extrae la materia hasta que se obtienen los metales por falta de información. Se calcula la contribución a la economía por la cantidad de metales y concentrados de minerales por cada proyecto. En la etapa de circulación se calculan los flujos indirectos asociados a las exportaciones, medidos en las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por el transporte de minerales y metales en medio terrestre desde la zona de los proyectos hasta el puerto del Pacífico y, por el transporte marítimo desde el puerto de Ecuador hacia Finlandia y China. No se estudia la etapa del consumo por carecer de información ya que no es posible establecer una trazabilidad de los minerales ecuatorianos utilizados en los bienes de consumo, conspicuos y suntuarios en el exterior. En la etapa de excreción se calcula la escala de las excretas de relaves y la escala de la materia extraída y reciclada para la construcción de las presas.

#### **4.3. Entradas del metabolismo social megaminero**

En la tabla 4.2 se presentan las entradas totales al metabolismo social megaminero, por sus componentes de materia, agua y energía. El primer resultado obtenido es que, en el período de estudio, se extrajeron más de 30,2 millones de toneladas métricas (Mt) de materia conformado por minerales dispersos, roca y tierra. El segundo resultado es que las empresas megaminerías utilizaron 35,3 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) de agua dulce de alta pureza, para ser utilizada como un insumo para sus procesos extractivos, en yacimientos diseminados y para aumentar la concentración de minerales. La Cordillera del Cóndor se caracteriza por poseer cuencas en los sistemas hidrográficos superiores de los Andes, que son afluentes de los sistemas hídricos del río Amazonas. El tercer resultado obtenido es que las empresas utilizaron el agua dulce de la Cordillera del Cóndor y pagaron un valor estipulado por el Estado por los 35,3 Mm<sup>3</sup> del agua consumida. El agua dulce se trata de un recurso escaso y representa solo el 2,5 % del total del agua planetaria, y del total de agua dulce solo el 1,6 % se encuentra disponible en los ríos (PNUMA 2007, 118). El cuarto resultado es que las empresas

megamineras utilizaron el agua fresca de la Cordillera del Cóndor y esto implica que se utilizó del agua fresca de los ecosistemas en 35,3 Mm<sup>3</sup>, el cual es un recurso vital para la reproducción de la vida de las comunidades y de las especies. En quinto lugar, en el período de estudio se consumieron, la cifra de 1868,5 Giga Watios hora (GWh) de energía para operar los bienes de capital y las instalaciones del campamento. Durante el período analizado, las entradas presentan la escala del millón y por lo tanto es pertinente utilizar el prefijo mega<sup>21</sup> (Sacher 2017, 243) para este tipo de extracción minera, y podemos afirmar que estamos en presencia de la megaminería.

**Tabla 4.2 Entradas totales al metabolismo social megaminero, T3 2019- T1 2022**

Entrada	Unidad	Fruta del Norte	Mirador	Total
Materia	Mega tonelada (Mt)	3,1 Mt	27,1 Mt	30,2 Mt
Agua	Millones metros cúbicos (Mm <sup>3</sup> )	1,2 Mm <sup>3</sup>	34,1 Mm <sup>3</sup>	35,3 Mm <sup>3</sup>
Energía	Giga Watios hora (GWh)	803,5 GWh	1065 GWh	1868,5 GWh

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 2, 8, 13, 56, 62); Entrix Inc. (2016b, 24, 57, 88, 195, 196); BCE (2022, 1, 7, 8, 13, 184).

*Nota:* T1 primer trimestre, T3 tercer trimestre.

#### 4.3.1. Flujos de entrada de materia al metabolismo social megaminero

Se presentan para el período de estudio las entradas anuales de materia en Fruta del Norte y en Mirador. En el año 2021 la extracción fue continua en todo el año y, se observó una escala de extracción de 1,6 Mt anuales en Fruta del Norte y 13,6 Mt anuales en Mirador (Ver tabla 5.3).

**Tabla 4.3 Extracción de materia, T3 2019-T1 2022 (millones de toneladas/ Mt)**

Proyecto	Años				Total (Mt)
	2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
Fruta del Norte	0,4	0,8	1,6	0,4	3,1
Mirador	3,1	5,8	13,6	4,6	27,1
Megaminería	3,4	6,6	15,2	5	30,2

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 2, 8, 13, 56, 62); Entrix Inc. (2016b, 24, 57, 88, 195, 196); BCE (2022, 1, 7, 8, 13, 184)

*Nota:* T1 primer trimestre, T3 tercer trimestre.

<sup>21</sup> Mega = 1x10<sup>6</sup> = un millón

La megaminera de Ecuador tiene una escala de extracción menor a la de los mayores proyectos del mundo. Se tomó el año 2021 porque se observó en los proyectos Fruta del Norte y Mirador una extracción continua en todo el año. La megaminería en Ecuador presentó, en el año 2021, una escala de extracción de 1,6 Mt/a en Fruta del Norte y 13,6 Mt/a en Mirador; lo cual fue menor a la escala de los diez mayores proyectos del mundo con una escala de extracción anual entre 43,6 Mt/a en Los Bronces y 130,8 Mt/a en Escondida.

**Tabla 4.4 Extracción de materia de los mayores proyectos mundiales en 2021 (millones de toneladas por año, Mt/a)**

Proyecto	País	Empresa mayoritaria/ Origen	Minerales	Mt/a
Escondida	Chile	Grupo BHP/ Australia-Reino Unido	Cu, Au, Ag	130,8
Collahuasi <sup>22</sup>	Chile	Anglo American/ Reino Unido y Glencore/ Suiza	Cu, Mo, Ag	104,7
Cobre Panamá	Panamá	<i>First Quantum Minerals</i> / Canadá	Cu, Au, Mo, Ag	96,2
Buenavista	México	<i>Southern Copper</i> / EE. UU.	Cu, Mo, Ag	72,9
Las Bambas	Perú	MMG/ China	Cu, Au, Mo, Ag	65,3
Sentinel	Zambia	<i>First Quantum Minerals</i> / Canadá	Co, Cu, Ni	56,7
Aktogay	Kazajstán	<i>Kaz Minerals</i> / Reino Unido	Cu, Au, Mo, Ag	53,6
Paracatu	Brasil	Kinross/ Canadá	Au	52,5
Antamina	Perú	BHP/Australia y Glencore/ Suiza	Cu, Pb, Mo, Ag, Zn	52,6
Los Bronces	Chile	Anglo American/ Reino Unido	Cu, Mo	43,6
Megaminería	Ecuador	Lundin Gold/ECSA	Ag, Au, Cu	15,2
Mirador	Ecuador	ECSA/ China	Cu	13,6
Fruta del Norte	Ecuador	Lundin Gold/ Canadá, Suecia	Ag, Au	1,6

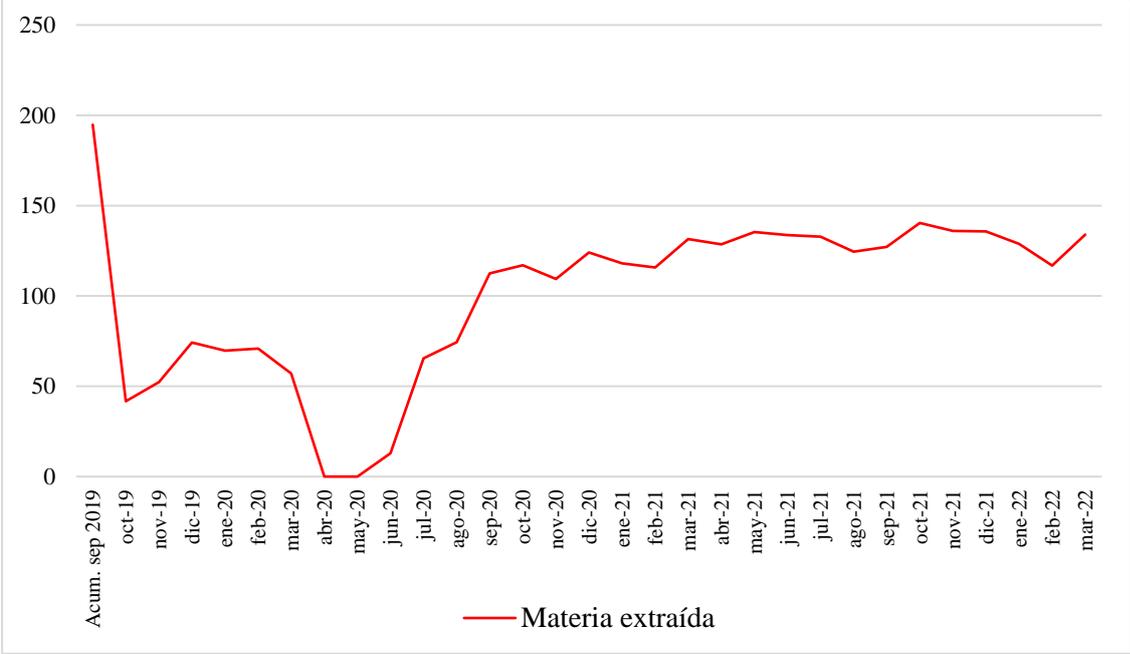
Fuente: MINING.com (2021)

La escala de la extracción del proyecto Mirador es muy superior a la del proyecto Fruta del Norte. La extracción en el proyecto Fruta del Norte se consolidó y se estabilizó por arriba de las 120 000 toneladas por mes, mientras que en el proyecto Mirador la extracción se mantuvo por arriba de 1 200 000 toneladas por mes, es decir que la escala de la extracción del proyecto Mirador es diez veces superior a la del proyecto Fruta del Norte. Durante las paralizaciones de la extracción el flujo de materia fue nulo.

<sup>22</sup> Video de los 21 años de operaciones en Collahuasi <https://twitter.com/i/status/1398958498185154560>

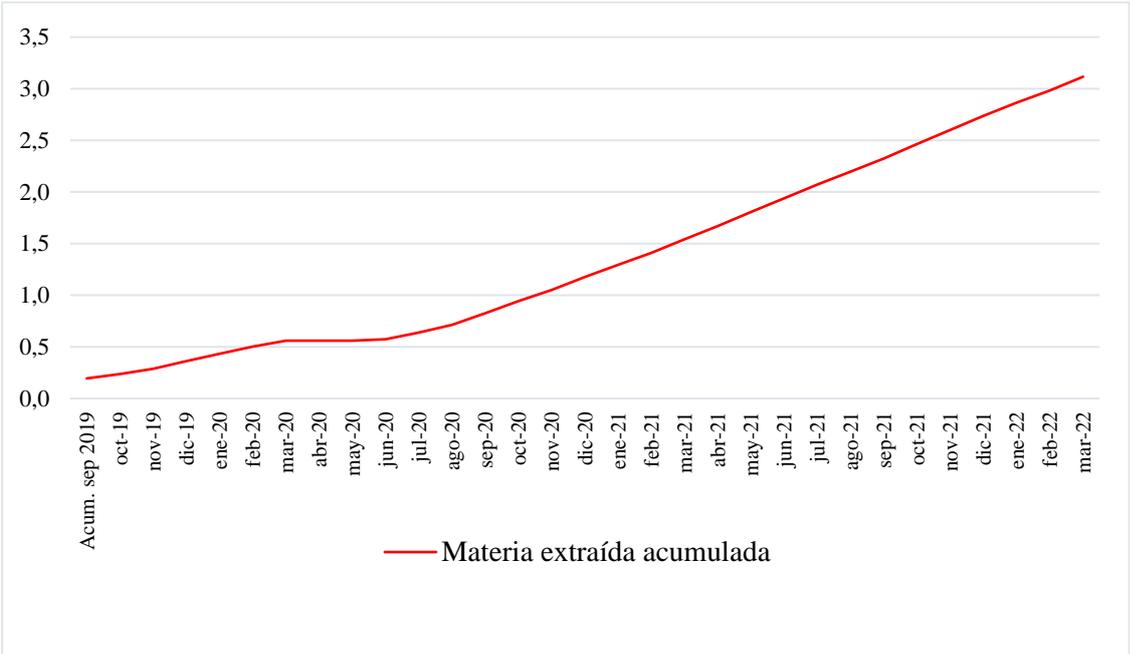
La extracción acumulada de los proyectos Fruta del Norte proyecto Mirador presenta una tendencia creciente y las empresas megaminerías planifican que esta tendencia se mantenga y continúe en los 15 años de vida útil del proyecto Fruta del Norte hasta el año 2034 y, en los 30 años de vida útil del proyecto Mirador hasta el año 2049.

**Gráfico 4.1 Materia extraída en Fruta del Norte (miles de toneladas/ kt)**



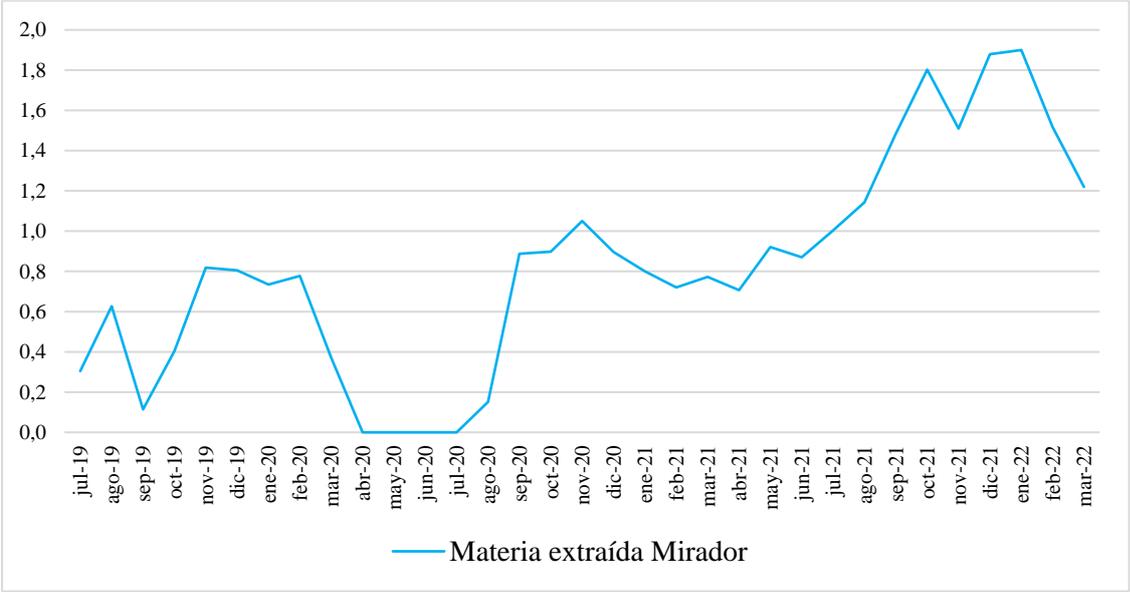
Fuente: BCE (2022, 8)

**Gráfico 4.2 Materia acumulada en Fruta del Norte (millones de toneladas/ Mt)**



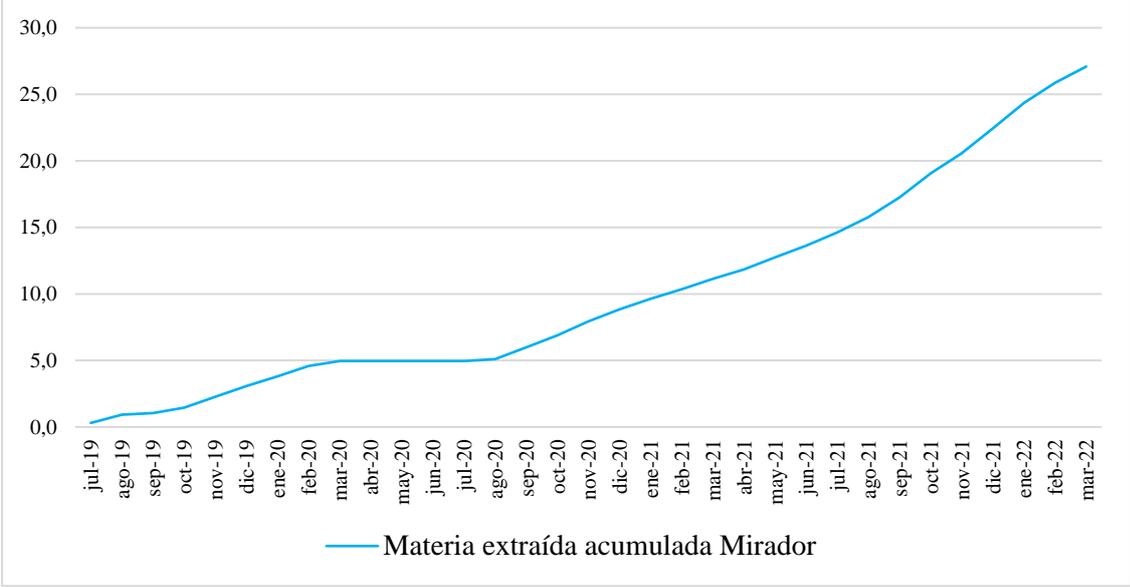
Fuente: (BCE 2022d, 8)

**Gráfico 4.3 Materia extraída en Mirador (Millones de toneladas/ Mt)**



Fuente: BCE (2022, 13)

**Gráfico 4.4 Materia extraída acumulada en Mirador (Millones de toneladas/ Mt)**



Fuente: BCE (2022, 13)

La escala de extracción del proyecto Fruta del Norte es similar a las de los proyectos megamineros detallados en la tabla 4.5 y, la escala de extracción del proyecto Mirador es similar a la de los proyectos megamineros de cobre que se detallan en la tabla 4.6.

Se observa que la escala de la extracción de los proyectos de Ecuador, de 4200 tpd en el proyecto Fruta del Norte y de 60 000 tpd en Mirador, es similar a la escala de proyectos megamineros en el mundo.

**Tabla 4.5 Escala de extracción comparada del proyecto Fruta del Norte, 2021 (toneladas por día, t/d)**

Mina	País	Operador/ Propietario	Minerales	t/d
Fruta del Norte	Ecuador	Lundin Gold	Au, Ag, Cu	4200
<i>Bulyanhulu</i>	Tanzania	<i>Barrick Gold Corp</i>	Au, Cu	3000
<i>Celesta</i>	Brasil	<i>North Extração de Minério 55%, Tessarema Resources 40%, Lara Exploration 5%.</i>	Au, Cu	5000
<i>Diaoquan</i>	China	<i>Jiangxi Copper 46%</i>	Au, Ag, Cu, Fe	5000
<i>Drmbon</i>	Armenia	<i>Base Metals cjsc</i>	Au, Ag, Cu, Mo	4000
EVBC	España	<i>Orvana Minerals Corp.</i>	Au, Ag, Cu	3000
Gedabek	Azerbaiyán	<i>Anglo Asian Mining PLC</i>	Au, Ag, Cu	3000
Mantos Blancos	Chile	<i>Mantos Copper</i>	Ag, Cu	5000
<i>Mineral Park</i>	EE. UU.	<i>Origin Mining Corp.</i>	Ag, Cu	3000
<i>Myra Falls</i>	Canadá	Nyrstar	Au, Ag, Cu, Zn, Pb	5000
<i>Otjihase</i>	Namibia	<i>Weatherly Mining Namibia (Weatherly International Plc 97%)</i>	Ag, Au, Cu	4000
<i>Peak</i>	Australia	<i>Aurelia Metals Ltd.</i>	Au, Zn, Pb, Ag, Cu	5000
<i>Surda</i>	India	<i>Hindustan Copper Ltd.</i>	Ag, Au, Se, Ni, Te, Cu	5000
<i>Serrote da Laje</i>	Brasil	<i>Mineração Vale Verde (Appian Capital Advisory)</i>	Au, Cu	5000
<i>Varvarinskoye</i>	Kazajstán	<i>Polymetal International PIC</i>	Au, Ag, Cu	3000

Elaborado por el autor en base a ICSG (2021)

**Tabla 4.6 Escala de extracción comparada del proyecto Mirador, 2021 (toneladas por día, t/d)**

Mina	País	Operador/ Propietario	Minerales	t/d
Mirador	Ecuador	EcuaCorriente S.A. CRCC-Tongguan 100 %	Cu, Au, Ag	60 000
Australia	Australia	Glencore	Cu, Au	60 000
<i>Chapada</i>	Brasil	<i>Lundin Mining</i>	Cu, Au, Ag	60 000
Cerro Colorado	Chile	BHP Billiton (100%)	Cu	65 000
Chino (Santa Rita)	EE. UU.	<i>Freeport-McMoRan Copper &amp; Gold Inc.</i>	Cu, Mo, Au, Ag	55 000
<i>Cobar (CSA Mine)</i>	Australia	Glencore	Cu, Zn, Pb, Ag, Au	55 000
<i>Copper Mountain</i>	Canadá	<i>Copper Mountain Mining 75 %, Mitsubishi Materials 25 %</i>	Cu	55 000
<i>Pinto Valley</i>	EE. UU.	<i>Capstone Mining Corp.</i>	Cu, Mo, Au, Ag	60 000
<i>Pulang</i>	China	<i>Yunnan Copper</i>	Cu	60 000
<i>Small Mines Xinjiang</i>	China	-	Cu	55 000
<i>Uchalinsk</i>	Rusia	<i>UMMC (Urals Mining &amp; Metallurgical Co.)</i>	Cu, Pb, Zn	55 000
<i>50th October Anniversary</i>	Kazajstán	<i>Russian Copper Company</i>	Cu	55 000

Elaborado por el auto en base a ICSG (2021)

#### 4.3.2. Flujo de entrada de agua al metabolismo social megaminero

Se observa una tendencia creciente en el consumo de agua. El año 2021 es representativo porque se puede apreciar el consumo de agua en un año completo sin interrupciones. El consumo de agua del año 2021 por la megaminería fue de 14,6 Mm<sup>3</sup>, teniendo en cuenta que el riego para un metro cuadrado de cultivo de papa requiere 500 litros de agua (Vignola, et al. 2017, 10, 34), se pudieron haber regado 2.919 hectáreas de papa.

El agua cruda es un recurso de gran pureza en la Cordillera del Cóndor, y es vital para las comunidades y es consumida por la megaminería. La estimación del costo del agua cruda consumida por el sector megaminero en el período de estudio, fue de USD 137 532 por 35,3 Mm<sup>3</sup>, al tener como referencia que el costo del agua para uso y aprovechamiento en la minería es de USD 0,0039 (Chafra 2020, 11). Se observa una notable diferencia entre el costo del agua que tiene para el Estado y las empresas megamineras y el valor que representa el agua pura

como recurso vital para las especies y los ecosistemas y para la reproducción de la vida de las comunidades.

**Tabla 4.7 Entrada de agua (millones de metros cúbicos, Mm<sup>3</sup>)**

Proyecto/ Sector	Año				Total
	2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
Fruta del Norte	0,2	0,4	0,5	0,1	1,2
Mirador	7,1	9,4	14,1	3,5	34,1
Megaminería	7,3	9,8	14,6	3,6	35,3

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56) ; Entrix Inc. (2016b, 196)

**Tabla 5.9: Requisito de agua, T3 2019-T1 2022 (litros por segundo, l/s)**

Proyecto/ Sector	Extracción
Fruta del Norte	21,4
Mirador	496,3
Megaminería	517,7

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 196)

Nota: T3 tercer trimestre, T1 primer trimestre

Los requerimientos de agua para la operación y extracción se estiman según los Estudios de Impacto Ambiental, en 21,4 l/s en el proyecto Fruta del Norte y en 496,3 l/s en el proyecto Mirador (Entrix Inc. 2016a, 56; Entrix Inc. (2016b, 196).

La escala del requerimiento de agua de la megaminería en Ecuador se estima en 517,7 l/s, el cual fue de menor escala respecto al consumo del agua de 1950 l/s de la Compañía minera Southern Peru Cooper Corporation (SPCC) (Pérez-Jiménez 2018, 2) y de 10 450 l/s (entre los años 2019 y 2020 ) de la minería del cobre a gran escala de Chile (SONAMI 2022, 15).

En Perú, a lo largo de 40 años de extracción llevado a cabo por la empresa SPCC, el consumo de agua de pozos generó un impacto en las cuencas y en los bofedales<sup>23</sup> moqueguanos de Titijones, los cuales han desaparecido y se han transformado en extensas zonas resacas, y se redujo de forma considerable el nivel del agua de la laguna Suches (Pérez-Jiménez 2018, 2). En Ecuador la megaminería ha comenzado su extracción en 2019 y se extenderá hasta 2049 y, se

<sup>23</sup> El bofedal es un tipo de humedal altoandino, como una especie de pradera natural. Presenta una vegetación hidromórfica con un elevado potencial forrajero y generalmente acumula turba. El bofedal se encuentra en las tierras altas de Bolivia, Chile y Perú.

espera una merma de agua en los sistemas hidrográficos inferiores, vitales para las especies y las comunidades.

En Chile, la ubicación de la megaminería situada en zonas desérticas implicó la extracción de agua dulce de los acuíferos altoandinos (SONAMI 2022, 22). Teniendo en cuenta los impactos generados en el entorno, por el consumo de agua dulce en zonas donde escasea, se han impulsado desde el sector minero proyectos de desalinización para utilizar el agua de mar (SONAMI 2022, 23). De manera similar, en Ecuador y Chile, la megaminería compite por el consumo de agua con los ecosistemas, las especies y las comunidades. No obstante, en Ecuador la extracción se encuentra en los sistemas hidrográficos superiores y, en zonas de mega biodiversidad y no es lo mismo situar la extracción en el bosque amazónico, que en el desierto de Atacama. En Ecuador el agua dulce es indispensable para los ciclos vitales de los ecosistemas a lo largo de los sistemas hidrográficos.

#### 4.3.3. Flujo de entrada de energía al metabolismo social megaminero

Las entradas anuales del flujo de energía se presentan en la Tabla 4.8. La escala de consumo de energía de la megaminería presenta una tendencia creciente.

**Tabla 4.8 Consumo de energía (Giga Watios hora/ GWh)**

Proyecto	Año				Total
	2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
Fruta del Norte	111,3	277,2	332,9	82,1	803,5
Mirador	198,7	262,4	438,6	165,2	1.065,0
Megaminería	310,0	539,7	771,4	247,3	1.868,5

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 62); Entrix Inc. (2016b, 184)

*Nota:* T1: primer trimestre, T3: tercer trimestre.

El consumo de energía eléctrica de la megaminería, conformada por los proyectos Fruta del Norte y Mirador, fue en el año 2021 de 771,4 GWh, y esta escala se encuentra entre el consumo de las provincias del Azuay y Los Ríos de 921 763 y 881 394 habitantes (INEC 2010b) respectivamente.

La provincia de Zamora Chinchipe presentó una escala de consumo de 450 GWh, con 120 416 habitantes (INEC 2010b) representa la base biofísica de la extracción y, tuvo un consumo de 438,6 GWh de similar escala a la del proyecto Mirador.

El proyecto Mirador presentó un consumo de 438,6 GWh de escala de consumo entre las provincias de Esmeraldas y Santa Elena de 643 654 y 401 178 habitantes respectivamente. El proyecto Fruta del Norte tuvo un consumo de 332,9 GWh de escala comprendida entre el consumo de las provincias de Chimborazo e Imbabura de 524 004 y 476 257 habitantes respectivamente (INEC 2010b).

**Tabla 4.9 Consumo de energía, 2021 (Giga Watios hora, GWh)**

Provincia, sector megaminero y proyectos	Consumo de energía (GW)
Azuay	917,0
<b>Megaminería</b>	<b>771,4</b>
Los Ríos	683,0
Zamora Chinchipe	450,0
Esmeraldas	444
<b>Mirador</b>	<b>438,6</b>
Santa Elena	428
Chimborazo	378
<b>Fruta del Norte</b>	<b>332,9</b>
Imbabura	315

Elaborado por el autor en base a MEM (2021, 111); MEM (2022, 113)

#### 4.4. Salidas del metabolismo social megaminero

**Tabla 4.10 Salidas totales del metabolismo social megaminero y la contribución a la economía, T3 2019- T1 2022**

Salida	Unidad	Fruta del Norte	Mirador	Total
Concentrado onza troy	tonelada (t)	16,4 t Au 17,3 t Ag	539.224 t Cu	33,7 t Au Ag 539.224 t Cu
Metales onza doré	tonelada (t)	8 t Au 2,6 t Ag	0	10,6 t
Utilización de materia en infraestructuras	Mega tonelada (Mt)	0,9 Mt	563,6 Mt	564,5 Mt
Relaves	Mega tonelada (Mt)	1,5 Mt	21,5 Mt	23,1 Mt

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2015, 34, 105); Entrix Inc. (2016a, 26, 27); Entrix Inc. (2016b, 71, 105, 196); CCQ (2022, 1); BCE (2022, 10, 11, 13, 15).

*Nota:* T1: primer trimestre, T3: tercer trimestre, Au: oro, Ag: plata, Cu: cobre.

El primer resultado es que la extracción megaminera presenta una tecnología que pierde peso y volumen conforme avanza el proceso extractivo. Para extraer 16,4 t de concentrado de oro, 17,3 t de concentrado de plata y 21,6 t de concentrado de cobre y 8 t de oro y 2,6 t de plata, se excretaron al ambiente 23,1 Mt de relaves. Teniendo en cuenta que los minerales se encuentran dispersos, se busca que aumente su concentración mediante el uso de agua y de procesos físicos y químicos, y se descarta la parte que no es económicamente rentable.

El segundo resultado es que la escala de la salida de materia útil compuesta por concentrado de minerales y metales es significativamente menor a la escala de la salida de materia tóxica compuesta por relaves. La escala de la salida de concentrado es de dos dígitos en toneladas, y la salida de metales es de un dígito en toneladas, pero la escala de las salidas de relaves es de dos dígitos en el millón de toneladas métricas.

El tercer resultado es que estamos ante la presencia de un caso de injusticia ambiental. La salida de materia útil compuesta por el concentrado de minerales y metales se exportaron al exterior a Europa y China para continuar con su proceso de reproducción del valor. En cambio, la salida tóxica de relaves acumulados de 23,1 Mt, hasta marzo de 2022, permanecerán a perpetuidad en el continente Latinoamericano.

El cuarto resultado es que se utilizaron 564,5 Mt de materia extraída para la construcción de las presas de relaves. Esta decisión influye en una menor calidad del diseño y durabilidad de las

obras de infraestructuras que se encuentran en el territorio, en comparación con presas de retención de agua que utilizan mejores técnicas y materiales idóneos para la construcción (Emerman 2019, 6).

En quinto lugar, se han acumulado, hasta marzo de 2022, una escala de 23,1 Mt de relaves en la Cordillera del Cóndor dentro de presas y depósitos de relaves. Los depósitos de relaves acumulados se ubican en un rango altitudinal que se encuentra alrededor de los 1.350 msnm en la parte superior del sistema hidrográfico el cual abastece, por su pendiente y dirección, al sistema hidrográfico inferior. Si sucede un colapso de las presas de relaves con más de 23,1 Mt se espera que el derrame supere los límites físicos del campamento y que se extienda al sistema hidrográfico inferior.

En sexto lugar, las generaciones actuales desarrollan la extracción, y ya han acumulado 23,1 Mt de materia tóxica de relaves en las presas. Las presas y depósitos de relaves presentan el carácter de ser irreversible, dado que su construcción una vez llenas de relaves no se puede dismantelar, y el *stock* de relaves depositados y acumulados en el territorio permanecerán a perpetuidad en la Cordillera del Cóndor. Las generaciones futuras deberán lidiar con el problema de mantener las excretas de relaves de manera segura.

#### **4.4.1. Flujos de salida indirectos asociados a las exportaciones**

Los flujos indirectos asociados a las exportaciones están representados por las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte en camión y en barco de los concentrados de cobre a China y los concentrados y onzas de oro y plata a Europa. Se emitieron a la atmósfera 752,9 toneladas de dióxido de carbono (t CO<sub>2</sub>) por el transporte en camión desde la Cordillera del Cóndor hasta el puerto de Guayaquil. Se emitieron 4490 t CO<sub>2</sub> por el transporte en barco desde el puerto de Guayaquil al puerto de Boliden en Finlandia y al puerto de Shanghai en China. En total, en el período de estudio, se emitieron 5243 t CO<sub>2</sub> a la atmósfera y, de esta manera, la megaminería contribuye con el cambio climático y el calentamiento global.

**Tabla 4.11 Flujos indirectos de salida asociados a las exportaciones (toneladas de dióxido de carbono/ t CO<sub>2</sub>)**

Salida	Emisiones camión	Emisiones barco	Flujo indirecto total
Fruta del Norte	1,1	4,3	5,4
Mirador	726	4486	5212
Megaminería	727,1	4490,3	5217,4

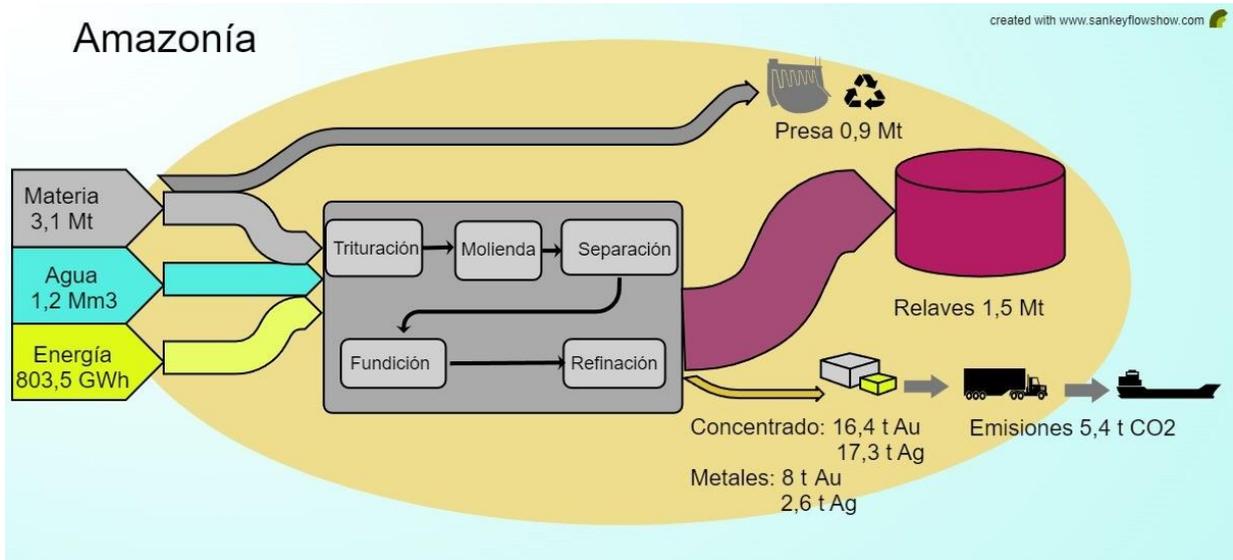
Elaborado por el autor en base a McKinnon y Piecyk (2011, 18); BCE (2021, 32,33; 2024, 17).

#### **4.4.2. Gráficos del metabolismo social megaminero**

En las entradas se presentan la materia extraída en millones de toneladas métricas (Mt), los consumos del agua en millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) y de la energía en Giga Watios (GW). En la contribución a la economía por la extracción se presentan los concentrados de minerales en toneladas (t) y los metales fundidos y refinados en barras doré en toneladas (t). En las salidas se presenta las excretas al medio ambiente de relaves y la materia utilizada en las infraestructuras en millones de toneladas métricas (Mt). Se presentan las cantidades físicas de las exportaciones de la materia útil en toneladas (t) y kilos (kg) y se evidencia los flujos ocultos asociados a las exportaciones como las emisiones por el transporte en camión y barco en toneladas de dióxido de carbono (t CO<sub>2</sub>).

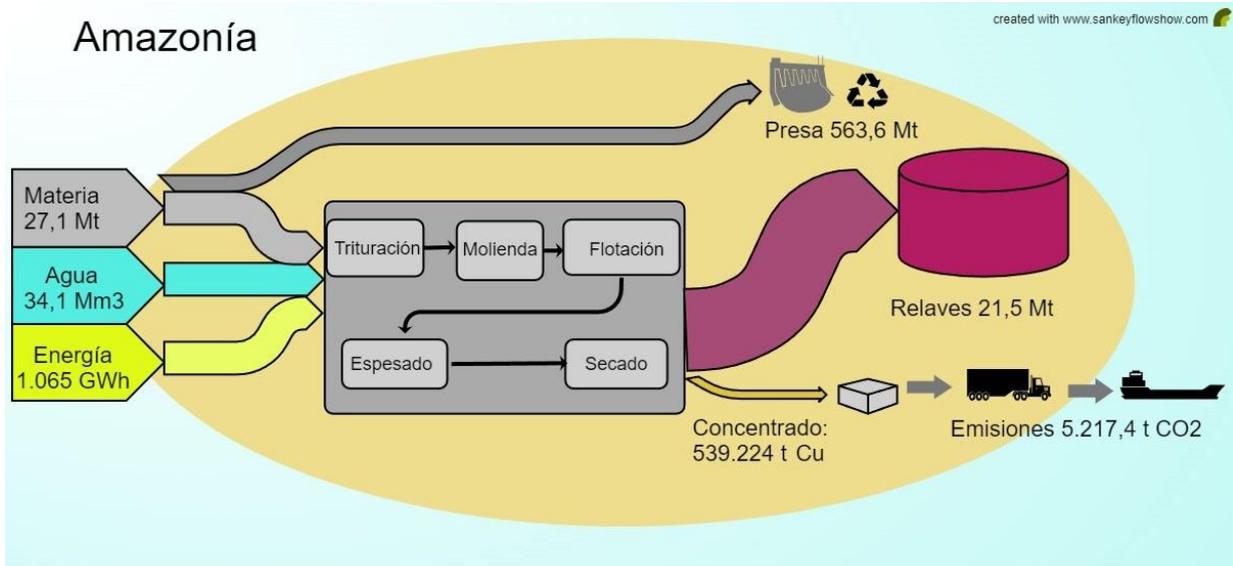
El Gráfico 1 se presenta el metabolismo social del proyecto Fruta del Norte y en el Gráfico 2 se presenta el metabolismo social del proyecto Mirador. Se muestra de forma integrada las cuentas de entrada y salida de materiales y la contribución a la economía situados en ecosistemas de la Amazonía.

**Gráfico 4.5 Metabolismo social del proyecto Fruta del Norte**



Elaborado por el autor en base a McKinnon y Piecyk (2011, 18); Entrix Inc. (2015, 34, 105); Entrix Inc. (2016a, 2, 8, 13, 26, 27, 56, 62); Entrix Inc. (2016b, 24, 57, 71, 88, 105, 195, 196); Lundin Gold (2020, 2; 2021, 2); BCE (2022, 1, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 32, 33, 184); CCQ (2022, 1).

**Gráfico 4.6 Metabolismo social del proyecto Mirador**



Elaborado por el autor en base a McKinnon y Piecyk (2011, 18); Entrix Inc. (2015, 34, 105); Entrix Inc. (2016a, 2, 8, 13, 26, 27, 56, 62); Entrix Inc. (2016b, 24, 57, 71, 88, 105, 195, 196); BCE (2022, 1, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 32, 33, 184).

#### 4.4.3. Modelo flujo-fondo

En el sistema del metabolismo social megaminero, entraron los flujos de agua, materiales, energía, y estos no salieron del mismo porque se mezclaron. En cambio, las salidas del sistema (concentrados, metales, relaves, presas y emisiones), no conformaron los flujos de la entrada, sino que se generaron en el metabolismo social. En Fruta del Norte entraron al sistema los flujos de 3,1 Mt de materia y, para procesarla, ingresaron los flujos de 1,2 Mm<sup>3</sup> de agua fresca y 803,5 GWh de energía. En Mirador entraron al sistema los flujos de 27,1 Mt de materia y, para procesarla en los diferentes procesos, ingresaron los flujos de 34,1 Mm<sup>3</sup> de agua fresca y 1.065 GW de energía.

En el período de estudio los elementos de flujos de salida que salieron del sistema fueron: presas y depósitos de relaves, relaves, minerales y emisiones de CO<sub>2</sub>. En Fruta del Norte los flujos de salida fueron: 16,4 toneladas de concentrado de oro, 17,3 toneladas de concentrado de plata, 8 toneladas de oro y 2,6 toneladas de plata, 1,5 Mt de relaves, 0,9 Mt de materia extraída utilizada para presas, y se emitieron a la atmósfera 1,7 toneladas de CO<sub>2</sub> de flujos indirectos. En Mirador los flujos de salida en el período de estudio fueron: 539 399 toneladas de concentrado de cobre, 21,5 Mt de relaves, 563,3 Mt de materia extraída utilizada para presas y se emitieron a la atmósfera 5212 toneladas de CO<sub>2</sub>.

La escala del flujo de las entradas de materia al sistema es del millón de toneladas métricas (Mt) y corresponde a la zona de la extracción. La escala de los flujos de las salidas de relaves y los flujos de salida de materia reciclada en presas es del millón de toneladas métricas (Mt). Hay que tener claro que los flujos de salida de materia tóxica permanecerán a perpetuidad en el territorio de la extracción. La escala del flujo de salida de concentrados de oro plata y cobre y la escala del flujo de salida de los metales refinados de oro y plata es en toneladas y estos flujos de salida son exportados al extranjero.

La extracción megaminera requiere flujos de entrada materia en la escala de los millones de toneladas métricas en yacimientos con baja concentración y, para que la extracción sea factible económicamente y viable técnicamente, requiere utilizar flujos de entrada de agua fresca en la escala de millones de metros cúbicos y flujos de entrada de energía en la escala de Giga Watios hora (GWh). La megaminería utilizó flujos de entrada de agua fresca y de energía para aumentar la concentración de los flujos de salida de los minerales en yacimientos con minerales dispersos.

La extracción de la megaminería a gran escala genera flujos de salida de concentrados de minerales en la escala de toneladas y metales refinados en la escala de kilos. El proceso metabólico, genera flujos de salida de relaves y materiales reciclados para presas de relaves en la escala de millones de toneladas métricas. La materia tóxica compuesta por relaves se acumula y permanecerá a perpetuidad en el territorio de la extracción mientras que los metales y concentrados de minerales se exportan al extranjero.

Los fondos del sistema megaminero lo constituyen: el ecosistema de la Amazonía, los sistemas fluviales, el suelo y el subsuelo, y las comunidades. Los fondos lo representan los ecosistemas: “Bosque siempreverde montano bajo del sur de la Cordillera Oriental de los Andes” de 106 874 ha (GAD 2015, 53) y el “Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas” de 16 219 ha (GAD 2015, 54, 55). Los fondos están conformados por el sistema superior del sistema hidrográfico compuestos por los ríos Quimi, Wawayme, Tundayme y Machaniza, los cuales son afluentes del río Zamora y este del río Santiago. En los sistemas hidrográficos inferiores se encuentran, como fondo, los cauces de los ríos Marañón y Amazonas y el fondo de la desembocadura en el estuario del Océano Atlántico. El fondo del suelo está conformado por la extensión del campamento minero en 1150 ha (Burbano et al. 2021, 10) y el área de influencia y el subsuelo por la profundidad de la extracción. El fondo de las comunidades está conformado por las poblaciones que habitan el área de influencia directa e indirecta de la extracción.

Las presas y depósitos de relaves (TSF) son fondos que almacenan relaves, los cuales permanecerán a perpetuidad en la Cordillera del Cóndor en la Amazonía. Esto implica que ingresarán al sistema flujos de agua de lluvia a perpetuidad y, este hecho implica que se produzcan flujos de emisiones como: evaporaciones gaseosas, fugas líquidas, drenaje ácido y lluvia ácida.

Los stocks son representados por las cantidades de flujo acumulado que se va agotando cuando se extrae un flujo de ellos. En el período considerado de la extracción megaminera, el stock lo representa el yacimiento de minerales. Las existencias del yacimiento se redujeron con el flujo de 3,1 Mt de materia mineral extraída en Fruta del Norte y en el flujo de 27,1 Mt. de materia mineral extraída en Mirador.

#### 4.4.4. Requerimientos de agua y energía para la extracción

**Tabla 4.12 Requerimiento de agua por tonelada de mineral extraído (tonelada de agua por tonelada de mineral, t/t; kilolitro por tonelada, kL/t)**

Proyecto	Años			
	2019	2020	2021	2022
Fruta del Norte	0,5	0,5	0,3	0,3
Mirador	2,3	1,6	1,0	0,7

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 195, 196).

La cantidad de agua requerida por la minería para procesar una tonelada de mineral, en los procesos de trituración, molido, flotación y concentrado de minerales de sulfuro de cobre, se encuentra entre 1,5 t a 3,5 t de agua (Bleiwas 2012, 3) y la proporción más alta se encuentra entre 4 t a 5 t en la mina Lubin en Polonia (Bleiwas 2012, 3).

Los requerimientos de agua del proyecto Fruta del Norte fueron de 0,5 t , en 2019 y 2020, para procesar una tonelada de mineral de oro y plata, pero se observa una mejora en la eficiencia hasta alcanzar los valores de 0,3 t en 2021 y 2022 menores a los requerimientos internacionales de 1,5 t (Bleiwas 2012, 3). Los requerimientos de agua del proyecto Mirador de 2,3 t para procesar una tonelada de mineral de sulfuro de cobre en 2019 se encontraban entre los requerimientos internacionales de 1,5 t a 3,5 t , pero se observa en el transcurso de los años un aumento de la eficiencia en el consumo de agua de 1,6 t en 2020, 1 t en 2021 y 0,7 t en 2022 hasta alcanzar valores inferiores a los estándares internacionales.

En la minería aurífera, el consumo de agua para la molienda de mineral de oro generalmente requiere en promedio alrededor de 1,15 kL/t de mineral (Mudd 2007, 8). En Fruta del Norte se observó un consumo entre 0,3 kL/t y 0,5 kL/t de mineral con resultados más eficientes que los valores internacionales.

**Tabla 4.13 Requerimiento de energía por tonelada de mineral extraído (kWh/t)**

Proyecto	Años			
	2019	2020	2021	2022
Fruta del Norte	306,5	340,8	213,4	216,2
Mirador	64,7	45,5	32,2	35,6

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 62); Entrix Inc. (2016b, 184).

*Nota:* (kWh/t) kilo Watio hora por tonelada.

El requerimiento de energía del proyecto Fruta del Norte se registró entre 213,4 kWh/t y 340,8 kWh/t y fue mayor a los requerimientos internacionales de 91 kWh/t (Bleiwas 2011, 45). El

requerimiento de electricidad estimado para la producción de mineral a partir de un yacimiento polimetálico que produce dos concentrados de metales es de 91 kWh/t, dividido entre el consumo de 51 kWh/t para la minería subterránea y 40 kWh/t para beneficio (trituración, molienda, flotación de dos concentrados) y eliminación de relaves (Bleiwas 2011, 45). Se debe considerar que en el proyecto Fruta del Norte se realizaron más procesos como la refinación y fundición por lo que se espera un consumo mayor.

El requerimiento de electricidad por tonelada de mineral del proyecto Mirador para la minería y beneficio de minerales de sulfuro de cobre fue de 64,7 kWh/t en 2019 similar a los requerimientos de la mina Kamoto de la República Democrática del Congo de 60 kWh/t (Bleiwas 2011, 38). Los requerimientos de energía para minería, beneficio, fundición y refinación de minerales de óxido de cobre de las minas de la República Democrática del Congo se hallan entre 60 kWh/t y 120 kWh/t, entre los que se encuentra la mina subterránea Kamoto de 60 kWh/t, la Concentradora Kamoto de 90 kWh/t y la Planta Luilu de 120 kWh/t (Bleiwas 2011, 38). En el proyecto Mirador se observa un aumento de la eficiencia con valores de 45,5 kWh/t en 2020, hasta alcanzar requerimientos inferiores de 32,2 kWh/t en 2021 y 35,6 kWh/t en 2022.

**Tabla 4.14 Requerimiento de energía por tonelada de mineral extraído (GJ/t)**

Proyecto	Años				T3 2019- T1 2022
	2019	2020	2021	2022	
Fruta del Norte	1,1	1,2	0,8	0,8	1,3
Mirador	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 62); Entrix Inc. (2016b, 184).

*Nota:* (GJ/t) Giga Julius por tonelada

En el consumo de energía de la molienda de mineral generalmente requiere en promedio alrededor de 0,35 GJ/t de mineral (Mudd 2007, 8). En el proyecto Fruta del Norte se observa una mejora en la eficiencia al pasar de 1,1 GJ/t y 1,2 GJ/t a 0,8 GJ/t en 2021 y 2022 pero, no obstante, fue más ineficiente respecto a los valores internacionales de 0,35 GJ/t de mineral (Ver cálculos en el Anexo 7). No obstante, en el proyecto Mirador fue más eficiente que los valores internacionales puesto que se requiere entre 0,1 y 0,2 menor al requerimiento de 0,35 GJ/t (Ver cálculos en el Anexo 7). Se corrobora la necesidad de más energía en el proyecto Fruta del Norte respecto a Mirador.

#### 4.4.5. Indicadores de eficiencia

Los yacimientos presentan minerales diseminados y, para que la extracción sea viable, se requiere del consumo de agua y de energía para procesar la materia y aumentar la concentración. En Fruta del Norte se requiere extraer alrededor de 92 488 toneladas para obtener una tonelada de concentrado de oro y plata, de la cual considerando las proporciones extraídas el 49% fue oro y el 51% fue plata. En el proyecto Mirador se requieren extraer 50 toneladas para obtener una tonelada de cobre. En la refinación se requieren extraer alrededor de 8 toneladas de mineral para obtener una onza doré de oro y plata, de la cual el 75 % fue oro y el 25 % fue plata. En síntesis, en el proyecto Fruta del Norte, el 0,01 % de la materia extraída fue concentrado de oro y plata y, en el proyecto Mirador el 2% de la materia extraída fue concentrado de cobre.

**Tabla 4.15 Requerimientos de materia extraída por tonelada de concentrado de mineral y por onza doré (t/t; t/onza)**

Salidas unitarias en toneladas de concentrado (t) y en onzas doré de metales refinados	Requerimientos de materia (toneladas t)	
	Fruta del Norte	Mirador
1 t Concentrado oro y plata (Au y Ag)	92.488	-
1 t Concentrado cobre (con Cu)	-	50
1 onza doré de oro y plata (Au y Ag)	8	-

Elaborado por el autor en base a BCE (2022, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15); Lundin Gold (2020, 2); Lundin Gold (2021, 2); CCQ (2022, 1).

*Nota:* (t/t) tonelada por tonelada, (t/onza) tonelada por onza

La eficiencia en el consumo surge de los requisitos de agua y energía por tonelada de concentrado de mineral (Ver los cálculos en el Anexo 7) y se lo compara con los valores internacionales.

**Tabla 4.16 Requisito de agua por tonelada de concentrado de mineral y por kilogramo de onza doré**

Proyecto	Unidades	Años				Total
		2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
Fruta del Norte	ratio Lk/t Con Au Ag	122 374	49 147	27 038	25 569	36 402
	ratio Lk/kg doré Au Ag	1.094	149	88	68	116
Mirador	ratio Lk/t Con Cu	73,8	73,8	63,5	36,9	63,1

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 195, 196); Lundin Gold (2020, 2); Lundin Gold (2021, 2); CCQ (2022, 1).

*Nota:* (Lk/t) kilolitro por tonelada de concentrado, (Lk/kg) kilolitro por kilogramo de metal refinado.

En la minería aurífera, el consumo de agua la molienda de mineral de oro generalmente requiere en promedio alrededor de 477 kL/kg de metal refinado en onzas doré (Mudd 2007, 8). En el proyecto Fruta del Norte se requirieron en total 116 kL/kg de oro y plata por lo que se observó un consumo más eficiente en el uso del agua inferior a los requerimientos del valor promedio internacional de 477 kL/kg de metal. En el comienzo de la extracción en 2019 el consumo de energía inició con valores de 1.094 kL/kg de onza doré, superior a los valores internacionales. Luego en los años sucesivos presentó un consumo de energía cada vez más menor (149, 88 y 68 kL/kg de Au Ag) y más eficiente respecto al promedio internacional de 477 kL/kg de onza doré de metal.

El proyecto Mirador requiere 63,1 kL/t de concentrado de cobre con un consumo de agua más eficiente respecto a proyectos de cobre de similar magnitud como Los Bronces (55 kL/t), Los Pelambres (54 kL/t) y Mr Isa (55 kL/t) (Ver Tabla en el Anexo 7). En cambio, Fruta del Norte presentó niveles de mayor ineficiencia en la extracción de concentrado de oro y plata en 36.402 Lk/t que representa 75 veces los valores internacionales.

**Tabla 4.17 Requisito de energía por tonelada de concentrado de mineral y por kilogramo de onza doré (GJ/t, GJ/kg)**

Proyecto	Unidades	Años				Total
		2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
Fruta del Norte	ratio GJ/t Con Au Ag	288 634	115 920	63 773	60 307	85 859
	ratio GJ/kg Au Ag	2.580	352	208	161	273
Mirador	ratio GJ/t Con Cu	7	7	7	6	7

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 62); Entrix Inc. (2016b, 184); CCQ (2022, 1). *Nota:* (GJ/t) Giga Julios por tonelada, (GJ/kg) Giga Julios por kilogramos

En el consumo de energía requiere en promedio alrededor de 146 GJ/kg de metal refinado en onzas doré (Mudd 2007, 8). En el proyecto Fruta del Norte se requieren de 273 GJ/Kg de oro y plata, inferior a los 477 kL/kg de metal del promedio internacional. En el comienzo de la extracción en 2019 el consumo de energía inició con un consumo de 2580 GJ/Kg de onza doré, superior a los valores internacionales. Luego en los años sucesivos presentó un consumo de energía cada vez más menor (352, 208 y 161 GJ/Kg de Au Ag) y más eficiente respecto al promedio internacional de 477 kL/kg de metal. En cambio, Fruta del norte fue más ineficiente en el consumo de energía para obtener concentrado de oro y plata, en 650 veces el promedio internacional (Spuerk, Drobe, y Lottermoser 2017, 6) (Ver cálculos en el Anexo 7).

El proyecto Mirador requiere 7 GJ/t de concentrado de cobre, lo que representa que fue más eficiente respecto a proyectos de similar magnitud como Chuquicamata (47 GJ/t), Radomiro Tonic (23 GJ/t) Los Bronces (25 GJ/t), Los Pelambres (17 GJ/t) y Mr Isa (18 GJ/t) y, superó a la mina Pampa Norte con los estándares más eficientes de 9 GJ/t (Spuerk, Drobe, y Lottermoser 2017, 6) (Ver Tabla en el Anexo 7).

Con la intención de cerrar el capítulo de resultados, se concluye que el perfil metabólico de la megaminería del Ecuador es intenso, al considerar las ingentes cantidades de materia extraída, agua y energía consumida y de los pasivos ambientales que deja en las presas de relaves.

## **Capítulo 5. Resultados de impactos de la megaminería, actuales y futuros**

En este capítulo se presentan y discuten los resultados de los impactos socioambientales actuales y los esperados a futuro, ocasionados por la extracción megaminera en la Amazonía sur de Ecuador. Se procede a interpretarlos y contrastarlos con la teoría y el estado del arte, se atienden a los objetivos y a la hipótesis y se responde la pregunta de investigación. Responder a esta pregunta es pertinente porque la minería ha sido beneficiada por procesos de legitimación por parte de las empresas y del Estado y la sociedad no conoce a cabalidad de los impactos acontecidos y los que pueden suceder.

El alcance de la investigación, nos ha permitido evidenciar los impactos sociales al presente y, en base a los impactos socioambientales de la actividad minera sucedidos en el mundo, nos permite avizorar los posibles impactos socioambientales a futuro de los proyectos Fruta del Norte y Mirador.

### **5.1. Impactos sociales actuales a escala local**

Brevemente se evidencian a continuación algunos impactos sociales sucedidos hasta marzo de 2022 en las comunidades y en las zonas de influencia directa de los proyectos Fruta del Norte y Mirador.

#### **5.1.1. Impactos sociales actuales en el proyecto Fruta del Norte**

Luego del ingreso de las empresas megaminerías, las comunidades de las parroquias de “Los Encuentros” y los cantones de “El Zarza” y “Río Blanco” sufrieron procesos de fragmentación de sus comunidades, entre quienes estaban a favor del proyecto extractivo de las empresas mineras y quienes querían permanecer en el modelo productivo de auto subsistencia basados en la agricultura y la ganadería (FIAAM 2009; Solíz 2016, 90).

El modelo del empleo ofrecido por las empresas megaminerías a las comunidades constaba de un contrato temporal y removible que requería de poca calificación (Solíz 2016, 71). Las empresas mineras ocasionaron una transición de las economías familiares, productivas y autosuficientes, hacia una modalidad de pago por servicios laborales (Solíz 2016, 72) y, en consecuencia, se observó una dependencia en el salario y en el consumo de bienes manufacturados (Solíz 2016, 76). La empresa Lundin Gold despidió a trabajadores poco calificados, por el cambio de fase de construcción a extracción, ofreció cursos de capacitación en emprendimientos y luego contrató a un grupo reducido en servicios tercerizados (Monash 2019a) y, de esta manera, se evitó la huelga laboral y la paralización de la extracción.

Las comunidades y el Estado lograron la creación del centro de salud en El Zarza (FIAAM 2009), pero la comunidad de Río Blanco al no tener alta complejidad debía trasladarse ante una urgencia (Solíz 2016, 95) evidenciando la vulnerabilidad. Con las empresas mineras se observó el desalojo forzoso del territorio para hacer posible la extracción ocasionando traumas psicológicos. En consecuencia, se observaron: a nivel individual, afectaciones psicológicas moderadas en los adultos (como el sufrimiento mental y el estrés); a nivel familiar, cambios en las dinámicas familiares (en las tareas del cuidado y la crianza) y el cambio en los patrones de consumo de alcohol y de violencia intrafamiliar; y, a nivel comunitario, se observó la ruptura del tejido social y la ruptura de la unidad comunitaria (Solíz 2016, 143, 144).

El Estado junto a las comunidades construyeron escuelas en el territorio (FIAAM 2009). En 2010 las parroquias de Los Encuentros y Tundayme solo tuvieron acceso a la educación primaria por lo que alrededor del 20 % de los estudiantes de Los Encuentros y el 10 % de los estudiantes en Tundayme se vio obligado a viajar para estudiar (INEC 2010b). Como resultante, las comunidades presentaban un alto nivel de analfabetismo estructural sin capacidad de lectoescritura, y analfabetismo funcional, con la capacidad de lectoescritura y cálculo, pero sin la capacidad de un uso eficiente en las situaciones de la vida (Solíz 2016, 128). Con la llegada de la minería, la empresa Kinross suplantó al Estado en la provisión de la infraestructura y equipos de la escuela de San Antonio (Solíz 2016, 72), para posteriormente cerrar la escuela y, en este proceso, la comunidad de San Antonio desapareció (Solíz 2016, 101).

### **Fotografía 5.1 Escuela abandonada de la comunidad de San Antonio**



*Fuente:* Solíz (2016, 1).

Las comunidades se encontraban en una situación de vulnerabilidad en temas de empleo, salud y educación y, presentaban una reducción de las defensas ante el avance de las empresas mineras.

### **5.1.2. Impactos sociales actuales en el proyecto Mirador**

Las empresas megamineras necesitaban tener el control del territorio en el área de influencia directa e indirecta del proyecto Mirador y, en consecuencia, utilizaron una estrategia sistemática de apropiación de tierras.

La empresa Ecuacorriente realizó en 2006 un ordenamiento territorial según las necesidades del proyecto Mirador, sin considerar la naturaleza rural, los proyectos de vida de los habitantes y las actividades tradicionales de la agricultura y la ganadería (Figuroa 2015, 52). Se compraron tierras de manera individual, involuntaria e inducida con cada propietario con precios inequitativos (Figuroa 2015, 55, 56). La empresa Ecuacorriente compró tierras mediante la participación de intermediarios a un precio vil para los antiguos propietarios (CEDHU y FIDH 2010, 86; Figuroa 2015, 57). Se ejerció presión a la venta de la tierra aludiendo la carencia de los títulos de propiedad (Figuroa 2015, 58). La empresa Ecuacorriente relocalizó a las familias shuar que habitaban en ambos márgenes del río Quimi sin compensaciones (Figuroa 2015, 61).

La empresa Ecuacorriente planificó un plan de reubicación del Barrio San Marcos porque se encontraba en su zona de influencia directa (CEDHU y FIDH 2010, 84). La Policía Nacional, los militares y el personal de seguridad de la empresa realizaron un desalojo forzoso del barrio San Marcos (Gobierno Zamora Chinchipe 2015; Figuroa 2015, 78). La fuerza pública en 2014 demolió la iglesia, la escuela, la cancha de fútbol y un parque recreativo (Solíz 2016, 78), en setiembre de 2015 derribaron 16 viviendas y en diciembre de 2015 derribaron las 16 viviendas restantes, dejando al barrio San Marcos sin habitantes (INREDH 2015b) y, como saldo, se desalojaron a 19 familias (CEDHU y FIDH 2010, 84). El barrio San Marcos fue demolido con maquinarias pesada, se enterraron los restos y el barrio fue desaparecido (INREDH 2015b). En síntesis, se registró una escalada de violencia con el objetivo de vaciar el territorio de la extracción, que recayó en el uso desproporcionado de la fuerza en contra de la población civil de las comunidades.

**Fotografía 5.2 Escuela “Tres de noviembre” en San Marcos**



*Fuente:* Solíz (2016, 79)

**Fotografía 5.3 Iglesia del barrio San Marcos**



*Fuente:* No a la mina (2014)

**Fotografía 5.4 Custodia policial**



*Fuente:* La Minga Continúa (2014).

**Fotografía 5.5 Demolición de la Iglesia**



*Fuente:* La Minga Continúa (2014)

**Fotografía 5.6 Ruinas del barrio San Marcos**



*Fuente:* La Minga Continúa (2014).

**Fotografía 5.7 Desaparición del barrio San Marcos**



*Fuente:* Bayón y Wilson (2015).

En las comunidades donde se desarrolla el proyecto Mirador se observó la división entre quienes estaban a favor y en contra de la minería, tanto a nivel comunitario como a nivel familiar y personal y las empresas mineras favorecieron a quienes estaban a su favor (Figueroa 2015, 83). En materia laboral, la empresa Ecuacorriente SA despidió trabajadores, prohibió el derecho de conformar un sindicato y se manifestó en contra de la injerencia del rol regulador del Estado en sus decisiones (Figueroa 2015, 28).

En materia educativa, las comunidades, con el apoyo del Estado, lograron la construcción de escuelas y el servicio de educación elemental (Figueroa 2015, 39, 40), pero con la llegada de la minería, se destruyó la escuela del barrio San Marcos (Figueroa 2015, 80).

## **5.2. Impactos hídricos al presente de los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

La Contraloría General del Estado, mediante el informe DNAG-0017-2020 (CGE 2020a), informó que se alteró la calidad del agua superficial en el proyecto Fruta del Norte. En los puntos de monitoreo de calidad de agua del río Machinaza se encontraron concentraciones de fenoles monohídricos en el agua superficial que exceden los criterios de calidad y, según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA 2003, 269), el valor permitido es de 0,001 mientras que en los pozos de monitoreo se encontraron valores entre 0,004 y 0,027, que se excedieron entre el 300% y 26 veces respectivamente (CGE 2020a, 43) (Ver Anexo 7). Se encontraron concentraciones de metales que superaron los valores de la línea base del EIA del proyecto Fruta del Norte: aluminio entre 52 veces y 1009 veces, cobalto entre 64 % y 140 %, cobre entre 149 % y 530,6%, hierro entre 8 veces y 451 veces, manganeso entre 85 veces y 105 veces, plomo entre 35 veces y 61 veces y zinc entre 62 % y 272 % (CGE 2020a, 44) (Ver Anexo 8).

En el proyecto Mirador, la empresa Ecuacorriente S.A. posee los puntos de captación del agua luego de la unión de los ríos Namacunza y Tundayme (Entrix Inc. 2016a, 33) y puede descargar las aguas ácidas neutralizadas al río Quimi (Entrix Inc. 2016a, 38) y las aguas residuales al río Wawayme (Entrix Inc. 2016a, 40) con la condición de que no se superen los límites máximos permisibles (LMP) (Entrix Inc. 2016d, 20). La empresa Ecuacorriente S.A ha utilizado a las cuencas de los ríos como fuente de agua fresca, como insumo en los procesos de aumentar la concentración de los minerales, y como sumidero de los líquidos lixiviados de sus procesos.

La Contraloría General del Estado, mediante el informe DNAG-0020-2020 (CGE 2020b), indicó que la empresa Ecuacorriente S.A desvió el río Tundayme (CGE 2020b, 40), que

ocasionó impactos en las condiciones físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico (CGE 2020b, 51) (Ver Anexo 9).

La Contraloría General del Estado mediante informe DNA6-0020-2020 (CGE 2020b) indicó que se ha alterado la calidad del agua superficial en el proyecto Mirador y, en el cual se alegó que en los ríos Wawayme, Tundayme y Quimi; las concentraciones de metales superaron los límites máximos permitidos y que se alteraron las concentraciones de oxígeno y la acidez del agua (CGE 2020b, 12) (Ver Anexo 9). En el río Wawayme se superaron los valores máximos permitidos de: aluminio, cobre, hierro, mercurio, níquel, plomo y zinc; en el río Tundayme se superaron los valores máximos permitidos de: bario, cadmio, cobre, plomo, zinc y en el río Quimi se superaron los valores máximos permitidos de aluminio, cobre, hierro, plomo, selenio y zinc (Ver Anexo 9). Al superarse los valores de la línea base, implica que la actividad megaminera de la empresa megaminera Ecuacorriente S.A afectaron los ciclos naturales del agua de los ríos Wawayme, Tundayme y Quimi.

### **5.2.1. Impactos esperados en la salud por la presencia de fenoles y metales pesados en el agua**

La ingesta de agua con fenoles concentrados en la población humana implica que puede ocasionar en adultos una afección intestinal grave y en niños vómitos y letargo y, la ingesta de agua con concentraciones extremadamente altas en animales genera temblores musculares, dificultad para caminar y la muerte (ATSDR 2008b). La exposición de fenol concentrado en la piel de humanos puede generar afectaciones graves y la aplicación de fenoles en animales ha generado ampollas y quemaduras (ATSDR 2008b).

La ingesta de agua con metales o la exposición a concentraciones de metales en el agua son perjudiciales para el ser humano, la fauna y la flora y la vida acuática y los ciclos vitales de los sistemas hidrográficos. La ingesta de aluminio en seres humanos en altas cantidades puede causar vómitos, náuseas, dolor abdominal o diarrea y Alzheimer y en los animales puede afectar el sistema nervioso (ATSDR 2008a). En las zonas mineras, donde hay mayor exposición al cobre por los vertederos en los ríos, la ingesta de cobre en grandes cantidades todos los días, puede causar daños en los riñones o el hígado (ATSDR 2022). La exposición al cobalto se puede dar por el contacto de la piel y si el cuerpo absorbe demasiado cobalto pueden ocurrir efectos perjudiciales: respirar aire con concentraciones de 0.038 mg de cobalto/m<sup>3</sup> durante seis horas ocasiona dificultad para respirar, la exposición a 0.005 mg de cobalto/m<sup>3</sup> con una aleación de carburo de cobalto-tungsteno produce efectos graves del pulmón, incluyendo

asma, pulmonía y jadeo y la exposición a 0.007 mg de cobalto/m<sup>3</sup> ocasiona asma y salpullido en la piel (ATSDR 2016a). La exposición a altas dosis de cobalto en animales durante la preñez puede afectar la salud del feto (ATSDR 2016a). La ingesta de plomo en humanos afecta principalmente el sistema nervioso, la exposición prolongada en adultos causa alteraciones en algunas funciones del sistema nervioso, debilidad en los dedos, las muñecas o los tobillos y anemia (ATSDR 2016b). La exposición a altos niveles de plomo puede dañar gravemente el cerebro y los riñones en adultos o en niños y pueden causar la muerte, en mujeres embarazadas pueden producir abortos y, en los hombres puede perturbar la producción de espermatozoides (ATSDR 2016b).

### **5.2.2. Implicaciones del estado de las cuencas hídricas**

La Contraloría General del Estado, mediante el informe DNAG-0017-2020 (CGE 2020a), indicó que la presencia de fenoles y la disminución de la cantidad de oxígeno disponible en el agua del río Machinaza en el proyecto Fruta del Norte, puso en peligro a la preservación de la vida acuática por la posibilidad de perjudicar la piel y los sistemas reproductivos (CGE 2020a, 43). El hecho de que aparezcan concentraciones de plomo y cobalto superiores a los valores de la línea base, implica cambios en la morfología y fisiología de la fauna acuática (CGE 2020a, 45) y la posibilidad de que se genere bioacumulación<sup>24</sup> en los tejidos de los organismos vivos (CGE 2020a, 46).

La Contraloría General del Estado, mediante el informe DNAG-0020-2020 (CGE 2020b), alegó en que se afectaron a las condiciones físicas y químicas de los ríos (CGE 2020b, 12), que se puso en peligro a la salud de los seres humanos y de la vida acuática, con implicaciones de producir bioacumulación de los tejidos (CGE 2020b, 14), y que se generó drenaje ácido con consecuencias negativas en la morfología y fisonomía de los peces (CGE 2020b, 15).

### **5.2.3. Conflictos por el estado de las cuencas hídricas**

El estado de la calidad de las cuencas hidrográficas no ocurre en el vacío, sino que es el resultado de la acción u omisión de las instituciones estatales, de las empresas privadas y de los tomadores de decisión del sector megaminero tanto público como privados. Existe un acuerdo entre las partes involucradas en que se alteró la calidad del agua en los puntos de monitoreos de

---

<sup>24</sup> La bioacumulación o bioconcentración es el proceso de depósito gradual durante un tiempo y acumulación de sustancias químicas en el organismo de un ser vivo, de tal forma que estas sustancias adquieren concentraciones más elevadas que las concentraciones del medio ambiente, ya sea porque el producto químico es absorbido más rápido de lo que puede ser utilizado, o porque no puede ser metabolizado y, como resultante, las sustancias químicas alcanzan concentraciones crecientes a medida que se avanza en el nivel trófico de la cadena alimenticia.

los ríos cercanos a los proyectos Fruta del Norte y Mirador, pero existe un conflicto acerca de las responsabilidades.

En base al informe DNAG-0017-2020, confeccionado por la Contraloría General del Estado (CGE 2020a), existe un litigio por el estado de la calidad del agua de los ríos del proyecto Fruta del Norte entre la Contraloría General del Estado, Instituciones Públicas (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) y Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)) y el concesionario minero Aurelian Ecuador S.A. (CGE 2020a, 13, 15) por los siguientes temas: ausencia del certificado de la eventual afectación a cuerpos de agua superficial y/o subterránea y del cumplimiento al orden de prelación sobre el derecho al acceso al agua (CGE 2020a, 11), aprobación del Estudio de Impacto Ambiental y el Plan de Manejo Ambiental del proyecto Fruta del Norte con información incompleta (CGE 2020a, 29, 30), cambio de la ubicación de los puntos de monitoreo de agua (CGE 2020a, 37) y, exceso de los valores de los fenoles (CGE 2020a, 42) y exceso de las concentraciones de los metales en los puntos de monitoreo del agua superficial (CGE 2020a, 45).

Según el informe DNAG-0020-2020 de la Contraloría General del Estado (CGE 2020b), existe un litigio entre la Contraloría General del Estado, las Instituciones Públicas (Ministerio del Ambiente (MAE), Dirección Nacional de Control Ambiental del MAE, Subsecretaría de Calidad Ambiental del MAE), y el concesionario minero Ecuacorriente S.A. (CGE, 2020b, 12, 14, 15. 16) debido a los siguientes temas: exceso de las concentraciones de metales en los ríos Wawayme, Tundayme y Quimi (CGE 2020b, 12), ausencia de acciones correctivas y de mitigación para reducir las concentraciones de metales por parte de Aurelian Ecuador S.A. (CGE 2020b, 13), ausencia de caracterización y actualización de las sustancias químicas peligrosas y desechos peligrosos y especiales por parte Ecuacorriente S.A. (CGE 2020b, 18), falta de control de los nuevos desechos y sus cantidades (CGE 2020b, 19), exceso de almacenamiento de residuos peligrosos (CGE 2020b, 21), falta de control de los desechos peligrosos (CGE 2020b, 21), diferencias entre las cantidades de los desechos peligrosos de las declaraciones gestionadas y los que constan en los manifiestos de transporte de desechos peligrosos a los gestores ambientales (CGE 2020b, 23), incrementos en la cantidad de los desechos peligrosos (CGE 2020b, 24), construcción de las obras de infraestructura del proyecto Mirador carente de la factibilidad técnica y de los diseños completos (CGE 2020b, 39) (Ver Anexo 9), captación, conducción y distribución de agua de pozo para consumo humano sin autorización (CGE 2020b, 49), afectaciones a la geomorfología del río Wawayme con cambios en el curso y reducción del cauce natural (CGE 2020b, 49), ausencia de remediación por la

obstrucción y desvío del río Wawayme (CGE 2020b, 51) y la ausencia de permisos en obras de infraestructura de la construcción de la presa de relaves Tundayme y desvío del río Tundayme por parte de Ecuacorriente S.A. (CGE 2020b, 52).

#### **5.2.4. Impactos hídricos con influencia en las comunidades**

Los habitantes de las comunidades situadas en los territorios cercanos a la extracción, realizaban actividades productivas como: la cría de animales de corral, la piscicultura, y el cultivo en la huerta (INREDH 2022), y estas actividades les permitían a sus comunidades que se garanticen las soberanías alimentaria, laboral y económica.

Luego del ingreso de las empresas megaminerías se constató, mediante las muestras de los pozos de monitoreo, un aumento de los niveles de los parámetros de metales evidenciando un cambio negativo en la calidad del agua (CGE 2020a; CGE 2020b). El deterioro de la calidad del agua causó afectaciones a la salud en niños que se bañaban en los ríos, quienes sufrieron de enfermedades en la piel con de ronchas y sarpullido (Wambra 2022), la mortandad de animales y la pérdida prematura de cultivos (INREDH 2022). De esta manera se afectó a las soberanías alimentaria, laboral y económica y se les ocasionó un perjuicio económico a las comunidades. Además, la contaminación del agua visual de los ríos y el deterioro de su calidad generó en las comunidades que se dejen de frecuentarlos y se observó un deterioro del vínculo ancestral de los habitantes con las cuencas (INREDH 2022).

## Imágenes comparativas del río Wawayme

Fotografía 5.8 Río Wawayme, 2014

Fotografía 5.9 Río Wawayme, 2017



*Fuente:* Palma (2017).

## Fotografía 5.10 Estado de las cuencas cercanas al proyecto Mirador



*Fuente:* Bayón y Wilson (2015).

**Tabla 5.1 Impacto en la calidad de las cuencas**

Ejes	Ex ante	Intervención ECSA	Impactos
Ciclo del agua	Ciclo natural del agua	Megaminería: proveedora de agua y sumidero de residuos	Contaminación en procesos acumulativos
Especies indicadoras en fauna	Sanas	Muerte de animales de corral, piscicultura y fauna autóctona.	Contaminación Intoxicación
Especies indicadoras en flora	Sanas	Pérdida prematura de cultivos	Contaminación
Color de las cuencas	Cristalina	Turbia	Contaminación visual

Elaborado por el autor en base a INREDH (2022); Wambra (2022).

**Tabla 5.2 Impactos hídricos al presente con influencia en las comunidades**

Eje	Ex ante	Intervención de ECSA	Impactos
Sustento	Soberanía alimentaria, laboral, económica	Deterioro de la reproducción de la vida por pérdida de proteínas y cultivos.	Pérdida de las soberanías alimentaria, laboral y económica. Perjuicio económico, pobreza. Hambre, temor a la muerte por inanición.
Hábitos	Vínculo estrecho con las cuencas	Las comunidades dejaron de bañarse en el río. Cuencas llenas de lodo.	Cambio de hábitos Contaminación visual Pérdida del vínculo con el río
Salud	Cuencas saludables	Contaminación del agua de los ríos	Afectaciones a la salud Dermatitis.

Elaborado por el autor en base a INREDH (2022); Wambra (2022).

### 5.3. Impactos en la biodiversidad

La megaminería presenta como base biofísica de la extracción a los ecosistemas, Bosque siempreverde montano bajo del sur de la Cordillera Oriental de los Andes (GAD 2015, 53) y “Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas” (GAD 2015, 54, 55). Estos bosques se caracterizan por el color verde, el tipo de bosque es denso, con un dosel de árboles de 20 a 25 metros de altura y hasta de un metro de diámetro (GAD 2015, 53). Sobre las laderas se encuentran las especies *Cedrela odorata* (cedro) y *Dyctiocaryum lamarckianum* (palma) de mayor presencia, el número de especies de epífitas y hemiepífitas de las familias Piperaceae, Araceae, Melastomataceae y Orchidaceae. El nivel de endemismo es alto estimado en 50 especies, con 28 especies de la familia Orchidaceae, 7 especies de la familia Romeliaceae y 4 de la familia Ericaceae (GAD 2015, 53).

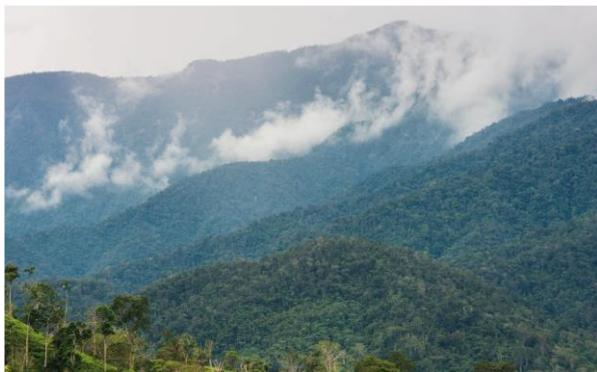
Se estiman 271 especies de aves entre las cuales se encuentran: Passeriformes tres cuartas partes, Piciformes y Falconiformes. Cuenta con tres especies endémicas del Ecuador: *Pirrhura albipectus* (perico pechiblanco), *Pirrhura orcesi*, *Heliangelus strophianus* y con 15 especies endémicas regionales correspondientes a las familias Trochilidae, Formicariidae, Vireonidae, Furnariidae Pipridae, Thraupidae, Tyrannidae, Formicariidae y Troglodytidae (GAD 2015, 54,

55). Entre los vertebrados, este ecosistema cuenta con especies de mamíferos grandes como: Agouti paca (guatusa), Didelphis marsupialis (raposa), Dasypus novemcintus (armadillo) y Tremarctos ornatus (oso de anteojos) (GAD 2015, 56). Las especies presentan estimaciones de sensibilidad mayores al 45%, lo que significa que cualquier alteración antropogénica de sus hábitats puede desencadenar en procesos de extinción elevados (GAD 2015, 56).

Luego de la intervención megaminera se observa la quita de la cobertura vegetal de árboles de entre 20 a 30 metros en 1150 ha (Burbano et al. 2021, 10), el color del paisaje pasó de ser verde a un color marrón terracota, el bosque pasó de ser denso a quedar sin árboles y se pasó de tener varios pisos ecológicos entre los 20-30 metros de altura a no poseer pisos ecológicos. Por la quita cobertura vegetal y por la contaminación sonora del ruido de las maquinarias pesadas, la contaminación visual ocasionada por de las luces del campamento y la presencia de polvo proveniente de la extracción, se alteró el hábitat natural de las especies y se afectó su movilidad en el corredor ecológico entre los Andes y la Amazonía

### **Imágenes del color del paisaje antes y después de la extracción megaminera**

**Fotografía 5.11 Cordillera del Cóndor, 2015**



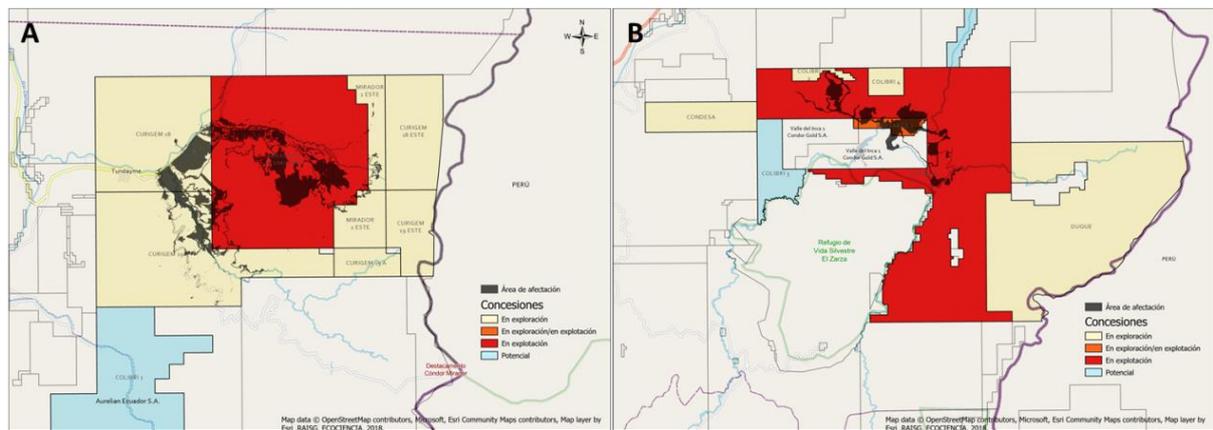
*Fuente:* Figueroa (2015, 38)

**Fotografía 5.12 Proyecto Mirador en la Cordillera del Cóndor, 2022**



*Fuente:* Autor Anónimo (2022)

## Mapa 5.1 Quita de cobertura vegetal efectiva



Fuente: Burbano et al. (2021, 11)

Nota: Mapa (A) proyecto Mirador, mapa (B) proyecto Fruta del Norte

En base a imágenes satelitales de Planet Scope Julio de 2021 (resolución de 5m) se puede observar la quita de cobertura vegetal. En el proyecto Fruta del Norte la quita de cobertura vegetal alcanzó las 325 ha efectivas (Mapa B) y en Mirador la cifra de 825 ha efectivas (Mapa A) (Burbano et al. 2021, 11), en total 1150 ha (Burbano et al. 2021, 10)

**Tabla 5.3 Indicador de pérdida de Biodiversidad**

Concepto	Ex ante de la extracción de la megaminería	Ex post de la intervención de la megaminería
Ecosistema	Bosque Siempreverde Montano Bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes de 106 874 ha (GAD 2015, 53) y Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas de 16 219 ha (GAD 2015, 54, 55).	Quita de la cobertura vegetal: 325 ha en FDN, 825 ha en Mirador, en total 1150 ha (Burbano et al. 2021, 10).
Árboles, altura y diámetro	Palmas Iriarte y Socratea (GAD 2015, 53), Cedrela odorata (cedro) y Dyctiocaryum lamarckianum (palma), entre 20 a 30 metros de altura y hasta un metro de diámetro (GAD 2015, 55),	Sin árboles en 1150 ha. (Burbano et al. 2021, 10).
Pisos ecológicos	Varios pisos ecológicos por la altura de los árboles entre 20 a 30 metros	Sin pisos ecológicos en 1150 ha. (Burbano et al. 2021, 10)
Color	Bosque de color verde y denso (Figuroa, 2015, 38)	Color marrón terracota luego de la quita de la cobertura vegetal (Desconocido 2022)
Especies de aves	271 especies de aves con 15 especies endémicas regionales y 3 endémicas del Ecuador (GAD 2015, 55, 56)	Sin especies de aves en 1150 ha. (Burbano et al. 2021, 10)
Especies de mamíferos grandes	Entre otros: Tamandua tetradáctila (oso hormiguero), Agouti paca (guanta), Nasua (cuchucho), Tapirus terrestris (tapir amazónico) (GAD 2015, 54) Agouti paca (guatusa), Didelphis marsupialis (raposa), Dasypus novemcinctus (armadillo) y Tremarctos ornatus (oso de anteojos) (GAD 2015, 56).	Sin mamíferos grandes en 1150 ha. y en el área de influencia (Burbano et al. 2021, 10)
Especies estimadas	Gran cantidad de especies estimadas, con alto niveles de endemismo (GAD 2015, 54, 55).	Sin especies estimadas en 1150 ha. (Burbano et al. 2021, 10) y alrededores del área de influencia por contaminación sonora, lumínica y por polvo.
Agua	Agua de las cuencas fresca y cristalina.	Cambio negativo en la calidad del agua de las cuencas, por contaminación con fenoles y metales pesados (CGE 2020a; CGE 2020b)
Áreas protegidas	Bosque Protector El Cóndor.	Las concesiones interceptan el Bosque Protector El Cóndor en 4529 hectáreas, en Fruta del Norte en 3182 ha y en Mirador en 1347 ha. (Burbano et al. 2021, 15) (Ver Anexo 3)
Hábitats	Hábitats intervenidos con alteraciones antropogénicas por la caza y la tala y la extracción de flora, fauna y madera (GAD 2015, 53).	La quita de cobertura vegetal en 1150 ha. (Burbano et al. 2021, 10) implicó la pérdida del hábitat natural de las especies de flora y fauna.
Corredores ecológicos	Corredor ecológico de especies entre los Andes y la Amazonía	Fragmentación del hábitat y de los corredores ecológicos por la quita de cobertura vegetal en 1150 ha. (Burbano et al. 2021, 10) y por la contaminación sonora por la operación de maquinarias, contaminación visual por la luminaria del campamento y presencia de polvo.

Elaborado por el autor en base a GAD (2015, 53, 54, 55, 56); Burbano et al. (2021, 10, 15).

La extracción de la megaminería implicó la quita de la cobertura vegetal en 1150 ha (Burbano et al. 2021, 10), destrucción de hábitats en zonas de alto endemismo lo que provocó la pérdida y dispersión de especies, la pérdida de pisos ecológicos y la afectación a los corredores ecológicos que vinculan los Andes y la Amazonía. De esta manera se presenta un conflicto

entre la extracción megaminera y la biodiversidad en zonas sensibles y sus alrededores. Antes de la extracción megaminera era una zona de alta biodiversidad, con especies endémicas de la Cordillera del Cóndor y luego de la extracción megaminera se cuenta con un área sin biodiversidad en 1150 ha y en el área de influencia.

#### 5.4. Impactos a futuro a escala regional

**Tabla 5.4 Presas y depósitos de relaves de los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

Proyecto/ Ubicación/ Ecosistemas/ Pendiente de las cuencas	Presas y depósito de relaves: diseño, altura en metros (m) y superficie en hectáreas (ha)	Factores de incertidumbre	Relaves acumulados T1 2022	Relaves esperados/ año
Fruta del Norte/ Yantzaza/ Bosque siempreverde montano bajo y piemontano/ 1393 msnm - 0 msnm	Presa “aguas abajo”, alto 60 m, superficie 47 a 53 ha (Entrix Inc. 2016g, 107) en 2034.	Lluvias Sismos Incentivos	1,5 Mt	9,3 Mt/ 2034
Mirador/ Tundayme/ Bosque siempreverde montano bajo y piemontano/ 1375 msnm - 0 msnm	Presa Quimi: “aguas arriba”, alto 63 m, superficie 21 056 ha (Entrix Inc. 2016b, 7) en 2049. (Ver Anexo 12). Presa Tundayme: “aguas arriba”, alto 260 m, superficie 576,3 ha (Entrix Inc. 2016b, 30) (Ver Anexo 13).	Lluvias Sismos Incentivos	21,6 Mt	587,7 Mt/ 2049 (490 Mm <sup>3</sup> )
Megaminería/ Zamora Chinchipe/ Bosque siempreverde montano bajo y piemontano/ ~1380 msnm - 0 msnm	Diseño: “aguas abajo” 60 de alto y “aguas arriba”, 260 m de alto/ Superficie esperada en 2049 de 21.682,3 ha.	Lluvias Sismos Incentivos	23,1 Mt	597 Mt/ 2049

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. 2015b, 30; Entrix Inc. 2016a, 29; 2016b, 29, 35, 49; 2016c, 102, 106; 2016d, 8; 2016f, 9; WISE 2022.

La megaminería ubica la base biofísica de la extracción en la Cordillera del Cóndor, la cual es una de las zonas de mayor biodiversidad y gran endemismo por la fisonomía de su ubicación geográfica, la fenología y la heterogeneidad de su territorio que hace posible que se formen varios pisos micro climáticos (GAD 2015, 68).

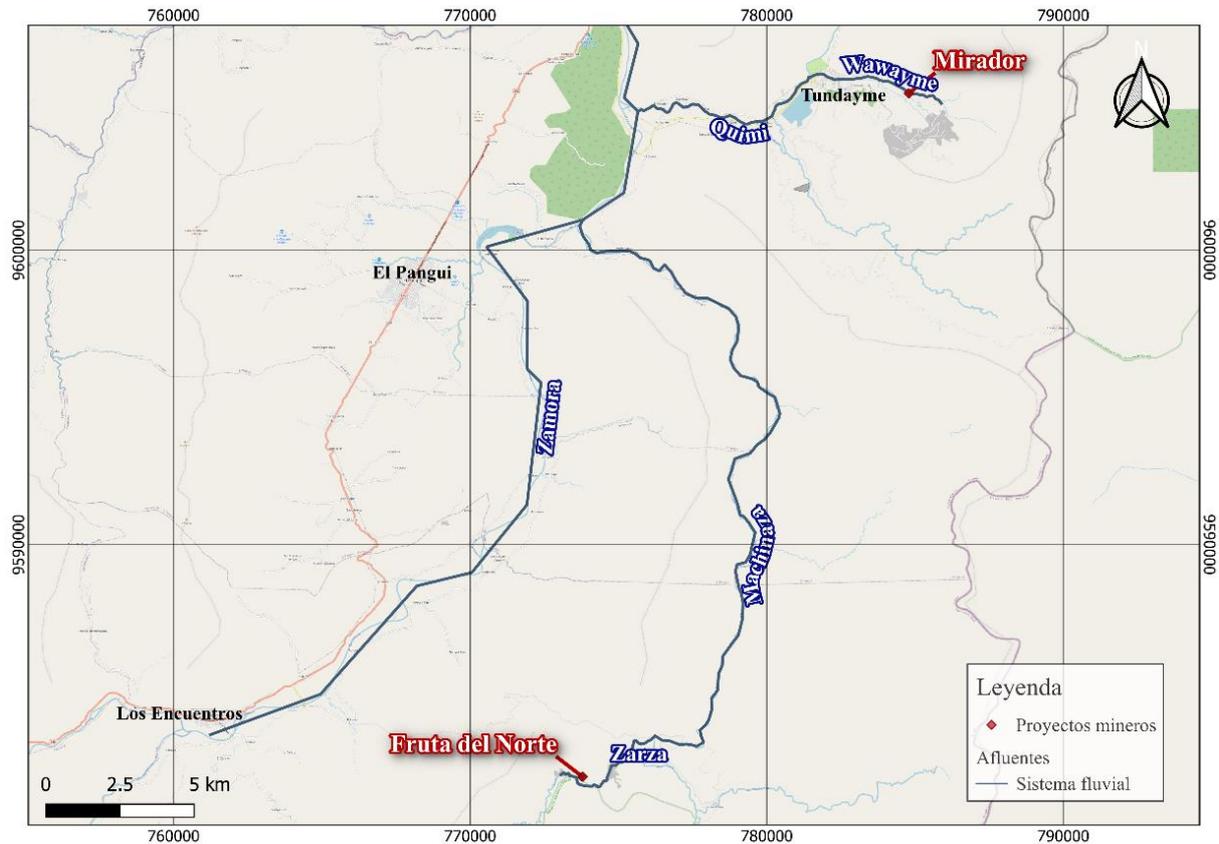
La extracción megaminera se sitúa en los siguientes ecosistemas: “Bosque Siempreverde Montano Bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes” a lo largo de las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes y partes de los sistemas montañosos de la Cordillera Subandina, entre 1300 y 1800 msnm y (referencia El Pangui) (GAD 2015, 53) y el “Bosque siempreverde piemontano sobre afloramientos de roca caliza de las Cordilleras Amazónicas” sobre las laderas de la Cordillera de El Cóndor entre 1300 y 1700 msnm (referencia El Zarza) (GAD 2015, 54, 55). Las actividades extractivas se desarrollan aproximadamente entre las cotas 1.300 a 1.500 msnm, y por esta razón existen especies amenazadas por la fragilidad de los

ecosistemas (GAD 2015, 55). Los ecosistemas son el hábitat natural de la biodiversidad de la flora y fauna pero la megaminería constituye el principal problema para la conservación, porque la extracción degrada su condición ambiental (GAD 2015, 68) y entre las actividades que degradan los ecosistemas se encuentran: quita de la cobertura vegetal (Burbano et al. 2021, 10) con la destrucción de los hábitats y la fragmentación de los corredores, la contaminación (lumínica, sonora, y atmosférica) y, la apropiación del agua y descarga de lixiviados tratados de los procesos mineros en los ríos (Entrix Inc. 2016a, 33, 38, 40).

Los proyectos Fruta del Norte y Mirador se ubican en la Cordillera del Cóndor, en la provincia de Zamora Chinchipe, que presenta una altitud entre los 815 y 2800 msnm (GAD 2015, 14) y que limita al norte con la Provincia de Azuay y Morona Santiago, al oeste con las provincias del Azuay y Loja y al sur y al este con la República del Perú. El sistema fluvial de la provincia confluye en cuatro cuencas hidrográficas de los ríos: Zamora, Chinchipe, Nangaritzta y Yacuambi. Los proyectos se sitúan en la parte superior de las cuencas hidrográficas, conformado por las cuencas de los ríos Morona, Santiago y Cenepa.

En los EIA se estima que en el proyecto Fruta del Norte el río Machaniza alcanzaría una cota máxima de 1.393 msnm (Entrix Inc. 2016h, 9). El proyecto Mirador se encuentra en la parroquia Tundayme ubicada entre los 2150 a 774 msnm y, en el EIA se estima que en la cuenca alta del río Tundayme alcanzaría una cota máxima de 1.375 msnm (Entrix Inc. 2016d, 102). Los ríos Quimi, Wawayme, Tundayme y Machaniza son afluentes del río Zamora y 88 km aguas debajo de la confluencia del río Quimi con el río Zamora se encuentra el río Santiago. Estos ríos fluyen hacia el noreste donde desembocan en el río Marañón, el cual fluye a través de un valle interandino estrecho y alto y sólo los últimos 600 km están en las tierras bajas de la Amazonía de menos de 300 msnm, hasta su confluencia con el río Ucayali a 89 msnm desemboca en el río Amazonas.

## Mapa 5.2 Sistema hídrico a nivel local



Fuente: Cuenca Lozano (2023).

El río Amazonas nace a 5.170 metros sobre el nivel del mar, en la Cordillera de los Andes, en las faldas del Nevado Quehuisha, en Arequipa Perú y continúa hasta su desembocadura, en el estado de Pará al norte de Brasil. Se trata de la cuenca hidrográfica más larga del mundo con 6.800 km de longitud y esta cuenca posee 7,8 millones de  $km^2$  (TNC 2024). Se trata del río con mayor volumen de agua del planeta que representa la quinta parte del agua dulce en estado líquido del mundo, su caudal medio es de 210 millones de litros cúbicos por segundo y alberga la mayor diversidad de animales acuáticos de agua dulce (National Geographic 2023). La cuenca del Amazonas se extiende en ocho países: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana, Perú, Surinam y Venezuela (TNC 2024). Por su caudal el Amazonas vierte 105 000 millones de litros de agua dulce por minuto al Océano Atlántico (National Geographic 2023).

### Mapa 5.3 Sistema hidrográfico de América del Sur



*Fuente:* PhytionMaps (2022).

*Nota:* cuenca del Amazonas en rojo.

El sistema hidrográfico del Amazonas que inicia en los campamentos mineros de los proyectos Fruta del Norte y Mirador, fluye en el sentido del oeste hacia el este, para desembocar en un estuario en el Océano Atlántico. Atraviesan Ecuador, Perú y Brasil en más de 3.700 km de recorrido. La pendiente de la cuenca hídrica es de 1,35 kilómetros de altura y 3.700 kilómetros en la base. El sistema hidrográfico presenta una altura que va desde los 1.350 msnm en los proyectos megamineros a cero msnm en la desembocadura. La liberación de materia tóxica de relaves acumulados en los proyectos megamineros de Ecuador representan una amenaza al sistema hidrográfico inferior por la pendiente, la altura y el sentido de las cuencas.

## Mapa 5.4 Sistema hídrico a nivel regional



Fuente: Cuenca Lozano (2023).

### 5.4.1. Diseño de las presas de relaves y características técnicas

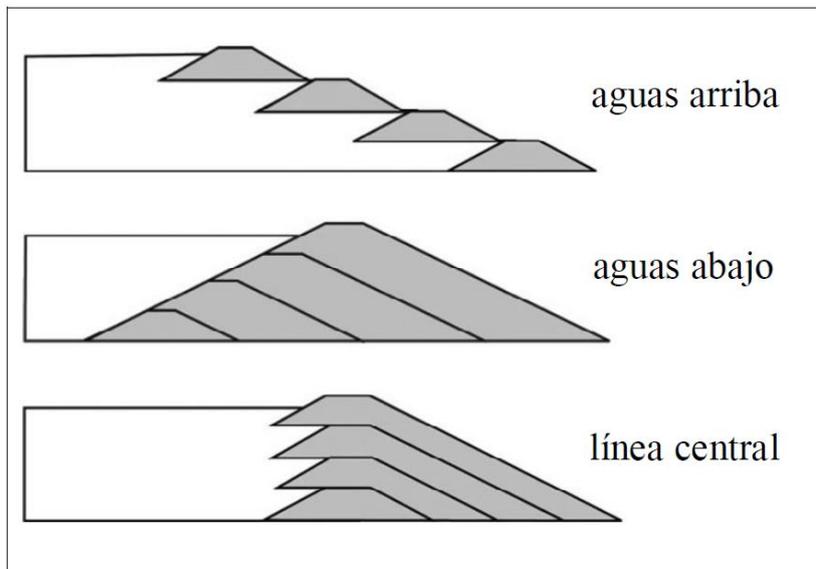
En el método de construcción aguas arriba, los diques sucesivos se construyen en la dirección aguas arriba a medida que aumenta el nivel de relaves acumulados. La ventaja del método es su bajo costo porque para la construcción de la presa y los diques, se requiere muy poco material y pueden construirse con desechos mineros, rocas extraídas o la fracción más gruesa de relaves compactados. La desventaja es que la presa es susceptible a falla por licuefacción dinámica<sup>25</sup>, originada por un sismo, porque los relaves húmedos no compactados están debajo de la presa (Emerman 2019, 8).

En el método de construcción aguas abajo, los diques sucesivos se construyen en la dirección aguas abajo a medida que aumenta el nivel de relaves almacenados. Es viable instalar capas impermeables y drenajes internos, lo que disminuye el peligro de falla de la presa por

<sup>25</sup> El fenómeno de la licuefacción dinámica o sísmica se produce por un temblor sísmico, las partículas sólidas sueltas tienden a disminuir su volumen y se asientan hacia un estado de mayor densidad. Como los temblores sísmicos se producen a gran velocidad, el agua no tiene tiempo para salir de entre las partículas, entonces el agua se comprime y la presión elevada del agua hace que las partículas se separen para que no se toquen entre sí. Como resultado, la masa de partículas sólidas y agua se comporta como un líquido que fluye (Emerman 2019, 12).

inundación, erosión interna, licuefacción estática<sup>26</sup> y falla de cimientos, que puede resultar de un exceso de agua. La resistencia sísmica es alta porque no hay relaves sin compactar debajo de la presa. La desventaja del método es su alto costo debido a la cantidad de material requerido para su construcción (Emerman 2019, 9).

**Figura 5.1 Métodos de construcción de las presas de relaves**



*Fuente:* Kossoff et al. (2014b, 233).

En la figura 4.1 se puede ver una vista del corte lateral de los tres métodos de construcción Kossoff et al. (2014b, 233), pero en el Anexo 11 se presentan vistas tridimensionales de los métodos de construcciones aguas arriba, eje central y aguas abajo (Engles 2016) y se presenta una vista tridimensional en detalle del método de construcción aguas arriba (Tschuschke et al. 2020, 4).

#### **5.4.2. Diseño de las presas de relaves en los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

La presa de relaves de Fruta del Norte se planificó con el diseño de “aguas abajo”, en el que los relaves se depositan dentro de un embalse creado por un dique y la topografía natural del valle (Entrix Inc. 2016g, 107).

Steven Emerman, de la consultoría *Malach Consulting* a petición de *E-Tech International*, sostiene que en el proyecto Mirador la presa Quimi se construyó con una inclinación de 45° en

<sup>26</sup> El fenómeno de la licuefacción estática se produce cuando se da una combinación de saturación excesiva de agua y carga excesiva que hace que las partículas sólidas se separen, de modo que el agua entra entre las partículas sólidas, las partículas sólidas ya no se tocan entre sí y el agua soporta toda la carga. Como resultado, la masa de partículas sólidas pierde su firmeza, y las partículas sólidas y el agua se comportan como líquidos y fluyen en un derrame (Emerman 2019, 11)

el punto de falla (Ver Anexo 12), y con una tecnología aguas arriba, lo que implica que se encuentra en peligro de fallar al llenarla de relaves húmedos (Emerman 2019, 32). Según Emerman, en el proyecto Mirador, la presa Tundayme se construye con el diseño “aguas arriba” y, tiene una altura planeada de 260 metros, la cual la convertirá en la presa de relaves más alta del mundo (Ver Anexo 13). Según Emerman la falla de la presa de relaves por terremoto, inundación o erosión interna es prácticamente inevitable (Emerman 2019, 1, 13, 36, 37).

Según la ingeniera Noemí González, de Proyectos Hidráulicos “*Riada Engineering*”, en el proyecto Mirador hay posibilidades de colapso por la alta sismicidad de la zona, por la alta precipitación, el alto relieve topográfico, por la proximidad cercana al agua superficial, por la gran altura de la represa, por los grandes volúmenes de relaves y por suelos débiles debajo de las represas (Prensa Minera 2023).

En contrario, la empresa Ecuacorriente S.A. afirmó que “ha realizado estudios de peligro sísmico para obras importantes” del proyecto Mirador y que “ha aplicado los criterios indicados en la normativa nacional e internacional (CDA)” (Asociación Canadiense de Presas)” y, esto le ha permitido tener obras de ingeniería “conservadoras y estructuras robustas y seguras frente a eventos sísmicos” (Ecuacorriente S.A. 2023, 2, 3). La empresa ECSA asevera que utiliza el método “eje central” para la presa Quimi y el método “aguas abajo” para la presa Tundayme con “rocas y materiales granulares” que le permiten garantizar la “estabilidad y seguridad” (Ecuacorriente S.A. 2023, 3). La empresa ECSA afirma que se encuentra bajo la supervisión constante del Estado ecuatoriano como las autoridades públicas de control de: Ministerio de Energía y Minas, Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Coordinación Zonal Sur y del Instituto de Investigación Geológico Energético, y que tiene controles y seguimientos en los depósitos de relaves por parte del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (Ecuacorriente S.A. 2023, 2).

### **5.4.3. Factores de incertidumbre de colapso de las presas de relaves**

#### **a) Precipitaciones**

Para el estudio de las precipitaciones del proyecto Fruta del Norte se utilizaron dos estaciones meteorológicas automáticas: la EM001 del campamento Las Peñas con un registro de siete años (2008-2014) y la EM002 de la estación de Fruta del Norte con registro de cinco años (2008-2012) (Entrix Inc. 2016f, 17, 18). Lo primero que se observa es que las estaciones

meteorológicas del proyecto Fruta del Norte no cuentan con series históricas de precipitaciones de más de 30 años para poder realizar predicciones.

En el EIA se estimó una precipitación promedio anual para la zona del proyecto de 3414 mm (Entrix Inc. 2016g, 106) en base al estudio de probabilidades de ocurrencia, y se fundamentó que la presa de relaves está diseñada para soportar una precipitación de 833 mm con una duración de 30 días, con una probabilidad de 1 en 10 000 años (Entrix Inc. 2016h, 28). En el EIA se reconoce la existencia de eventos climáticos extremos (precipitaciones inusuales, lluvias de alta intensidad, lluvias de duración extendida y vientos extremos) que pueden generar inundaciones repentinas y erosión, y estos eventos pueden incrementar el flujo de agua y ocasionar la inundación de la mina subterránea (Entrix Inc. 2016h, 42).

En el informe del EIA se calculó que el evento de colapso de la presa de relaves tiene una baja probabilidad de ocurrencia, pero en caso de ocurrir se indica explícitamente en el EIA que afectará a los territorios aguas abajo y que impactará en las infraestructuras de la mina (Entrix Inc. 2016h, 27). Se señala que los impactos serían menores si el colapso sucede cuando hay menos relaves almacenados, es decir si sucede un derrame en las etapas iniciales de la extracción (Entrix Inc. 2016h, 27).

En el proyecto Mirador se cuenta con la Estación Pluviográfica El Pangui y la Estación Meteorológica Gualaquiza pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (Entrix Inc. 2016j, 2). Ambas estaciones se encuentran alejadas del campamento minero, la estación El Pangui se encuentra a 12,8 kilómetros y la estación Gualaquiza a 24,5 kilómetros (Entrix Inc. 2016j, 3). Para el análisis de precipitaciones, se tomaron los datos de la estación El Pangui sobre la precipitación promedio en el período 1981 a 2013 de 141,1 mm pluviométricos mensuales y de 1693,4 mm totales pluviométricos anuales (Entrix Inc. 2016j, 5). Lo primero que se observa en el proyecto Mirador es que la estación El Pangui se encuentra alejada del campamento minero y, los cálculos probabilísticos no describen de forma fehaciente la zona de la extracción.

Los informes de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) sobre las precipitaciones en los proyectos Fruta del Norte y Mirador presentan vacíos de información respecto a la longitud de las series recopiladas y a la localización de las estaciones meteorológicas. Los EIA se basan en modelos probabilísticos de predicción y control de las futuras precipitaciones, basados en una gestión artificial del riesgo en el que se pretende modelizar el comportamiento futuro, pero se debe considerar por el principio de prudencia, la presencia de incertidumbre en la intensidad y

duración de las futuras precipitaciones. Además, se debe considerar los efectos del cambio climático y sus efectos en las futuras precipitaciones.

## **b) Sismos**

El área de ubicación de los proyectos Fruta del Norte y Mirador, se caracteriza por tener la mayor actividad sísmica del Ecuador. El territorio está conformado por la Cordillera Real y la región Subandina y, se encuentra ubicado en la zona de varias fallas activas: la falla Girón, falla Catamayo y fallas Malacatos-Vilcabamba; el sistema Macará-Alamor, sistema Gualaceo-Paute, sistema Yacuambi-Méndez, sistema Nambula-Zamora, y el sistema río Nangaritza, en esta zona se han originado epicentros de sismos de magnitud sísmica mayor a 7, y se encuentra cercana al nido sísmico del Puyo. Un sismo de magnitud 7 sería percibido por todas las personas quienes escaparían al exterior de las edificaciones, presentaría daños leves en estructuras con buen diseño y construcción, pero exhibiría daños considerables en estructuras débiles o mal planeadas. Las estructuras “aguas arriba” en el proyecto Mirador están prohibidas en el mundo en zonas sísmicas, por lo que son débiles o están mal planeadas para la ubicación en Ecuador.

En los EIA, para evaluar un suceso sísmico, se realizó un análisis probabilístico de valores generales de período de retorno para sistemas tectónicos regionales, porque no existen datos de probabilidad de ocurrencia en la zona de los campamentos mineros de los proyectos Fruta del Norte y Mirador. (Entrix Inc. 2016f, 6; Entrix Inc. 2016c, 93). En Fruta del Norte, la presa de relaves se diseñó para soportar un sismo con un valor de aceleración del terreno pico de 0.54 g, equivalente a  $5.3 \text{ m/s}^2$ , y con una probabilidad de ocurrencia de 1 en 10 000 años (Entrix Inc. 2016g, 106). En el proyecto Mirador la presa de relaves, planta de beneficio y dique de desvío se diseñaron para soportar una aceleración máxima base de 0.34 g, equivalente a  $3.3 \text{ m/s}^2$ , que presupone un terremoto de magnitud 7 a 20 kilómetros del campamento (Entrix Inc. 2016j, 17) y, un evento sísmico de gran magnitud con consecuencias calamitosas puede producirse una vez cada 10 a 100 años (Entrix Inc. 2016f, 8; Entrix Inc. 2016c, 95).

Lo primero que se observa es que el análisis de probabilidad de un evento sísmico se basa en extrapolar datos regionales de eventos pasados y se revela que no se conoce a cabalidad la realidad sísmica del sitio de los proyectos.

Ambas empresas afirman que utilizan tecnologías de construcción de las presas de relaves que son estables, seguras y resistentes a sismos. Según la empresa ECSA, se está construyendo la presa Quimi con el método “eje central” y la presa Tundayme con el método “aguas abajo” (Ecuacorriente S.A. 2023, 3), mientras que la empresa Lundin Gold afirma utilizar el método

“aguas abajo”(Entrix Inc. 2016b, 35, 99). Lo segundo que se observa es que la empresa Entrix Cardno, quién realizó los EIA para ambos proyectos y utilizó los mismos datos y argumentos, le otorgó una categoría de riesgo sísmica diferente a cada proyecto, estableciendo un riesgo sísmico moderado para Fruta del Norte (Entrix Inc. 2016g, 8) y un riesgo sísmico alto para Mirador (Entrix Inc. 2016c, 95). Según Emerman el diseño de las presas de Mirador es “aguas arriba” inestable a sismos (Emerman 2019, 3, 14, 38; Emerman 2023) y por ello más riesgoso que el diseño de Fruta del Norte .

Los EIA se basaron en modelos de predicción y control sobre la actividad sísmica y se buscó modelizar el riesgo de colapso de las presas basados en una gestión artificial del riesgo con incertidumbre sobre los valores de los parámetros. Teniendo en cuenta que la zona de los proyectos se encuentra en una de las regiones con mayores actividades sísmicas del país, con la presencia de varias fallas activas, se debe considerar por el principio de prudencia, la presencia de incertidumbre de un evento sísmico de magnitud. En este sentido las probabilidades del pasado solo permiten conocer que existieron sismos y de que existieron fallas en las presas de relaves, pero se debe considerar que cada proyecto minero es único y que cada presa es construida de acuerdo a sus propias condiciones.

### **c) Incentivos**

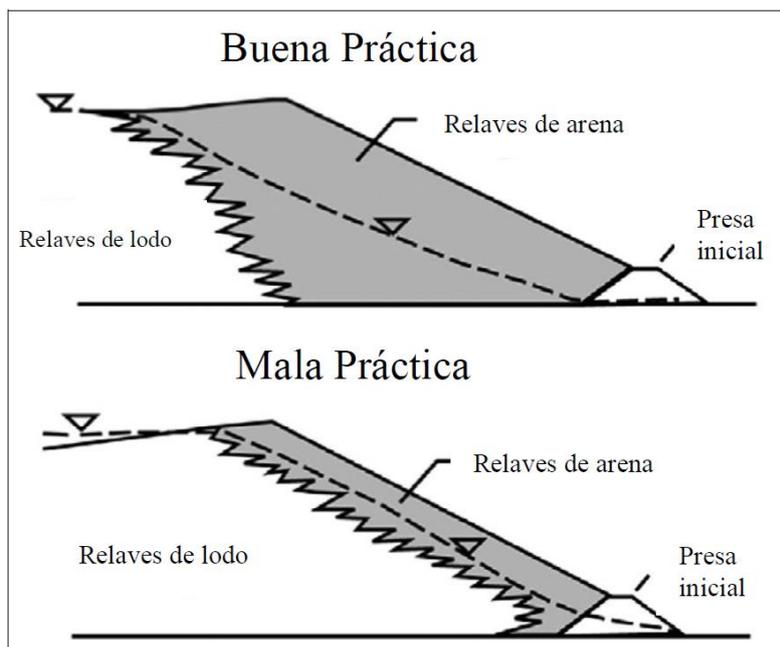
Las presas de relaves se van construyendo a medida que se va realizando la extracción, con los restos de la extracción minera, con el material extraído (como escombros, roca del destape de la mina y relaves compactados), cuando el material extraído está disponible y si se presenta la necesidad de almacenar los relaves (Emerman 2019, 5), a diferencia de las represas de retención de agua que usan concreto y materiales vírgenes (Kossoff et al. 2014a, 233), que implica utilizar materiales de la propia extracción, como rocas, escombros, o relaves, lo que incide negativamente en la calidad de las presas (Emerman 2019, 6).

Las presas de relaves son costos económicos durante la vida útil del proyecto y no presentan incentivos para ser construidas con materiales idóneos. La lógica de la minimización de costos (maximización de beneficios) genera incentivos perversos en la construcción de las presas y depósitos de relaves, ya que invertir en materiales idóneos genera mayores costos. Los incentivos a ahorrar costos es un factor humano que incide en la duración de las presas de relaves, las cuales quedarán a perpetuidad en el territorio y que estarán sujetas a los fenómenos naturales a perpetuidad como precipitaciones y sismos.

Luego de la clausura del proyecto megaminero disminuyen los incentivos por parte de las empresas para realizar inversiones de mantenimiento, ya que no se generan ganancias. Del mismo modo, cesan los incentivos por parte del Estado en realizar las actividades regulatorias de monitoreo y control. Es un caso de injusticia inter generacional porque se les traslada a las futuras generaciones la decisión de realizar inversiones y las tareas de monitoreo y control sobre las presas y depósitos de relaves.

Las presas de relaves aguas arriba están sujetas a la decisión de la empresa sobre la cantidad de materiales a utilizar y los incentivos al ahorro de costos implica que se utilicen menos materiales que los recomendados. De esta manera se presenta la posibilidad de que se desarrolle una mala práctica en el diseño y construcción de la presa de relaves. Esto genera tensiones e incertidumbre sobre el comportamiento en el tiempo de la presa de relaves y si se construye con una mala práctica se generan las condiciones para su colapso.

**Figura 5.2 Calidad de la construcción de las presas de relaves aguas arriba**



*Fuente:* Kossoff et al. (2014b, 233).

Los proyectos megamineros presentan una serie de factores que en el transcurso del tiempo pueden acumular tensiones y desencadenar un colapso de las presas de relaves. Entre los factores naturales se encuentra la ubicación en sistemas hidrográficos superiores en una altura de 1380 msnm y en su cauce se observan pendientes muy pronunciadas. En el río Marañón la pendiente alcanzan los 90° y se observa, entre la orilla oeste del río y las cumbres, un plano aproximadamente vertical. Las empresas Lundin Gold y Ecuacorriente SA decidieron realizar

la extracción en zonas de alta pluviosidad y sismos, donde se observa la presencia de incertidumbre de carácter irreducible, dado que no es posible predecir las futuras precipitaciones ante la presencia de eventos como el Cambio Climático y no es posible predecir los sismos basado en eventos pasados.

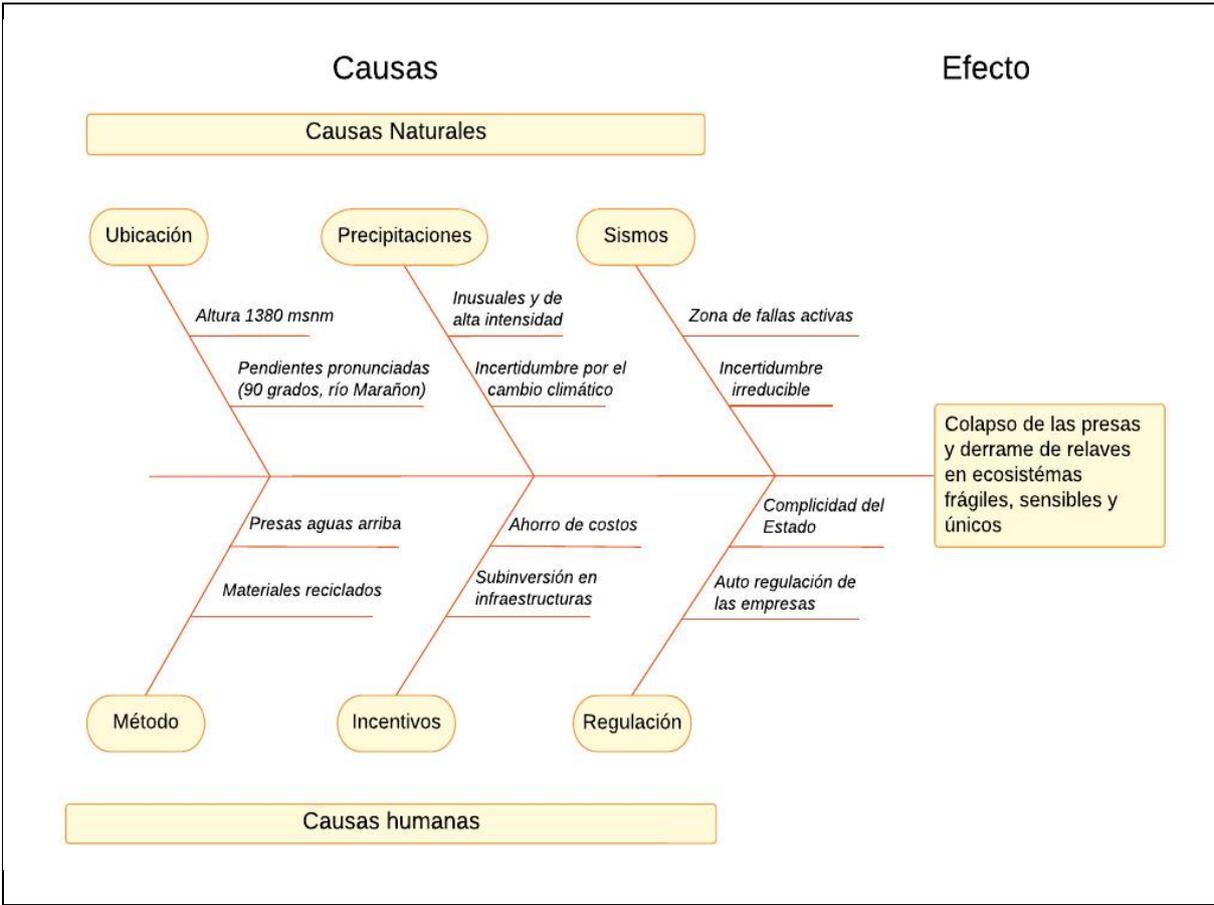
Entre las causas humanas se encuentran los incentivos intrínsecos en las decisiones de construcción de las presas de relaves, los cuales están basados en el criterio a la minimización de costos. Las presas representan costos económicos para las empresas, aunque las presas con métodos más costosas son las menos propensas a fallar (Emerman 2019, 13). Para minimizar los costos, en la presa de relaves Tundayme del proyecto Mirador, se optó por el método de construcción en el cual se reciclaron materiales de la propia extracción y se utilizaron las laderas de las montañas como muros (Emerman 2019, 30).

Entre los factores humanos se encuentra la decisión tomada por las empresas en el método de construcción de las presas de relaves. Según Emerman, la presa Quimi fue construida con una inclinación de 45° en violación de los permisos que requerían una inclinación de 26,5° y se encuentra en el punto de falla (Emerman y Kamp 2023). Según Emerman, en la presa de relaves Tundayme del proyecto Mirador, se utilizó el método de construcción “aguas arriba” y, este método es prohibido internacionalmente en Brasil, Chile por su inestabilidad y su propensión al colapso por terremotos o inundaciones (Emerman 2019, 13). De forma contraria, la empresa Ecuacorriente SA afirma que utiliza el método de construcción “eje central” en la presa Quimi y “aguas abajo” en la presa Tundayme, y afirmó que ambas presas son estables y seguras (Ecuacorriente S.A. 2023, 3), pero científicos como Emerman de Malach Consulting, Richard Kamp de E-Tech International alegan que se construyen en violación de los permisos y de las regulaciones ecuatorianas con la tecnología aguas arriba no aptas para zonas y, por ello, solicitan el acceso a la información y a inspecciones in situ por parte de profesionales independientes (Emerman y Kamp 2023).

Según Emerman existe una tendencia a la auto regulación de la empresa Ecuacorriente SA dado que, en “el Estudio de Impacto Ambiental de 2022 solicitó y recibió permiso para construir lo que quiera la empresa minera sin supervisión gubernamental” (Emerman y Kamp 2023). Además, afirman que “no existe un plan de respuesta a emergencias en violación de las regulaciones” y que no existe un “plan de preparación y respuesta” a emergencias ante un colapso de las presas de relaves (Emerman y Kamp 2023).

Según la empresa Ecuacorriente S.A. los depósitos de relaves contaron con la supervisión constante de las autoridades públicas del Ministerio de Energía y Minas, Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Coordinación Zonal Sur y del Instituto de Investigación Geológico Energético y del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (Ecuacorriente S.A. 2023, 2). En contrario, Emerman sostuvo que, en el EIA de 2022, la empresa minera ECSA solicitó permiso a las instituciones públicas para construir lo que quiera sin supervisión gubernamental, y recibió una respuesta satisfactoria (Emerman y Kamp 2023). Además, en el EIA de 2014 las presas y depósitos de relaves Quimi y Tundayme eran alternativas mutuamente excluyentes, pero se permitieron ambas construcciones (Emerman y Kamp 2023). En síntesis, ante la presencia de posiciones encontradas, se observó la complicidad del Estado por acción u omisión en el proyecto Mirador.

**Figura 5.3 Factores de incertidumbre de colapso de las presas de relaves**



Elaborado por el autor en base a Emerman (2019, 13, 30)

## **5.5. Impactos esperados a futuro por los relaves situados en Ecuador**

La escala de los relaves esperados en el proyecto Fruta del Norte es de 9,3 Mt para el año 2034 y en el proyecto Mirador 587,7 Mt para 2049 y, en consecuencia, los relaves megamineros se estiman en 597 Mt para el año 2049. Un derrame a futuro de 597 Mt relaves esperadas no tiene precedentes en el mundo, por su localización en ecosistemas frágiles de la Amazonía, por la ubicación de la base biofísica de la extracción situada en la parte superior del sistema hidrográfico de la cuenca del río Amazonas y por la magnitud y composición de los relaves, conformados por materia tóxica como metales pesados y químicos (Ver tabla 5.18).

### **5.5.1. Sistematización de la escala de fallas de presas de relaves**

En base a las fallas de las presas de relaves ocurridas, se pueden inferir los impactos si sucede una falla en las presas de relaves de la megaminería en Ecuador.

**Tabla 5.5 Escala de fallas de las presas de relaves de América del Sur**

Proyecto/ lugar/ mineral/ fecha de falla	Falla/ Impactos/ número de personas afectadas/ Video	Relaves
Agua Dulce/ Potosí, Bolivia/ plata, cinc/ 23/7/2022	Falló la presa de relaves por deficiencias en su construcción y se contaminó el río de la Rivera, y la Quebrada de Tarapaya que conecta con el río Pilcomayo. En la provincia de Salta, Argentina, se prohibió el consumo y uso del agua del río Pilcomayo/ TELAM (2022).	13 000 m <sup>3</sup> (El Litoral 2022)
Mina Cobriza/ Distrito de San Pedro de Coris, provincia Churcampa, Perú/ cobre /10/7/2019	Falló la presa de relaves y contaminó el río Mantaro y se cubrió con relaves un área de 41 574 m <sup>2</sup> .	67 488 m <sup>3</sup>
Córrego de Feijão/ Brumadinho, Brasil/ hierro/ 5/1/2019	Falló la presa de relaves y la ola destruyó la estación de carga de la mina, el área administrativa y dos presas de contención de sedimentos (B4 y B4A) que colapsaron. Luego viajó 7 km cuesta abajo, destruyó un puente del ramal ferroviario y contaminó el río Paraopeba y afectó a las localidades de Córrego do Feijão y Parque Cachoeira, con un saldo de 270 personas muertas y 1 165 667 afectadas (Silva et al. 2020, 21, 22, 23; WISE (2022)/ Gatehouse (2019) (BBC 2019a) (BBC 2019b)	11 600 000 m <sup>3</sup> (Silva et al. 2020, 23)
Huancapatí/ provincia de Recuay, Áncash, Perú/ 3/3/2018	Por lluvias intensas colapsó el terraplén de la presa de relaves y se contaminó las áreas de cultivos, el arroyo Sipchoc y el río Santa.	80 000 m <sup>3</sup>
Ujina/ Pica, provincia del Tamarugal, Chile/ cobre, molibdeno/ 4/8/2016	Debido a un sismo se rompió un chute <sup>27</sup> de transporte de relaves, se contaminó el área de pastoreo ancestral de cuatro especies de vicuñas protegidas y se amenazó a las aguas subterráneas.	4500 m <sup>3</sup>
Mina Germano/ Bento Rodrigues, distrito de Mariana, <i>Região Central</i> , Minas Gerais, Brasil / hierro/ 5/11/2015	Colapsó la presa de relaves por drenaje insuficiente, licuefacción por terremoto de baja intensidad. La ola de relaves inundó la Ciudad de Bento Rodrigues y destruyó 158 viviendas y contaminó a los ríos Gualaxo Norte, Carmel y de Doce a lo largo de 663 km hasta la costa de Espírito Santo. Se destruyeron 15 kilómetros cuadrados de tierra y se cortó el suministro de agua potable a los residentes. Daño de al menos USD 7 mil millones, 17 personas muertas y 2 desaparecidas/ Vieira (2015)	34 000 000 m <sup>3</sup> (Silva et al. 2020, 22)
Santiago Apóstol/ Potosí Bolivia/ zinc, plata, plomo, estaño/ 4/7/2014	Falló la presa de relaves y el derrame contaminó la cuenca alta del río Pilcomayo.	30 000 m <sup>3</sup>
Huancavelica, Perú/ 25/6/2010	Falló la presa de relaves y se contaminó a los ríos Escalera y Opamayo a 110 km aguas abajo.	21 420 m <sup>3</sup>

Elaborado por el autor en base a Vieira (2015); Gatehouse (2019); Silva et al. (2020, 21, 22, 23); WISE (2022); TELAM (2022).

En base a las fallas de las presas de relaves en América del Norte (WISE 2022) se pueden inferir los impactos de la megaminería por un colapso de las presas de relaves en Ecuador.

<sup>27</sup> Los chutes se utilizan para transportar material de un paso del proceso a otro en las operaciones mineras.

**Tabla 5.6 Escala de fallas de presas de relaves de América del Norte**

Proyecto/ Lugar/ mineral /fecha de falla	Falla/ Impactos/ número de personas afectadas/ Imagen/ Video	Relaves
San José de Los Manzanos/ Canelas, Durango, México/ plomo, cinc/ 1/5/2020	Falló la presa de relaves y la ola destruyó un camino local y los relaves contaminaron 8000 m <sup>2</sup> de terreno, el arroyo y el poblado de San Bernabé/ Excélsior TV (2020).	6000 m <sup>3</sup>
Mina Cieneguita/ Urique, Chihuahua, México/oro y plata/ 4/6/2018	Falló la presa de relaves, los relaves fluyeron 29 km río abajo y se depositaron a largo del curso del río Cañitas. Al menos 3 personas muertas, 2 heridas y 4 desaparecidas/ Maerker (2018).	249 000 m <sup>3</sup> 190 000 m <sup>3</sup> de material del terraplén
Planta de Nueva Gales/ Mulberry, condado de Polk, Florida, EE. UU/ fosfato/ 27/8/2016	Derrame de líquido tóxico y radioactivo hacia el subsuelo del Acuífero de Florida y, se contaminó un recurso de agua potable/ Ryan y Uhler (2016).	840 000 m <sup>3</sup> de líquido tóxico
Mina Dos Señores/ La Concordia, Sinaloa, México/ oro plata/ 16/10/2014	Falló la presa de relaves, y la ola de relaves recorrieron 900 metros. Se afectó el arroyo El Charcas o Pánuco y se amenazó el suministro de agua potable de la comunidad.	10 800 t
Mina Buenavista del Cobre/ Cananea, Sonora, México/ cobre/ 7/8/2014	Falló la presa de relaves. La fuga desembocó en la vía fluvial del río Bacanuchi, afluente del río Sonora, de 420 km de longitud. Se afectó directamente a 800 000 personas/ Cárdenas (2018).	40 000 m <sup>3</sup> de sulfato de cobre
Mount Polley/ Columbia Británica, Canadá/ cobre y oro/ 4/8/2014	Fallaron los cimientos de la presa de relaves, la ola de relaves fluyó hacia el lago <i>Polley Lake</i> y, a través del río <i>Hazeltine Creek</i> , hacia el lago <i>Quesnel Lake</i> (bahía <i>Mitchel Bay</i> )/ Ecocidio de la fauna y flora y pérdida de los ciclos vitales de las cuencas. Contaminación de 10.600.000 m <sup>3</sup> de agua y 6 500 000 m <sup>3</sup> de agua intersticial/ Global News (2014).	7 300 000 m <sup>3</sup> (WISE 2022) Relaves y agua sobrenadante 25 000 000 m <sup>3</sup> (Byrne et al. 2018, 72)
Estación de vapor Dan River/ Eden, Carolina del Norte, EE.UU.	Colapsó una tubería de drenaje debajo de un estanque de desechos de cenizas La ceniza fluyó hacia el río Dan y contaminó 100 000 m <sup>3</sup> de agua.	74 400 t de ceniza de carbón
Mina Obed Mountain/ al noreste de Hinton, Alberta, Canadá/ carbón/ 31/10/2013	Colpasó la pared del estanque de contención de la presa. Se contaminó a los arroyos Apetowun y Plate y al río Athabasca con pluma de lodo que contenía partículas finas de carbón, arcilla y metales pesados.	670 000 m <sup>3</sup> de agua residual de carbón y 90.000 t de sedimento
Mina El Herrero/ Otáez, provincia de Barrancas, estado de Durango, México/ oro y plata/ 20/1/2013	Falló la presa de relaves y contaminó a los ríos Los Remedios y San Lorenzo y al embalse El Comedero en Sinaloa. Ecocidio de peces en el río Los Remedios 130 km aguas abajo. Se perdieron los ingresos de 300 familias en una piscifactoría de tilapia. Al menos 4 personas muertas y 1 herida.	300 000 m <sup>3</sup>
Mina Bloom Lake/ Fermont, Québec, Canadá/ hierro/ 5/2011	Se fisuró la presa del estanque de relaves de <i>Triangle</i> y se derramaron los relaves.	200 000 m <sup>3</sup>

Elaborado por el autor en base a Global News (2014); Ryan y Uhler (2016); Cárdenas (2018); Maerker (2018); Byrne et al. (2018, 72); Excélsior TV (2020); WISE (2022).

**Tabla 5.7 Escala de fallas de las presas de relaves de África, Asia y Europa**

Proyecto/ Lugar/ mineral /fecha de falla	Falla/ Impactos/ número de personas afectadas/ Imagen y video	Relaves
Mina Williamson/ Mwadui Lohumbo, Tanzania/diamante/ 7/11/22	Falló de la presa de relaves, la ola de lodo, de hasta 1,2 km de ancho, se desplazó lo largo de 8 km, cubrió 5,09 km <sup>2</sup> / Destruyó 13 casas y las tierras de cultivo/ Se reportaron 3 personas heridas y 115 habitantes de la aldea de Ngw'wanholo fueron gravemente afectados.	12,8 Mm <sup>3</sup>
Jagersfontein/ Kopanong, Xhariep, Sudáfrica/diamante/ 11/9/22	Falló de la presa de relaves, la ola de hasta 1,5 km de ancho se desplazó por 8,5 km, ingresó a la presa Wolwas, luego al río Prosesspruit, un afluente de Rietrivier, que desemboca en la presa Kalkfontein, ubicada en una reserva natural. Arrastró y/o destruyó 51 casas y afectó a otras 103, arrastró automóviles e interrumpió el tendido eléctrico/ Se reportaron 2 personas muertas, 76 heridas, más de 300 desplazadas y 1 continúa desaparecida. Más de 500 animales han muerto/ (News24 2022).	5,04 Mm <sup>3</sup>
Mina de oro Kokoya/ condado de Bong, Liberia/ oro/ 17/9/2017	Fuertes lluvias ocasionaron la rotura de sección de la capa de geomembrana que desencadenó un desbordamiento y descarga en el arroyo Sien Creek/ Se afectó una fuente de agua para los residentes de la ciudad de Saywehta/ Al menos 30 personas intoxicadas.	11 500 m <sup>3</sup> compuestos de lodo con cianuro
Pueblo de Yedikardes, distrito Şebinkarahisar, provincia Giresun, Turquía/ plomo, zinc, cobre/ 18/11/2021	Colapsó el estanque de desechos. Los relaves con cianuro fluyeron hacia la presa número 1 y posteriormente hacia el arroyo Darabul y demás ríos de la región y luego arribaron a la represa Kiliçkaya 5 km río abajo/ (TEMA Vakfi 2021).	> 4500 t
Tieli/ ciudad de Yichun, provincia de Heilongjiang, China/ molibdeno/ 28/3/2020	La presa de relaves se inclinó, y liberó el agua sobrenadante y relaves a través de un túnel de drenaje, el terraplén permaneció intacto pero el agua y los relaves fluyeron a través de los alrededores y alcanzó al río Yijimi a 3 km río abajo. Se amenazó el recurso de agua potable de 68 000 personas de la ciudad de Tieli.	2,53 Mm <sup>3</sup>
Mishor Rotem/ Israel/ fosfato/ 30/6/2017	Falló la presa de fosfoyeso. Las aguas tóxicas fluyeron a lo largo del lecho seco del río Ashalim y se dejó una huella de destrucción ecológica mayor a 20 km de largo.	100 000 m <sup>3</sup> de aguas ácidas
Mina Tonglvshan, provincia de Hubei, China/cobre, oro, plata, hierro/ 12/3/2017	Falló la presa de relaves de forma parcial, se abrió una grieta de 200 metros. Se inundó el estanque de peces en 27 ha. Se reportaron dos personas muertas y una desaparecida.	200 000 m <sup>3</sup>
Mina Antamok/ Itogon, Filipinas/ oro/ 27/10/2016	Fuertes lluvias ocasionaron un flujo de relaves a través del túnel de drenaje de la mina subterránea hacia el río Liang, luego al río Ambalanga y finalmente al río Agno.	50 000 t
Pueblo de Dahegou, Luoyang, provincia de Henan, China/ bauxita/ 8/8/2016	Falló la presa de relaves y la ola de relaves sumergió por completo el pueblo Dahegou con lodo rojo. Se reportaron más de 300 aldeanos evacuados, muerte de animales domésticos y de granja.	2 Mm <sup>3</sup>
Mina Padcal/ Itogon, Filipinas/ cobre, oro/ 1/8/2012	Fuertes lluvias ocasionaron una brecha en el estanque de relaves y se contaminó el río Balog, que desemboca en el río Agno/ Se reportaron 10 000 personas afectadas de forma directas y 100 000 de forma indirecta.	20,6 Mt
Mina Stolice, Kostajnik, Serbia/ antimonio/ 14 y 15 mayo 2014	Falló la presa de relaves por lluvias intensas. Se contaminó al río Kostajnik, 27 km de lechos fluviales y 360 ha de tierras agrícolas.	100 000 m <sup>3</sup>
Kolontár, Hungría/ bauxita/ 4/10/2010	Falló la presa de relaves y se inundaron 8 km <sup>2</sup> / varios pueblos afectados/ Se reportaron 10 personas muertas y alrededor de 120 personas heridas.	700 000 m <sup>3</sup>

Elaborado por el autor en base a TEMA Vakfi (2021); WISE (2022); News24 (2022).

Como consecuencia de los derrames acontecidos en América, África, Asia y Europa, se afectaron a las “condiciones personales de producción” (O’Connor 1988, 17). Se observó: la afectación a la salud física y mental de las personas afectadas, la pérdida irreversible de vidas humanas, las pérdidas de ingresos de las comunidades por la contaminación de las fuentes de sustento, la contaminación de las áreas de cultivo y de pesca, la degradación laboral, la pérdida de conocimientos y el comportamiento social sesgado (Silva et al. 2020, 22; WISE 2022; EJAtlas 2023). Los impactos sobrepasaron los límites espaciales de las concesiones mineras e incidieron negativamente en el desarrollo político, social y económico de las poblaciones situadas en el área de influencia del derrame (Silva et al. 2020, 22) (WISE 2022) (EJAtlas 2023).

Las fallas de las presas y derrames, ocasionaron que se afecten “las condiciones físicas externas” o “las condiciones naturales” (O’Connor 1988, 17). Se registró la contaminación de los ecosistemas, del agua superficial de los ríos, del agua subterránea, del suelo y el hábitat de las especies. Como consecuencia se observó la degradación de los servicios ecosistémicos y la mortandad masiva de especies en el área de influencia del derrame (Byrne et al. 2018; WISE 2022).

Los colapsos de las presas de relaves también implicaron que se vulneren “las condiciones físicas externas” o “las condiciones comunitarias o comunales de producción” (O’Connor 1988, 17). Se observó la destrucción de viviendas, la inundación de pueblos y tierras agrícolas, la destrucción del tendido eléctrico y la red de agua potable, el deterioro del patrimonio público, la destrucción de los caminos y la pérdida de la infraestructura básica (WISE 2022). Esto generó que se afecte al suministro de los servicios públicos esenciales, que se altere la cultura material e inmaterial de las comunidades y que se afecten a las condiciones de vida de millones de personas del área de influencia de los derrames (WISE 2022).

La degradación institucional, como la corrupción y cooptación, fueron contraproducentes para la reconstrucción de “las condiciones comunitarias” y, de esta manera, se afectó al recobro del suministro de los servicios públicos (EJAtlas 2023). La destrucción de las infraestructuras de los campamentos mineros como: puentes de ramales ferroviarios, edificios administrativos, imposibilitó continuar con la extracción minera y con la acumulación del capital (WISE 2022). También se afectaron a otras actividades económicas alejadas de la zona de la extracción y se afectó a la reproducción de la vida de las comunidades (WISE 2022).

En *Riada Engineering*, se ha realizado simulaciones de una eventual liberación de relaves en la Cordillera del Cóndor en Ecuador. Según sus proyecciones, una ruptura o colapso de presas de relaves liberaría una ola de relaves y materiales tóxicos, que implica que se afectarían a las comunidades indígenas aledañas y sepultando a varias poblaciones y comunidades bajo más de treinta metros y, contaminando a la cuenca del río Quimi, afluente del río Zamora (Prensa Minera 2023, 1).

Las lecciones de la afectación de las condiciones de producción comunales por la megaminería, además de lo mencionado, implica que en la Cordillera del Cóndor se vean afectados una gama de patrimonios: arqueológicos, de saberes y conocimientos de comunidades de la nacionalidad shuar y poblaciones campesinas e indígenas cañari-kichwa reterritorializadas en la Cordillera del Cóndor; produciéndose fuertes transformaciones en la relación cultura-naturaleza; con la afectación de caminos vecinales, tecnologías propias, entre otros aspectos.

### **5.5.2. Escala comparada de los colapsos de presas de relaves e impactos asociados**

Los relaves efectivamente acumulados en los proyectos Fruta del Norte y Mirador, hasta marzo de 2022, se estiman en 23,1 Mt. Este volumen implica que las excretas acumuladas del metabolismo social megaminero presentan una escala mayor al colapso de la presa de Córrego de Feijão en Brasil de 11,6 Mm<sup>3</sup>, muestran una escala cercana a los derrames de las catástrofes de Padcal en Filipinas de 20,6 Mt y a la de Mount Polley en Canadá de 25 Mm<sup>3</sup> (Byrne et al. 2018, 72) y es de menor escala al desastre de Bento Germano Brasil de 34 Mm<sup>3</sup>.

La escala del derrame de Mount Polley, en British Columbia Canadá, fue uno de los más grandes registrados en América del Norte (Byrne et al. 2018, 1) con una cantidad de relaves derramados de 7,3 Mm<sup>3</sup> (WISE 2022). Esta escala es similar a los relaves esperados para el año 2034 en el proyecto Fruta del Norte de 9,3 Mt y es menor a los relaves acumulados, hasta marzo de 2022, en el proyecto Mirador de 21,5 Mt.

**Tabla 5.8 Proyectos de similar escala actual y a futuro a los proyectos Fruta del Norte y Mirador**

Proyecto	Relaves	Comparación
Fruta del Norte (FDN), Zamora Chinchipe, Ecuador	1.5 Mt (*) 9,3 Mt (**)	Actual: Tieli, Dahegou; a futuro Córrego de Feijão.
Mirador (M), Zamora Chinchipe, Ecuador	21.5 Mt (*) 587,7 Mt (**)	Actual: Mount Polley, Padcal; a futuro alcanzará a Germano y por volumen semejante a Toquepala y Cuajone.
Tieli, China	2,53 Mm <sup>3</sup> (#)	Actual FDN 1,5~2,53 Mt
Dahegou, China	2 Mm <sup>3</sup> (#)	Actual FDN 1,5~2 Mt
Mina Córrego de Feijão, Brumadinho, Brasil	11,6 Mm <sup>3</sup> (#)	A futuro FDN 9,3 ~11,6 Mt
Mina Germano, Minas Gerais, Brasil	34 Mm <sup>3</sup> (#)	Actual Mirador 21,5 Mt, a futuro alcanzará 34 Mt
Mount Polley, Columbia Británica, Canadá	25 Mm <sup>3</sup> (#)	Actual Mirador 21,5 ~25 Mt
Mina Padcal, Itogon, Filipinas	20,6 Mt (#)	Actual Mirador 31,5~20,6 Mt
Minas: Toquepala (Tacna) y Cuajone (Moquegua), Perú	1440 Mt (#)	Semejante, no igual, a futuro Mirador 588~1440 Mt

Elaborado por el autor en base a WISE (2022)

Nota: (\*) acumulados (marzo 2022), (\*\*) esperados FDN (2034) y Mirador (2049) y (#) derramados.

La escala de relaves de los colapsos de la mina Tieli de China de 2,53 Mm<sup>3</sup>, y del pueblo Dahegou de China de 2 Mm<sup>3</sup> (WISE 2022) es de similar escala que los relaves acumulados en el proyecto Fruta del Norte de 1,5 Mt hasta marzo de 2022. En el colapso de la mina Tieli, situada en la ciudad de Yichun, provincia de Heilongjiang, en China, los relaves recorrieron 3 kilómetros y contaminaron al río Yijimi afectando al sistema de agua potable de 68 000 personas en la ciudad de Tieli y, en una semana, los relaves alcanzaron los 208 kilómetros y contaminaron los sistemas hidrográficos inferiores (WISE 2022). En el colapso de la aldea de Dahegou, en la localidad de Luoyang, provincia de Henan, en China, el pueblo quedó

totalmente sumergido en barro rojo<sup>28</sup> con alrededor de 300 campesinos evacuados y se registró la mortandad de animales domésticos y de granja (WISE 2022).

La escala de los relaves de 11,6 Mm<sup>3</sup> (Silva et al. 2020, 23) derramados en la presa de relaves de Córrego de Feijão, en Brumadinho Brasil, es menor a la escala de los relaves efectivamente acumulados en el proyecto Mirador hasta marzo de 2022 de 21,5 Mt y, es de similar escala a los relaves esperados en el proyecto Fruta del Norte de 9,3 Mt para el año 2034. La escala de 34 Mm<sup>3</sup> de relaves del derrame de la Mina Germano en Brasil (Silva et al. 2020, 22) es mayor a la escala de los 23 Mt de relaves acumulados por la megaminería en Ecuador desde julio de 2019 a marzo de 2022. En base a los colapsos de los proyectos Bento Germano y Córrego do Feijão en Brumadinho Brasil, se pueden inferir los impactos socioambientales que se esperan a futuro en caso de un derrame de relaves en Ecuador.

---

<sup>28</sup> El barro o lodo rojo es un residuo sólido que se genera en el método industrial en la producción de alúmina a partir de bauxita y representa uno de los problemas más importantes de la eliminación de residuos

**Tabla 5.9 Implicaciones de los derrames de Bento Germano y Córrego do Feijão**

Eje	Impactos	Características
Vida	Impactos por la pérdida de vidas	Tragedia personal y sufrimiento colectivo por el carácter irreversible de las pérdidas; aumentaron los niveles de mortalidad y morbilidad (Silva et al. 2020, 22)
Trabajo	Impactos laborales	Por la catástrofe de la mina Germano se estima que entre 147 y 424 comunidades tradicionales de indígenas, quilombos, silvicultores y pesqueros artesanales han perdido sus medios de vida en 250 kilómetros río abajo (Silva et al. 2020, 23).
Salud	Impactos en la salud física	Consecuencias graves, profundas y duraderas para la salud humana en el mediano y largo plazo (Silva et al. 2020, 22). Aumentaron la incidencia de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y de obesidad (Peixoto y Asmus 2020, 43) y se agravaron las enfermedades crónicas como: hipertensión, diabetes e insuficiencia renal (Peixoto y Asmus 2020, 44). Se observaron afecciones respiratorias como: dificultad para respirar, alergias y bronquitis, alergias en la piel (Peixoto y Asmus 2020, 44) así como afecciones de la piel superficial y del tejido subcutáneo (Silva et al. 2020, 26)
	Impactos salud mental	Los sentimientos inmediatos al derrame como miedo, horror e impotencia inciden negativamente en la salud mental de la comunidad (Peixoto y Asmus 2020, 44) y surgen trastornos mentales (Peixoto y Asmus 2020, 43) y depresión (Peixoto y Asmus 2020, 44). En Brumadinho se registraron aumentos de los casos de ansiedad, depresión, estrés severo e intentos de suicidio y accidentes cerebrovasculares (Silva et al. 2020, 26).
	Impactos virales	En un primer momento aparecen enfermedades transmisibles como diarrea (Peixoto y Asmus 2020, 43). En Brumadinho se registraron aumentos de casos de enfermedades diarreicas agudas (Silva et al. 2020, 26). Luego del derrame puede surgir la zoonosis y pueden aumentar la incidencia de enfermedades transmisibles preexistentes, como la fiebre amarilla, la esquistosomiasis y las enfermedades diarreicas (Peixoto y Asmus 2020, 44)
Gobiernos locales	Servicios	En el municipio de Mariana la caída de los ingresos municipales implicó una reducción en la capacidad de brindar servicios esenciales como salud, educación, saneamiento (Silva et al. 2020, 22) y tuvieron una sobrecarga del servicio de educación primaria (Silva et al. 2020, 22).
	Comportamiento social sesgado	Aumento del consumo de alcohol, tabaco y otras drogas, extendido en el tiempo (Peixoto y Asmus 2020, 43).
	Impactos en los municipios	En Córrego do Feijão al menos 18 municipios afectados a lo largo de la cuenca del río Paraopeba (Silva et al. 2020, 21). En Samarco: al menos 39 municipios afectados a lo largo del río Doce en 660 km y la pluma en la desembocadura del río Doce hasta el archipiélago de Abrolhos alcanzó los 250 km y se afectaron a las condiciones de vida de millones de personas alejadas de la empresa minera (Silva et al. 2020, 22).

Elaborado por el autor en base a Peixoto y Asmus (2020, 43, 44); Silva et al. (2020, 21, 22, 23, 26).

La escala de los 20,6 Mt liberados en el colapso de la mina Padcal de Filipinas (WISE 2022) es de similar escala de los relaves acumulados en Mirador de 21,5 Mt hasta marzo de 2022. En el

colapso de la mina Padcal, se registraron la destrucción de los medios de vida de las culturas indígenas y se alteraron sus formas de vida (EJAtlas 2023).

**Tabla 5.10 Impactos del proyecto Padcal en Filipinas**

Eje	Impactos	Características
Vida	Fallecidos	Pérdida de 10 000 vidas humanas
Trabajo	Reproducción de la vida	Pérdida de formas de subsistencia y afectación a la reproducción de la vida de 100.000 personas.
	Conocimiento	Pérdida de los conocimientos locales, saberes, prácticas, cultura.
	Trabajo	Falta seguridad laboral, ausentismo, despidos, desempleo. Enfermedades laborales y accidentes.
Salud	Salud física	Exposición a metales pesados y enfermedades relacionadas. Malnutrición.
	Salud mental	Exposición prolongada a la incertidumbre, estrés, depresión y suicidio.
Comunidad	Instituciones	Aumento de la corrupción/cooptación de distintos actores. Pérdida de sentido de identidad del lugar.
	Degradación social	Alcoholismo, prostitución, aumento de la violencia, éxodo, genocidio, violaciones, etc. Violaciones a los derechos humanos.

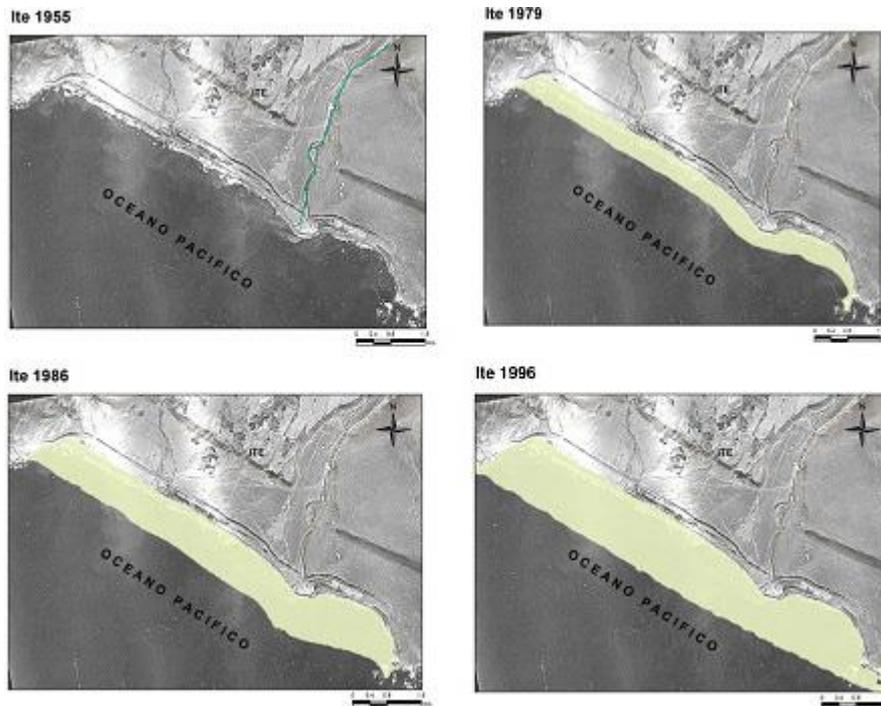
Elaborado por el autor en base a EJAtlas (2023).

En los proyectos Toquepala y Cuajone de Perú, la empresa SPCC se vertieron los relaves directamente al río Locumba, los cuales recorrieron 21 kilómetros, hasta desembocar en el mar en la bahía de Ite (Pérez-Jiménez 2018, 2). La escala de la descarga anual de relaves fue de 40 Mt, entre los años 1960 y 1996, los cuales estaban compuestos con altos contenidos de silicatos, metales pesados, cianuro y demás agentes tóxicos (Pérez-Jiménez 2018, 2). Los relaves se fueron acumulando en 36 años y alcanzaron 1440 Mt, los cuales ampliaron el perímetro de la costa en la bahía Ite, 300 Km<sup>2</sup> quedaron contaminados y, se registraron impactos socio ambientales de gran intensidad como la afectación a la fauna marina y a la pesca local (Pérez-Jiménez 2018, 2) (Ver mapa 4.5).

La escala de relaves esperados en los proyectos Fruta del Norte y Mirador se estiman en 587,7 Mt para el año 2049, cifra que es menor a los 1440 Mt relaves derramados al mar por los proyectos de SPCC, pero presenta una proyección de lo que puede suceder en Ecuador a futuro si sucede una fuga de relaves de gran magnitud. La empresa SPCC tuvo la aprobación del Estado peruano de 9 permisos para tomar agua de las cabeceras de las cuencas, tanto de agua superficial como subterránea (Pérez-Jiménez 2018, 2), pero el uso que hizo de ella fue para su propio beneficio y la ha devuelto contaminada al medio ambiente. Esta misma situación sucede

con la megaminería de Ecuador, que toma agua pura en los Andes para su propio beneficio y la devuelve contaminada.

### Mapa 5.5 Impactos en la bahía Ite, Perú



Fuente: Pérez-Jiménez (2018, 2)

#### 5.5.3. Impactos inmediatos de un colapso de las presas de relaves (de horas a meses)

La cantidad y composición de los relaves implica que una falla de las presas y una descarga en los sistemas fluviales, afectará a la calidad del agua y a los sedimentos, a los ciclos vitales y a la reproducción de la vida humana (Kossoff et al. 2014c, 235).

El impacto por la rotura de presas de relaves implica la pérdida de vidas humanas (WISE 2022) de carácter irreversible y es esperable que la ola de relaves afecte directamente a las poblaciones cercanas a la extracción y a las comunidades que se encuentren en el recorrido hacia los sistemas hidrográficos inferiores (WISE 2022). Se espera la destrucción de las infraestructuras públicas como: el tendido eléctrico, la red de agua potable, los caminos y las viviendas (WISE 2022) y la pérdida de servicios críticos (Dene y Prieto 2019, 2).

El colapso de las presas de relaves implica un impacto en los peces y en la vida animal y vegetal terrestre. El impacto inmediato en la vida acuática se da por la combinación del enterramiento por el impacto de la ola de relaves, el bloqueo de las branquias con lodo y el cambio en la química del agua con alteraciones significativas en el pH (Kossoff et al. 2014b, 235).

Una falla en las presas de relaves puede ocasionar que se inunden los sistemas fluviales con grandes cantidades de relaves (Kossoff et al. 2014b, 235) y que se altere significativamente el curso de los ríos (Byrne et al. 2018, 67, 68). Es esperable que se movilicen metales y metaloides y que se encuentren altas concentraciones de elementos contaminantes por el drenaje ácido de los relaves y de los materiales de la presa (Kossoff et al. 2014c, 236, 237).

Según Emerman (2019) en el proyecto megaminero Mirador se espera el colapso de las presas de relaves y el derrame de materia tóxica y, por consiguiente, que la ola de relaves fluya en una pendiente descendente desde la Cordillera del Cóndor hacia el Amazonas. Si sucede un colapso de las presas, implica la contaminación del hábitat de las especies y la pérdida de los ciclos vitales de las cuencas (Dene y Prieto 2019, 2).

#### **5.5.4. Impactos a mediano y largo plazo de un colapso de las presas de relaves (de años a siglos)**

Los derrames de las presas de relaves pueden contaminar los ríos y, los impactos ambientales de un colapso de una presa se pueden extender desde el corto plazo al mediano y largo plazo, es decir que el alcance temporal se puede extender desde años a siglos (Kossoff et al. 2014a, 237). De suceder un derrame de relaves en la Cordillera del Cóndor, implica que la contaminación se extenderá por el curso de los ríos con impactos extendidos en el espacio y en el tiempo.

La experiencia de la catástrofe de Mount Polley permite inferir la interacción de los cursos de aguas y los sedimentos luego de que sucede un derrame de magnitud y, si sucede un colapso de las presas implica que se altere la morfología del valle y que se altere el curso de los ríos receptores por la erosión de los materiales naturales y por el vertido de relaves entremezclados con los materiales naturales (Byrne et al. 2018, 65).

Los ríos de sistemas montañosos pueden transportar cargas de sedimentos muy grandes (Kossoff et al. 2014a, 237). Considerando las características biofísicas de la extracción: situada en sistemas montañosos de gran pendiente, un colapso de las presas implica una gran capacidad de carga de los sedimentos.

A partir de la sistematización de los colapsos de presas de relaves (WISE 2022), se observa que los derrames afectaron directamente a la zona de influencia de la extracción, y que se sobrepasaron los límites físicos de los campamentos mineros, por lo que el alcance de la contaminación y la pérdida de los ciclos vitales de las cuencas puede ser extenso y depende de la cantidad de relaves liberados. En los colapsos de Córrego de Feijão (Brasil) los 11,6 Mm<sup>3</sup> de relaves alcanzaron los 7 km (WISE 2022), en la Mina Williamson (Tanzania) los 12,8 Mm<sup>3</sup> de

relaves alcanzaron los 8 km (WISE 2022), en el embalse de Porco (Bolivia) los relaves alcanzaron los 500 km (Kossoff et al. 2014c, 237) y en la Mina Germano (Brasil) los 34 Mm<sup>3</sup> de relaves alcanzaron los 660 Km (Silva et al. 2020, 22).

Las llanuras aluviales suelen ser ambientes fértiles que sustentan la cría de animales y la producción de cultivos (Kossoff et al. 2014a, 237). Luego de una falla de una presa se espera la contaminación de las llanuras aluviales por elementos metálicos y metaloides y, una vez movilizados, muchos de estos elementos son potencialmente tóxicos para la biosfera en general y para los humanos en particular (Kossoff et al. 2014a, 237). Los relaves provenientes de los derrames de las presas y que son depositados en las superficies de las llanuras aluviales, por acumulación o sedimentación fluvial, son susceptibles a la oxidación atmosférica y son propensos a la generación de drenaje ácido de mina (AMD por sus siglas en inglés) y por ende a contaminar al medio ambiente (Kossoff et al. 2014c, 237). Si sucede un colapso de las presas de relaves, implica la contaminación de las llanuras aluviales con elementos potencialmente tóxicos y la imposibilidad de continuar con las actividades económicas del área de influencia del derrame por la contaminación de los sistemas hidrográficos inferiores afectando a la reproducción de la vida de las comunidades (agricultura, ganadería y pesca, etc.).

La pérdida de los ciclos vitales de las cuencas implica impactos de largo alcance en la vida acuática, terrestre animal y vegetal (Kossoff et al. 2014c, 235) asociado a la pérdida de biodiversidad de forma irreversible. La movilización de sedimentos contaminados y su alcance territorial implica la mortandad masiva de peces y mariscos (Kossoff et al. 2014a, 235; WISE 2022) y del ganado (Kossoff et al. 2014a, 239; WISE 2022).

Luego de un derrame de relaves se espera que las concentraciones de metales pesados disminuyan en el tiempo por la disolución acuosa en los sistemas hidrográficos inferiores con el ingreso de agua de afluentes limpios, y por la absorción de la materia sólida en el lecho del río y en la llanura aluvial (Kossoff et al. 2014a, 237). Aunque también es posible la contaminación crónica de los ríos por la continua descarga no regulada de relaves en los cursos de agua (Hudson-Edwards et al. 2003; Kossoff et al. 2014c, 237) y la permanencia de focos aislados de contaminación (Olías et al. 2012).

En base a los impactos (WISE 2022) cuando se produce una fuga de relaves, se espera la superposición de impactos socioambientales en el espacio y en el tiempo (Silva et al. 2020, 26, 27) en ramificaciones de impactos en cadenas. Si sucede un derrame implicará un desafío para

el sector público de salud, en poder identificar la superposición de impactos y sus ramificaciones con los nuevos problemas y las nuevas necesidades (Silva et al. 2020, 22).

### **5.5.5. Remediación luego de un colapso de las presas**

La operación de limpieza es la acción más significativa en reducir considerablemente los impactos de los derrames a largo plazo y para reducir las concentraciones de metales en los sedimentos y los terrenos formados por materiales arrastrados y depositados por corrientes de agua (Hudson-Edwards et al. 2003, 230). La limpieza a gran escala de los relaves derramados en el área afectada y, su posterior asilamiento en un área de almacenamiento, es la medida de remediación más habitual para los derrames de las presas de relaves (Kossoff et al. 2014b, 240). Por ello, las empresas mineras y/o las instituciones gubernamentales, deben reservar fondos para poder hacer efectiva la respuesta de limpieza de forma inmediata ante el suceso de un colapso de las presas de relaves (Hudson-Edwards et al. 2003, 238).

Las acciones de remediación presentan incertidumbre porque es muy difícil predecir cómo se recuperará un sistema fluvial luego de un derrame de relaves con o sin remediación (Kossoff et al. 2014c, 247). Las medidas de remediación pueden ser ineficaces e incluso perjudiciales, porque los procesos de sedimentación y erosión suceden en escalas de tiempo y espacio mucho más elevadas que la de una remediación (Macklin et al. 2006). Las estrategias de remediación con prácticas similares pueden presentar efectos diferentes, según la topografía del sistema fluvial y los regímenes hidrogeológicos (Kossoff et al. 2014c, 247).

Luego de la catástrofe de Mount Polley, la empresa Mount Polley Mining Corporation actuó con celeridad en la restauración del río Hazeltine Creek y buscó disminuir la movilización física y química de metales de los relaves residuales mediante la remoción de la mayoría de los relaves, la reintroducción de la vegetación ribereña y la construcción de un nuevo corredor fluvial; aunque estas acciones se contrapongan en el largo plazo con la oxidación estacional de los relaves y el lavado posterior de metales y a los eventos de gran flujo asociados con las precipitaciones (Byrne et al. 2018, 73).

Ante un suceso de derrame de relaves de magnitud en Ecuador, las acciones de remediación recaerán en las empresas transnacionales y en el Estado. La escasez de recursos públicos, que caracteriza a los Estados sudamericanos, como es el caso de Ecuador, implica que la capacidad de reacción para afrontar una remoción de relaves de gran magnitud será limitada, no será de forma inmediata o, en el peor de los casos, nunca se hará efectiva. Si la remoción de los relaves se dilata en el tiempo, si no es efectiva, o si es contraproducente, entonces se afectarán a la

capacidad de recuperación de los ecosistemas y de las cuencas y a la reproducción de la vida de las especies y por consiguiente se afectará a la reproducción de la vida de las comunidades al privarle de su fuente de sustento de alimentos y de agua potable (WISE 2022).

## **5.6. Zoonosis**

Los microbios son el resultado de la selección natural y de la evolución al igual que las demás especies. Un microbio que acaba con la vida de su huésped atenta contra sí mismo y por ello los gérmenes evolucionan para sobrevivir (Diamond 2009, 224). Los gérmenes sobreviven si se propagan en nuevas víctimas, fortaleciendo la capacidad de transmitirse de una persona a la siguiente; dan cuenta de ello la bacteria salmonella, el gusano de la triquinosis, el gusano causante de la anisakiasis, el virus causante de la enfermedad de la risa (kuru) (Diamond 2009, 225). Los vectores transmisores pueden ser los mosquitos, pulgas, piojos o moscas tsé-tsé, que propagan la malaria, la peste, el tifus o la enfermedad del sueño, respectivamente (Diamond 2009, 225). Pueden pasar de la madre a su feto o por relaciones sexuales, como la sífilis, la rubéola, y el sida, lo que implica serios conflictos éticos, como la responsabilidad entre el portador y el conjunto de la sociedad (Diamond 2009, 226).

Las estrategias evolutivas de los microbios para subsistir y reproducirse son diversas. Por ejemplo, los microbios cambian la anatomía o los hábitos de su huésped, inducen a la víctima a toser para lanzar al aire microbios (microbios de la gripe, el resfriado común y la tos ferina), induce a su víctima a una severa diarrea que contamina los suministros de agua (bacteria del cólera), se transmite por los excrementos de los animales (virus de la fiebre hemorrágica coreana que se reproduce por la orina de los ratones) y modifica el comportamiento del huésped (el virus de la rabia se ubica en la saliva e incita a la víctima a morder) (Diamond 2009, 225, 226).

Al mismo tiempo que los gérmenes evolucionaron para alimentarse de los nutrientes de nuestros cuerpos, el sistema inmunológico de nuestro organismo ha evolucionado para combatir a los microbios foráneos por medio de la regulación de la temperatura corporal, de los glóbulos blancos de la sangre y del desarrollo de nuevas células (Diamond 2009, 229). Luego de un contagio, nuestro organismo genera anticuerpos que nos hacen resistentes y por consiguiente resulta menos probable a contraer próximas infecciones.

Hace más de 13 000 años, los cazadores y recolectores de la Edad de Piedra fueron evolucionando hacia la práctica de la agricultura (Diamond 2009, 2), la cual se asentó en Asia en alrededor de 10 000 a.C. y en Egipto y en el Creciente Fértil entre 9 000 a.C. (Watts 2000,

17). La agricultura permitió alimentar a una mayor cantidad de población, en modos de vida más sedentarios y con mayor densidad de población que la sociedad de cazadores-recolectores (Diamond 2009, 221). Las poblaciones agrícolas de Eurasia se aglomeraron y en ellas se domesticaron a los animales. El contacto cotidiano con los animales y las deficientes condiciones sanitarias, ocasionó que los gérmenes de origen animal pasaran a los humanos como huéspedes y, que mutaran para desarrollar enfermedades infecciosas y mortales como: la viruela, el sarampión, la gripe, la tuberculosis, la malaria, la peste bubónica y el cólera (Diamond 2009, 223). Los humanos que domesticaron a los animales fueron los primeros en contagiarse de sus gérmenes y, como consecuencia, algunos fueron víctimas fatales, pero los sobrevivientes desarrollaron en su sistema inmunológico la resistencia a nuevos brotes de la enfermedad (Diamond 2009, 96).

Los europeos llevaron sus gérmenes hacia América, Australia, África austral y Oceanía en la conquista iniciada en el siglo XV por españoles y portugueses y, continuada en los dos siglos posteriores por holandeses, franceses e ingleses (Watts 2000, 16). Los indígenas, no estuvieron expuestos a los gérmenes de origen animal de Eurasia y, por lo tanto, no habían desarrollado resistencia genética ni inmunitaria (Diamond 2009, 242). Los conquistadores que entraron en contacto con los pueblos indígenas sin defensas inmunológicas, originaron epidemias que disminuyeron a las poblaciones locales entre un 50 % a un 100 % (Diamond 2009, 96).

En el siglo XVII, desde las capitales europeas (Génova, Lisboa, Amberes, Ámsterdam y Londres) se desarrolló el concepto del “consumismo de masas”, dentro de un plan más amplio que consistía en el “desarrollo” (Watts 2000, 16). Este plan requería de materias primas, mano de obra que las transformara en productos, crédito para poder afrontar los costos de producción y consumidores que permitieran intercambiar las mercancías por oro y plata (Watts 2000, 16). Un efecto no deseado del “desarrollo” y del comercio internacional motivado por la “codicia blanca” europea, fue la creación de una amplia “red de pestilencias”, representado por las pestes, la muerte masiva de indígenas, la trata de esclavos africanos para suplir la merma en la fuerza de trabajo indígena, que reconfiguró a los territorios de la periferia (Watts 2000, 16). El brote de una nueva epidemia influía en las relaciones de poder entre las minorías dominantes y las mayorías dominadas; y eran las élites blancas quienes determinaban la respuesta oficial de la enfermedad producto de construcciones culturales o “constructo de la enfermedad” (Watts 2000, 18). En ellas se establecían a quienes afectaba la peste y a quienes dejaba en paz, se dictaban las respuestas oficiales como norma universal para limitar la propagación, lo que trajo

como consecuencias más amenazas, en las creencias y expectativas de las mayorías, que la propia enfermedad (Watts 2000, 18).

Las enfermedades simbolizan la evolución en marcha, y los microbios se adaptan por selección natural a nuevos huéspedes y a nuevos vectores (Diamond 2009, 239). Los gérmenes desarrollan estrategias para mutar y sobrevivir entre posibles víctimas, y el sistema inmune de los afectados reacciona con estrategias propias y los virus responden con contra - contra estrategias (Diamond 2009, 229).

La historia de la conquista nos reveló un intercambio unidireccional entre los gérmenes europeos y los americanos (Diamond 2009, 224). La enfermedad de Hansen<sup>29</sup>, conocida como lepra, llegó al continente Americano por los conquistadores europeos y más tarde por los esclavos africanos infectados. Luego de cinco siglos, la bacteria de la lepra ha evolucionado en los armadillos de la Amazonía. Se han reportado casos de lepra originados por zoonosis por contacto con armadillos en Argentina y México (Moncada et al. 2011, 38) y; en el sur de Estados Unidos, principalmente en los Estados de Texas, Luisiana y Florida (Da Silva et al. 2018, 2). En 2008, la exposición directa al armadillo fue la causa del 68% de los casos de lepra en Brasil (Deps et al. 2008). En 2018 el 62 % de los armadillos que habitaban el área occidental del Estado de Pará, en Brasil, portaban la bacteria *M. leprae* (Da Silva et al. 2018). Aun así, el porcentaje de los armadillos salvajes infectados con *M. leprae* es incierto (Deps et al. 2020, 13).

En América Latina y el Caribe hay enfermedades tropicales desatendidas (NTD por sus siglas en inglés, *Neglected tropical diseases*) que son originadas por una variedad de patógenos como: virus, bacterias, parásitos, hongos y toxinas. Entre las NTD de origen protozoario se encuentran Chagas-Mazza, Amebiasis, giardiasis, leishmaniasis cutánea zoonótica (ZCL) y leishmaniasis visceral zoonótica (ZVL) (Hotez et al. 2008, 2, 4). En las NTD de origen bacteriano se halla: el tracoma, la lepra y algunas de las zoonosis bacterianas, especialmente la leptospirosis (Hotez et al. 2008, 4, 5). Las NTD virales más importantes son el dengue y la fiebre amarilla (Hotez et al. 2008, 6). Los determinantes más importantes para el surgimiento de NTD son la pobreza (acceso deficiente o nulo a servicios básicos, como agua potable, saneamiento, electricidad, escolarización y atención sanitaria) la urbanización y la migración humana y; las poblaciones

---

<sup>29</sup> La enfermedad de Hansen (lepra) es una enfermedad infecto contagiosa granulomatosa crónica de la piel, las mucosas de las vías respiratorias superiores, los nervios periféricos y los ojos. Es producida por un agente etiológico intracelular, el bacilo de Hansen llamado *Mycobacterium leprae* (*M. leprae*)(Moncada et al. 2011, 40).

más vulnerables son las poblaciones indígenas y los afrodescendientes quienes adquieren sus infecciones en campos de trabajo agrícola y en las plantaciones (Hotez et al. 2008, 4, 6, 7). Los factores externos adicionales que promueven la transmisión de NTD se conforman por las intensas migraciones humanas en la región debido a la minería, la urbanización, la deforestación, la desertificación y los conflictos armados (Hotez et al. 2008, 7).

Un colapso de las presas de relaves en la Amazonía implica una posibilidad incierta de que animales, portadores de evoluciones de gérmenes desconocidas, alcancen los centros aglomerados y que entren en contacto con los humanos. De esta manera se puede desatar desde la Amazonía, una nueva carrera evolutiva entre los microbios y el sistema inmunológico humano, en el que uno de los dos subsista y el otro sucumba, y que la selección natural en el papel de regulador dejando que sobrevivan el que mejor se adapte al medio (Diamond 2009, 229).

Las zoonosis son enfermedades originadas por agentes patógenos de origen animal que se propagan entre los animales de la vida silvestre, el ganado y el ser humano. La zoonosis es un proceso secuencial en el que los elementos patógenos deben pasar una serie jerárquica de barreras que representan filtros biológicos, ecológicos y sociales (Carlson et al. 2021, 2). La transmisión por derrame es el resultado de procesos sucesivos en varias etapas que le permiten al virus patógeno alcanzar una infección a un ser humano (Plowright et al. 2017, 502).

En la Etapa 1, el virus patógeno se encuentra presente en animales, pero no se ha detectado en humanos en condiciones naturales; en la Etapa 2, el patógeno animal se ha transmitido de animales a humanos, pero no se ha transmitido entre humanos; en la Etapa 3, los virus patógenos de animales han causado unos pocos ciclos de transmisión secundaria entre humanos y por consiguiente los brotes humanos generados por una infección primaria pronto desaparecen; en la Etapa 4, se observa una enfermedad existente en los animales que tiene un ciclo natural de infección a los humanos, pero que también puede pasar por largas secuencias de transmisión secundaria entre humanos sin la participación de huéspedes animales; y, en la Etapa 5, el patógeno llega a ser exclusivo de los humanos (Wolfe, Dunavan, y Diamond 2007, 280, 281). De esta manera, los virus patógenos deben vencer una serie jerárquica de impedimentos para realizar el salto de la barrera de especie e, infectar a una nueva especie hospedadora y así pasar de los animales a los humanos (Sánchez et al. 2022, 63).

Desde 1950 las enfermedades infecciosas crecieron significativamente en el mundo y muchas de estas fueron zoonóticas y la mayoría, en un 78,1% de estas, tuvo su origen en la fauna

silvestre y tuvieron como trasfondos cambios en el uso del suelo por la deforestación, la urbanización y el avance de la frontera ganadera (Sánchez et al. 2022, 63) y extractiva.

La diversidad viral global se ha estimado en diez quintillones ( $1 \times 10^{31}$ ) de virus (Alarcón y Ojeda Flores 2018, 68). La diversidad viral indica la riqueza de especies de virus, el número de especies de virus en un huésped, grupo de huéspedes o región geográfica determinada (Carroll et al. 2018, 3). A partir de los mamíferos terrestres y aves se estima una riqueza global total de especies virales de familias con un alto potencial zoonótico en alrededor de 1 600 000 (Carroll et al. 2018, 4). El número total de familias virales que pueden originar zoonosis a nivel mundial y que podrían afectar la salud de los seres humanos, se estima entre 631 000 y 826 000 especies (Carroll et al. 2018, 5) y la expectativa mínima estimada de virus con potencial zoonótico es de mayor a 220 000 especies de virus (Carroll et al. 2018, 6). En contraste, el número de especies de virus catalogadas por la ciencia, en julio de 2022, asciende a 11 273 especies (ICTV 2022), cifra que evidencia el límite del conocimiento humano y la alta incertidumbre asociada a la vulneración de las barreras naturales en la Amazonía, que puedan poner en contacto a virus desconocidos con la humanidad con consecuencias inconmensurables.

**Tabla 5.11 Estimaciones de especies de virus y de especies virales zoonóticas**

Concepto	Cantidad
Estimación de la diversidad viral mundial	10 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 = $1 \times 10^{31}$
Estimación total global de especies de virus	1 669 000
Estimación total global de especies de virus con potencial zoonótico	631 000 – 826 000
Expectativa mínima global de especies de virus con potencial zoonótico	>220 000
Especies de virus catalogados por la ciencia	11 273
Virus SARS-CoV-2, originado en Wuhan, provincia de Hubei en China, que en 2019 provocó la pandemia del COVID-19	1

Elaborado por el autor en base a Carroll et al. (2018, 3, 4, 5, 6); Alarcón y Ojeda Flores (2018, 68); ICTV (2022).

El Amazonas representa el bosque tropical más grande del mundo extendido en 7 millones de kilómetros cuadrados en 9 países: Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Perú, Venezuela y Surinam. Se espera que el Amazonas albergue la mayor biodiversidad del planeta y especies endémicas con al menos: 40 000 especies de plantas, 427 especies de mamíferos, 1300 especies de aves, 378 especies de reptiles y más de 400 especies de anfibios y alrededor de 3000 peces de agua dulce (WWF 2023). Teniendo en cuenta la gran cantidad de especies de la Amazonía, con alto endemismo y que su hábitat natural se encuentra en zonas tropicales, es

esperable que el Amazonas albergue a una parte significativa de los virus zoonóticos conocidos y desconocidos del planeta. Dado que el hábitat natural de las especies se encuentra alejado de los grandes centros poblados de la humanidad, si sucede un derrame de relaves de gran magnitud se espera la vulneración de barreras biológicas, ecológicas y sociales que previenen el desarrollo de zoonosis.

La zoonosis es una consecuencia básica de la aritmética (Carlson et al. 2021, 2), que se basa en la gran cantidad de especies de virus esperadas en la Amazonía y en la vulneración de los filtros que los pongan en contacto con los humanos. En caso de suceder un derrame por el colapso de las presas de relaves en Ecuador que implique la liberación de relaves entre 23,1 Mt a 597 Mt implica que se pueden vulnerar y romper los filtros biológicos, ecológicos y sociales y es posible que se liberen los agentes patógenos de la Amazonía, se pase de la Etapa 1 a la Etapa 5 y se generen las condiciones para nuevas pandemias.

Como lección del desastre de Samarco en Brasil, el recorrido de 55 Mm<sup>3</sup> de materia tóxica alcanzó los 660 kilómetros, mientras que el rango de relaves de la megaminería que va desde los 23,1 Mt acumulados a 597 Mt esperadas, y junto con la altura de la cuenca del río Amazonas, que va desde los 1380 msnm a cero msnm, implica un suceso de gran alcance. Como lección del desastre de Mount Polley en Canadá, el derrame de relaves de magnitud superior a las 20 Mt implicó que se altere la morfología natural de los ríos (Byrne et al. 2018, 65, 68). Si sucede un colapso de las presas de relaves, se espera que la ola de relaves altere la morfología de los ríos (Byrne et al. 2018, 65, 68), que se traslade la materia tóxica a lo largo de la pendiente hidrográfica y que se transporten especies de virus al contacto con huéspedes animales y humanos. De esta manera surgen amenazas de nuevas pandemias por virus zoonóticos conocidos o desconocidos. Un colapso de las presas de relaves de la megaminería en el sistema hidrográfico superior de la Amazonía puede desencadenar zoonosis con efectos y consecuencias inconmensurables.

Como lecciones de la pandemia por COVID-19, debemos considerar nuestra relación con los animales, más allá del mercado de animales vivos de Wuhan, China, en donde los animales estaban hacinados, en malas condiciones sanitarias y en contacto cercano unos con otros (Millán 2020, 22). Esto permitía que los virus con potencial zoonótico de un huésped, estando cerca unos de otros, contagien a las otras especies e incluso al ser humano (Millán 2020, 24). Un colapso de las presas de relaves puede ocasionar que la ola de relaves agrupe a diversas especies de animales, que los virus pasen de una especie a otra y luego evolucionen y que

lleguen a los humanos. La ola y los restos puede transportar a animales de la Amazonía a zonas pobladas.

Entre los aprendizajes de la pandemia del Covid-19 se encuentra la pérdida de vidas humanas, que suman en el mundo más de 6 300 000 fallecidos, hasta junio de 2022, con el carácter de ser pérdidas irreversibles (Orús 2022). El continente Americano fue el más castigado teniendo en cuenta que, hasta junio de 2022, las personas fallecidas fueron más de 2 750 000, mientras que en Europa fueron alrededor de 2 000 000, en Asia más de 1 300 000, en África más de 250 000 y en Oceanía más de 13 000 (Orús 2022). Además, una pandemia implica un gran impacto en la salud pública (Carroll et al. 2018, 6) y conlleva costos económicos asociados como la recesión mundial, la pérdida de empleos y el aumento de la pobreza.

En síntesis, la pandemia del Covid-19 nos deja una lección de que el avance de la frontera extractiva puede ocasionar que un nuevo virus entre en contacto con los seres humanos, lo tome como huésped, evolucione y desencadene una pandemia. La reserva de biósfera en el bosque tropical más grande del mundo alberga virus, por lo que una ruptura de presas y liberación de relaves abre una línea incierta de sucesos: ruptura de barreras, alteración de la morfología de los ríos, mortandad de especies, éxodo de especies, transporte de especies endémicas con la ola de relaves, especies con virus desconocidos entren en contacto con el ser humano, que este se transforme en huésped y que el virus evolucione. Existe incertidumbre de que suceda esta secuencia, pero en el caso de suceder las consecuencias son inconmensurables.

### **5.7. Relación de los resultados y la hipótesis**

En base a los resultados presentados, se corrobora la hipótesis. La lógica de la ganancia, que desatiende la base material de los proyectos extractivos en zonas sensibles, genera en la megaminería un metabolismo social intenso que crea las condiciones para la vulneración de las condiciones de producción que afecta a la recuperación de los ecosistemas y de las cuencas, a la reproducción de la vida de las comunidades y de la biodiversidad y a la propia reproducción del capital.

Los impactos al presente muestran las afectaciones a las comunidades, a la calidad de las fuentes de agua y a las especies. La lógica de la maximización de la ganancia genera un metabolismo social de gran envergadura, que ha ocasionado impactos socioambientales en el territorio. Los impactos documentados no impiden que se continúe con la extracción de minerales y con la acumulación del capital por parte de las empresas megaminerías.

Un suceso de colapso de las presas de relaves a futuro implica que se paralizaría la extracción y, al detenerse la actividad megaminera, que se afecte a la acumulación del capital de las empresas mineras. En la dimensión temporal se espera que los impactos ocurran en diferentes escalas con impactos extendidos del corto, al mediano y al largo plazo y con afectaciones a la reproducción de la vida de las especies y de las comunidades. En la dimensión espacial se esperaría que un derrame de relaves se extienda a zonas alejadas del campamento megaminero. De esta manera es altamente probable que el alcance de la contaminación afecte a las comunidades y que se vulneren las actividades económicas de reproducción de la vida. Se esperan impactos en la salud extendidos en procesos acumulativos de la contaminación de las cuencas. Los impactos pueden afectar, en el espacio y en el tiempo, a los ecosistemas y a las especies en su capacidad de recuperación y en la provisión de sus servicios ecosistémicos con consecuencias inconmensurables.

## **Conclusiones**

### **1) Cumplimiento de los objetivos de la tesis y de la pregunta central**

Los objetivos principales de la tesis se han cumplido al haber investigado las condiciones de producción y reproducción de la megaminería en Ecuador. Este conocimiento es fundamental para comprender la compleja relación entre economía y ambiente. Además, se ha evaluado la viabilidad de la sostenibilidad de la megaminería actual y futura en el país.

### **2) Aporte teórico**

Para lograr estos objetivos, se partió de los enfoques de la economía ecológica, los aportes y discusiones con la economía industrial, la ecología industrial, y ecología política y, se generó un diálogo con la corriente teórica del materialismo ecológico-histórico. Estos aportes han contribuido al desarrollo teórico de la tesis. La contribución ha sido ampliar el conocimiento de la segunda contradicción del capital y los impactos actuales y los riesgos irreductibles de la megaminería a futuro.

La investigación tiene como marco interpretativo la economía ecológica y el marxismo ecológico-histórico. La Economía Ecológica, también llamada la ciencia de la (in) sustentabilidad permite comprender a la economía dentro de un subsistema mayor, como es la Naturaleza, lo cual es fundamental para la comprensión del sector extractivo. El desarrollo del capitalismo genera dos contradicciones fundamentales. La primera contradicción capital-trabajo fue estudiada por Karl Marx en su obra *El Capital*. La segunda contradicción capital-naturaleza, ha sido desarrollada por James O'Connor en el campo del conocimiento del materialismo ecológico-histórico.

El aporte teórico de la tesis ha consistido en ampliar y profundizar la contradicción capital-naturaleza, considerando elementos únicos que abren los dos estudios de caso: la escala de las actividades extractivas, la localización en una zona única del planeta, las interrelaciones sociales y ambientales del proceso extractivo y la incorporación de la incertidumbre. La megaminería vulnera las “condiciones naturales de producción”, pero además genera una amenaza a la sustentabilidad intergeneracional por el riesgo potencial de la acumulación de pasivos ambientales y las condiciones climáticas en una ecorregión con enorme riqueza natural y cultural.

A manera de contribución teórica se profundiza, en más dimensiones, la segunda contradicción planteada por O'Connor, lo cual involucra un abordaje más amplio. De esta manera, surgieron

las contribuciones teóricas con la incorporación de la incertidumbre y el concepto de “vulneración acelerada” de las condiciones de producción. Al situarse en zonas sensibles del planeta, se plantea que se pueden “acelerar” los procesos de degradación de los ecosistemas de la Naturaleza.

Se propusieron nuevas categorías como: la “vulneración inter temporal” de las condiciones de producción y la “delimitación del área de influencia espacial” de la segunda contradicción. La categoría “vulneración inter temporal” de las condiciones de producción es útil para presentar dos momentos diferenciados, en el primer momento se crean las condiciones para la vulneración de las condiciones de producción y en el segundo momento del futuro, con “incertidumbre” de cuándo sucederá, se desencadena la segunda contradicción. Esta categoría es útil para analizar las actividades económicas que dejan pasivos ambientales a perpetuidad, como la construcción de presas de relaves en el presente y el derrame en un futuro incierto. La categoría “área de influencia espacial” de la “segunda contradicción, permite observar las diferentes escalas de los impactos socioambientales, cuando se desencadena la segunda contradicción. La megaminería puede ocasionar impactos de alcance local, regional y global. De esta manera, se ofrecen más matices y se contribuye en mostrar cómo la minería socava sus condiciones de reproducción, en qué ámbitos y escalas temporales y espaciales.

En esta investigación hemos logrado identificar otro aporte teórico, al plantear una nueva teoría de la crisis socioambiental, que vincula el metabolismo social intangible con el tangible. Se propone una teoría de crisis con una explicación de una causalidad, es decir un vínculo entre causa y efecto, que hace evidente la ausencia de casualidad. La secuencia se inicia en el metabolismo social intangible, como aspiraciones, incentivos y comportamientos de los consumidores, para alimentar necesidades de consumo superfluas. Los empresarios y los inversores motivados el deseo de maximizar y acumular ganancias, invierten sus capitales en la minería. Las actividades extractivas priorizan la extracción para la producción de bienes de corta duración, para la satisfacción de las necesidades básicas de consumo, pero también alientan el consumo de bienes superfluos. Esto no solo parte de la idea de recursos naturales infinitos, sino también de necesidades crecientes. Esto no tiene asiento en el mundo real, dada la crisis climática y el carácter finito y sensible de nuestros ecosistemas en donde se desarrolla la extracción. Los modelos económicos basados en el crecimiento ilimitado, hacen que se sitúen actividades económicas con un perfil metabólico intenso en ecosistemas sensibles, fragilizándolos. En este circuito, entre el deseo de consumo y/o ganancias con las actividades de extracción y/o producción, en zonas sensibles del planeta, crean las condiciones para la

segunda contradicción. La crisis se origina en el momento del presente, pero se desencadena con incertidumbre en el momento futuro, con la liberación de materia tóxica. Así mismo, en este proceso extractivo, se ponen en riesgo a las comunidades que habitan el territorio por siglos y a los ecosistemas con sus servicios ecosistémicos.

Esto convierte a las actividades económicas del presente, en insostenibles en el tiempo y crean las condiciones para que en el futuro se desencadene la segunda contradicción. La crisis socioambiental del futuro puede desestabilizar a los sistemas biofísicos, ecológicos y sociales, con impactos significativos en los ecosistemas, en las comunidades y en la reproducción del capitalismo.

### **3) Aportes empíricos**

Se ha aplicado de manera inédita el concepto del metabolismo socioambiental, que analiza las entradas y salidas de energía y materia, a los proyectos megamineros de Fruta del Norte y Mirador. Este enfoque fue sido utilizado para evaluar el procesamiento y las implicaciones biofísicas de dichos proyectos. A partir de la metodología de la contabilidad de los flujos de materiales, se ha diseñado un método para computar los materiales extraídos, la remoción de materiales indirectos, los requerimientos de energía y los impactos socioambientales actuales y futuros.

El sector minero representa una economía de enclave, el capital se reproduce al interior de estos enclaves y no presenta encadenamientos a otras ramas de la economía nacional, ni vínculos dinámicos hacia atrás ni hacia adelante. El lazo principal con el Estado Nacional ha sido el vínculo fiscal. En el período 2010-2019, la minería aportó, en promedio, el 1,1 % del PIB y la recaudación tributaria total representó el 0,2 % de los ingresos fiscales. La demanda de empleo fue escasa y en el año 2021, el sector minero aportó el 0,43 % de los empleos totales nacionales; el empleo indirecto de la minería representó entre 0,34 % y el 0,28 % del empleo nacional y el empleo directo de la megaminería fue el 0,09 % del total del empleo nacional. En síntesis, la contribución de la minería a la economía y al empleo nacional fue marginal. En el período 2010-2019, la inversión total ejecutada en el sector minero fue de USD 3330 millones y la megaminería, ejecutó inversiones por USD 2491 millones. De esta manera, la inversión extranjera directa en la megaminería representó el 96 % del total de los proyectos estratégicos.

Los materiales se extraen del subsuelo de la Amazonía y, luego de un complejo proceso industrial, se transportan hacia Finlandia y China. Para el Estado ecuatoriano, se calcula una renta extractiva económica de USD 2118 millones en el proyecto Fruta del Norte y de US\$

USD 9748 millones en el proyecto Mirador (valor presente neto de los flujos futuros traídos, luego de 15 y 30 años de operación). Autores como Acosta, Cajas, Hurtado y Sacher (Acosta et al. 2020) consideran que las expectativas económicas del sector minero podrían estar sobredimensionadas y los costos infravalorados.

En la tesis, por primera vez, se contabiliza en forma exhaustiva los flujos de materiales extraídos y se relacionan con los materiales removidos y con los requerimientos de agua en los dos grandes proyectos megamineros del Ecuador. Se concluye que, en el proyecto en Fruta del Norte, se necesitan cada año 92 488 toneladas de materiales, 0,3 toneladas de agua, 213,4 kW/h de energía para extraer 1 tonelada de concentrado de oro y plata. En el proyecto Mirador, se necesitan cada año 50 toneladas de materiales, 1 toneladas de agua y 32,2 kW/h de energía para extraer 1 tonelada de concentrado de cobre. Además, hasta marzo de 2022, la materia tóxica acumulada en las relaveras se estimó en 23,1 millones de toneladas métricas (Mt), que correspondieron a 1,5 millones de toneladas en el proyecto Fruta del Norte y 21,5 Mt en el proyecto Mirador. Hasta mediados de este siglo, se calcula que se acumularán 587,7 Mt en los dos proyectos.

La megaminería del Ecuador se realiza en la parte superior de las cuencas hidrográficas del río Amazonas y de los ecosistemas de la Amazonía, en el que las cuencas presentan una altura de 1.350 msnm y, una pendiente ( $dy/dx = \text{diferencia de altura} / \text{diferencia en la base}$ ) de 1,35 kilómetros en la altura y 3700 kilómetros en la base y que atraviesan, en su recorrido, a los países de Perú y Brasil hasta llegar al océano Atlántico a cero msnm. La megaminería utiliza grandes cantidades de agua y energía para procesar los minerales extraídos y, vuelve a utilizar agua y sustancias peligrosas para procesarlos y, de esta manera, aumentar la concentración inicial del yacimiento. La extracción de minerales en yacimientos diseminados implica utilizar agua y energía, para que la extracción sea tecnológicamente factible. El agua es el principal insumo en el proceso extractivo y sin este recurso es imposible la extracción megaminera. La principal entrada la compone la materia extraída compuesta de minerales, roca y tierra. La extracción de materia en la megaminería es de 64 200 t/d (toneladas al día), de los cuales 4200 t/d se origina en Fruta del Norte y 60 000 t/d en Mirador. La naturaleza se ha transformado en una mercancía, y ha sido reducida a ser proveedora de minerales en ecosistemas sensibles de la Amazonía.

La tasa de procesamiento de minerales (4200 t/d en Fruta del Norte y 60 000 t/d en Mirador) requiere el consumo de agua y energía. Se considera el año de 2021 como representativo, porque tuvo una extracción anual completa y sin interrupciones. En dicho año, el

procesamiento anual de materiales alcanzó la cifra de 15,2 Mt, de los cuales 1,6 Mt corresponden a Fruta del Norte y 13,6 Mt corresponden a Mirador. Para poder procesar la materia extraída, en 2021, se han consumido 14,7 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) de agua fresca y pura de los Andes ecuatorianos, de los cuales 0,5 Mm<sup>3</sup> corresponden a fruta del Norte y 14,2 Mm<sup>3</sup> a Mirador.

La actividad megaminera busca minimizar costos, para lo cual utiliza la materia extraída (rocas) para la construcción de las infraestructuras, en especial las presas de relaves. La utilización de materiales extraídos, ascendió en año 2021, a 67,5 Mt, de los cuales 0,4 Mt corresponden a Fruta del Norte y 67,1 Mt corresponden a Mirador. El uso de material del destape de la mina en la construcción de las represas, en vez de utilizar materiales idóneos, implica que la calidad de estas es menor comparado a las presas de retención de agua.

La megaminería contribuye con la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera por el traslado de la materia en camión a los puertos del Ecuador y en barco a los centros industriales de Europa y China. Desde la primera exportación en el año 2020 hasta marzo de 2022, se emitieron a la atmósfera 5143,2 toneladas de dióxido de carbono (t CO<sub>2</sub>), de las cuales 5,4 t CO<sub>2</sub> fueron emitidas por el proyecto Fruta del Norte y 5237,8 t CO<sub>2</sub> por el proyecto Mirador.

La acumulación de materia tóxica en un ecosistema situado en la parte superior del sistema hidrográfico implica un riesgo actual y permanente. En el año 2022, la materia tóxica acumulada en las relaveras se estimó en 23,1 millones de toneladas métricas (Mt) y se espera que hasta 2049 se acumularán 587,7 Mt de desechos en ambos proyectos. Esta materia acumulada es muy superior a otros proyectos mineros en el mundo, y a proyectos que han liberado materia tóxica en grandes magnitudes con fuertes impactos sociales y ambientales a corto y largo plazo.

Existe una discusión por el discurso de legitimación del sector megaminero (*green washing*), en base al discurso de la tecnología “limpia”, que intenta transmitir una afirmación ambiental sobre cómo los procesos y/o productos de una empresa o sector son ambientalmente racionales, limpios, seguros y responsables con el medio ambiente y las comunidades. Estas afirmaciones tienen como objetivo promover una sensación de impacto ambiental positiva, de una realidad que no existe, por medio de información engañosa y discursos contruados, y de esta manera generar una impresión falsa de la empresa o sector para que la opinión pública tenga una opinión favorable.

Se ha comprobado que en el metabolismo social megaminero se utilizan los mismos principios tecnológicos de hace décadas, pero de una forma más sofisticada. En el pasado, el sector minero extraía los minerales con pico y pala, a veces con dinamita, se lavaba el mineral en pailas con agua de vertiente y con compuestos químicos y, el método energético era a pulso con el uso de la energía humana y animal. Ahora, se extrae con maquinaria pesada, se usan explosivos en la voladura de roca, y se lava la materia con agua fresca, metales pesados y químicos para aumentar la concentración de los minerales y se consume energía en grandes cantidades. La tecnología de la megaminería es capital intensiva, requiere un mayor consumo de agua y energía y puede procesar una escala mayor de materiales con químicos y metales pesados. De esta manera, los yacimientos que eran descartados en el pasado, por tener minerales dispersos con poca concentración, ahora pueden ser proyectos económicamente viables.

#### **4) Importancia de los resultados para el Ecuador y para estudios sobre el tema**

En América Latina, el Ecuador es considerado como el país más promisorio para la exploración y extracción de minerales (Azzopardi 2022) y, los minerales que se necesitan y se exigen en los mercados mundiales, caracterizado por una economía global productora de bienes de consumo, suntuarios y durables, son minerales que se encuentran en Ecuador en yacimientos de baja concentración de cobre, oro y plata.

En consecuencia, desde el Estado y las empresas se tiene la intención de explorar 140 933 Km<sup>2</sup> (56,7 % del territorio nacional) en las cordilleras Occidental, Real y zona Sub-Andina (MERNNR 2020, 194). Esta decisión implica generar cambios en el uso del suelo, afectar el hábitat y los corredores de las especies y amenazar a la calidad de las fuentes de agua y, de esta manera, la megaminería es una de las actividades que más amenaza a la biodiversidad (Dufey 2020). La minería implica la reducción de la biodiversidad de carácter irreversible en el Ecuador en el marco de la sexta extinción masiva de especies de origen antropocéntrico. La estrategia basada en una transición hacia una sociedad post petrolera, implica reconocer el potencial que tiene el Ecuador en generar un desarrollo equitativo y sostenido en el tiempo. Esta posibilidad se encuentra asentada en la riqueza cultural de sus 14 nacionalidades indígenas, en la disponibilidad de abundante agua y, en la biodiversidad (Larrea 2022, 103). Ecuador cuenta con una vasta herencia en biodiversidad, razones suficientes para potenciar nuevos sectores de la economía (Rodríguez 2022, 56) y presenta la posibilidad de apostar por un modelo de desarrollo que posea las características de: requerir mano de obra intensiva,

encadenamientos productivos fuertes, ser compatibles con la preservación de los ecosistemas y el aprovechamiento de la biodiversidad (Larrea 2022, 103).

La alternativa para el Ecuador se basa en dejar los minerales bajo tierra, resguardar los ecosistemas y aprovechar las ventajas comparativas de la diversidad de culturas y paisajes y la herencia genética en materia de biodiversidad.

Existe una tendencia mundial de consumidores, que buscan alimentos sanos, nutritivos y seguros, con mejores cualidades nutricionales, sabor y textura, que se encuentran en las antípodas de los alimentos ultra procesados (CEPAL 2023, 25). En este sentido, la bioeconomía es un paradigma tecnológico y productivo, capaz de utilizar las ventajas comparativas de la biodiversidad. Se basa en los principios de la agroecología en la agricultura y, se apoya en el uso de tecnologías nuevas junto al conocimiento ancestral de las comunidades indígenas, para aumentar la productividad y dar un uso sostenible a los recursos del agua, del suelo y de la biodiversidad (CEPAL 2023, 25). La bioeconomía permite la conservación de la biodiversidad y la diversificación de la producción de alimentos saludables, mediante el diseño, manufactura y exportación de alimentos diversificados, por medio del conocimiento ancestral y científico (Lombeyda Miño 2020, 16). El Ecuador cuenta con una posibilidad de insertarse en la producción de alimentos saludables, con valor agregado, basados en la bioeconomía, la agroecología y la agricultura regenerativa, junto con el conocimiento ancestral de los pueblos indígenas.

El turismo comunitario, basado en la biodiversidad de especies y paisajes y la diversidad cultural del Ecuador, permite promover un turismo basado en el respeto y conservación de la Naturaleza. El turismo permite generar encadenamientos de fuerte arrastre y con potencialidades de dinamizar a otros sectores (Carrión Sánchez y Sánchez Cárdenas 2014, 65, 66, 67), pero se requiere del rol del Estado en materia de infraestructuras y de políticas de promoción, educación y seguridad.

La biodiversidad se puede utilizar para la provisión de bienes y servicios, asentados en una conservación bioética, equitativa y sustentable de las especies. La herencia genética en materia de biodiversidad del Ecuador, fruto de millones de años de evolución, puede nutrir de ideas a las industrias del conocimiento, es clave para la transformación de la matriz productiva pretendida en SENPLADES, con las características: diversificada, para ser ecoeficiente, con mayor valor agregado y, para generar servicios derivados del conocimiento (SENPLADES 2012, 11) en pos de la construcción de una sociedad del conocimiento (SENPLADES 2012, 12) en Ecuador.

La biomimética, es el proceso de observar, entender y aplicar soluciones procedentes de la naturaleza a los problemas humanos. La biodiversidad permite generar innovaciones en áreas del conocimiento como la medicina, la robótica, la energía, la biotecnología, etc. En este sentido, en Ecuador, se ha utilizado la biomimética para el desarrollo de una cubierta de motocicletas observando al caparazón del armadillo y del escorpión (Acurio M., Acurio M., y Trávez P. 2018). Aunque existen casos puntuales, la biomimética no conforma un sector distinguido en la economía del Ecuador.

La industria farmacológica se puede desarrollar a partir de la biodiversidad, en el marco de una economía del conocimiento. De la piel de la rana *Epipedobates anthony* de Ecuador, se extrae un fármaco denominado epipedobatidina, el cual es de 200 a 400 veces más potente que la morfina y no crea adicciones ni toxicidad (Alemán Iñiguez y Mora Bravo 2015, 97). De la piel de la rana espléndida de Ecuador (*Cruziohyla calcarifer*) se extraen sustancias con propiedades antimicrobianas (Proaño-Bolaños et al. 2016). La investigación de sustancias de animales, que tienen más de 400 millones de años de evolución, abre una posibilidad de desarrollo basado en las industrias médica y farmacéutica (Alemán Iñiguez y Mora Bravo 2015, 97).

La megaminería exhibe un metabolismo social de gran intensidad, utiliza agua fresca que quita a los ecosistemas y a las especies y, deja pasivos ambientales a perpetuidad que pueden ocasionar: la contaminación de los ecosistemas, cuencas e impactos como la pérdida de biodiversidad y afectar a otros sectores de la economía.

La minería en Ecuador implica depender de la extracción de minerales por 15 a 30 años, pero trasladar al futuro problemas de: agotamiento de los recursos naturales no renovables, incertidumbre de contaminación del medio ambiente y, encontrar una nueva fuente de ingresos para la economía nacional. Las futuras generaciones deberán lidiar con los problemas de las decisiones tomadas por las generaciones presentes, lo que representa un caso de injusticia intergeneracional.

La minería en el Ecuador, en el marco de una transición post petrolera a una minera, implica limitar, condicionar o anular, la oportunidad del cambio de la matriz productiva, asentadas en una economía del conocimiento. La minería implica también anular otras formas de relación justa y ecológica con la naturaleza, basadas en el respeto de la biósfera, las especies, los ecosistemas y la revalorización de los saberes ancestrales (PRATEC CEDI 2007, 19).

## **5) Limitaciones del estudio**

Los límites de esta investigación para el estudio del metabolismo social y de los impactos socioambientales son la calidad de la información pública disponible. El cálculo de las entradas

y las salidas se basa, en gran medida en la información brindada en los Estudios de Impacto Ambiental por parte de las empresas y en la publicación de instituciones del Estado ecuatoriano. Esta investigación se aproxima a la realidad del metabolismo social megaminero y a los impactos teniendo en cuenta que en los EIA se presentan proyecciones planificadas que son diferentes de lo ejecutado. Para el desarrollo de investigaciones independientes, se requiere del compromiso del Estado y de las empresas en la publicación horizontal y accesible públicamente para representar de la forma más rigurosa a los flujos de entrada y de salida del metabolismo social, como así también la totalidad de los efectos de los impactos socioambientales actuales.

## **6) Futuras investigaciones**

La incorporación del concepto de metabolismo social megaminero puede ser el punto de partida de nuevas formas de valorizar las actividades extractivas, a través del análisis de intangibles ambientales, o de costos ocultos, que emergen como externalidades.

La condición necesaria para el análisis de las actividades es la valorización económica que considera los aspectos monetarios, pero no es suficiente cuando se realiza en zonas sensibles ya que debe incorporar el análisis de los aspectos físicos de los pasivos ambientales. La presencia de incertidumbre irreductible sobre el comportamiento futuro de los pasivos ambientales, requiere la necesidad de considerar el principio de prudencia en las decisiones sobre las actividades económicas situadas en zonas sensibles.

La presencia de pasivos ambientales o mochilas ecológicas en zonas sensibles, requiere del acceso a la información pública de calidad y en tiempo real, para la investigación por profesionales independientes y para la toma de decisiones de forma urgente por los hacedores de política.

## **7) Recomendaciones**

Se pueden realizar muchas recomendaciones, pero sintetizamos en cinco esenciales:

- 1) Mayor regulación y control de la actividad megaminera por parte de las instituciones de control y administrativas del Estado y organizaciones de la sociedad civil y fundar nexos de control y vigilancia con organismos internacionales. Se fundamenta en romper el monopolio de la toma de decisiones de las empresas trasnacionales y de los gobiernos de turno en temas de megaminería. Se basa en establecer controles regulatorios autónomos y de calidad, sobre la extracción y los recursos del territorio, sin la presión de las empresas extractivas internacionales y los gobiernos de turno. Se recomienda establecer sistema de pesos y

contrapesos, que incluya en la toma de decisiones, a la participación de a las comunidades locales e internacionales afectadas, como resultado de sus aprendizajes, a la academia y a instituciones independientes. Se recomienda fortalecer a los mecanismos regulatorios a varios niveles (nacional, regional e internacional), con criterios estandarizados a ser respetados y mecanismos de penalización y sanción de para quienes no cumplan. Se sugiere que la sanción y la penalización debe llevar a que la sociedad conozca las razones que las fundamentan, que los infractores se retiren del territorio y, que se pague por los impactos socioambientales. Se recomienda que el sector extractivo se vincule con compañías aseguradoras, porque no se cuenta en el mundo con un sistema de seguros ante colapsos de las presas de relaves; o bien que la empresa infractora responda con su patrimonio a las reparaciones<sup>30</sup>. Se busca que estas acciones incidan en la memoria de los pueblos para que no se vuelva a repetir la historia.

2) Profundizar en el planteamiento de dejar los combustibles fósiles y minerales bajo tierra, en zonas sensibles del planeta en aspectos ambiental, social, patrimonial y cultural. Esta propuesta se basa en una serie de aspectos, que invita a nuevas discusiones como: realizar políticas públicas para cambiar pautas de consumo insostenibles y la cultura del descarte; solo extraer recursos minerales de forma sensata, utilizando la mejor tecnología y una red internacional de expertos que controlen los proyectos mineros en yacimientos de la periferia; abastecer la demanda mundial de metales con los residuos de bienes durables e industriales distribuidos alrededor del mundo.

3) Moratoria de las actividades megamineras, en particular en la Amazonía compartida por los 8 países. La moratoria se entiende como un retraso, una suspensión temporal o una suspensión definitiva de la megaminería, para permitir que se lleve a cabo procesos de inspección y control de forma autónoma, externa y transparente por expertos internacionales y colectivos de las comunidades afectadas.

4) Realizar políticas públicas para la preservación de la biodiversidad y la conservación de su hábitat en los ecosistemas. Promover o incentivar en la sociedad el cuidado y la defensa de la conservación de las cuencas y los ecosistemas para que la pérdida de biodiversidad por extinciones masivas no vuelva a ocurrir en Ecuador. Se deben realizar políticas educativas en pos de cambiar los paradigmas de cómo se ve la naturaleza (e.g. distante) y cómo se entiende la relación de la sociedad con las especies y los ecosistemas (e.g. uso mercantil, fuente inagotable de recursos). Se recomienda realizar políticas públicas educativas en la sociedad para la toma

---

<sup>30</sup> Las reparaciones monetarias no pueden reparar todos los impactos socioambientales, ya que existen y se reconocen impactos inconmensurables e irreversibles que no se pueden reparar con dinero.

de conciencia en el respeto de las especies y su derecho a la vida y la conservación de la biodiversidad, ya que si se acaba se atenta contra la reproducción de la vida de nuestra especie. Se sugiere no dilapidar la herencia en biodiversidad, fruto de millones de años de evolución, ya que se puede perder la capacidad de comprender la trama de la vida y la oportunidad de aprovecharla con bioética en la industria del conocimiento.

5) Articulación del Estado con la academia y las empresas para realizar inversiones en investigación y desarrollo. Se recomienda generar conocimiento científico, aprovechando las ventajas comparativas en materia de biodiversidad y riqueza cultural de Ecuador, en pos de la construcción de un modelo de desarrollo basado en la industria del conocimiento (e.g. biomimética, farmacología, turismo, agroecología, industria de alimentos saludables, etc.). En vez de un modelo basado en la extracción, el consumismo y la codicia se recomienda optar por un modelo de desarrollo basado en las ventajas comparativas con encadenamientos productivos, la austeridad y la solidaridad sostenible, basada en el respeto y la conservación de las especies y los ecosistemas.

En conclusión, la tesis profundiza un planteamiento teórico fundamental para comprender la dinámica productiva y reproductiva del capitalismo actual. Se establece, mediante una inédita contabilidad biofísica del sector megaminero, una distinta perspectiva para la comprensión de un sector económico fundamental, y suscita elementos para una discusión sobre la sustentabilidad intergeneracional.

## Referencias

- Acosta, Alberto. 2009. “La maldición de la abundancia: un riesgo para la democracia”. *La Tendencia*, n° 9 (abril): 103–15.
- Acosta, Alberto, John Cajas Guijarro, Francisco Hurtado Caicedo, y William Sacher Freslon. 2020. *El festín minero del siglo XXI ¿Del ocaso petrolero a una pandemia megaminera?* Primera Edición. Quito-Ecuador: Abya-Yala.
- Acurio M., Daniel Marcelo, Santiago Alejandro Acurio M., y Diego Fernando Trávez P. 2018. “Biomimética en el diseño de cubierta para motocicleta adaptable a los cambios climáticos de la sierra ecuatoriana”. En , 15. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/8154>.
- Adriaanse, Albert, Stefan Bringezu, Allen Hammond, Yuichi Moriguchi, Eric Rodenberg, Donald Rogich, y Helmut Schütz, eds. 1997. *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*. Washington, D.C: World Resources Institute.
- Aduvire, Osvaldo. 2006. *Drenaje ácido de mina. Generación y tratamiento*. Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente. Madrid, España.
- Alarcón, Diego Santiago, y Rafael Ojeda Flores. 2018. “Virus: pequeños gigantes que dominan el planeta”. *Ciencia-Academia Mexicana de Ciencias* 69 (2): 64–69.
- Alemán Iñiguez, Juan Miguel, y Franklin Geovanny Mora Bravo. 2015. “Revisión bibliográfica- Medicina del futuro en los venenos de animales. Ecuador como importante fuente de investigación”. *Rev. Fac. Cienc. Méd. Univ. Cuenca*. 33 (3): 89–99.
- Alier, Joan Martinez. 1993. “The Second Contradiction of Capitalism: The Loss of Agricultural Biodiversity: An Example of the ‘Second Contradiction’”. *Capitalism Nature Socialism* 4 (3): 89–98. doi:10.1080/10455759309358557.
- Altvater, Elmar. 2006. “Existe un marxismo ecológico?” En *La teoría marxista hoy. Problemas y perspectivas*, 341–64. Campus Virtual. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/formacion-virtual/20100720072323/16Altvat>.
- ATSDR, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 2008a. “Resumen de Salud Pública Aluminio”. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU, Servicio de Salud Pública. *ATSDR en Español*. septiembre. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs22.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs22.html).
- . 2008b. “Resumen de Salud Pública Fenol”. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU, Servicio de Salud Pública. *ATSDR en Español*. septiembre. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs115.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs115.html).
- . 2016a. “Resúmenes de Salud Pública - Cobalto (Cobalt)”. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU, Servicio de Salud Pública. *ATSDR en Español*. mayo 6. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs33.html#print](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs33.html#print).
- . 2016b. “Resúmenes de Salud Pública - Plomo (Lead)”. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU, Servicio de Salud Pública. *ATSDR en Español*. mayo 6. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs13.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html).
- . 2022. “ToxFAQs – Cobre (Copper)”. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU, Servicio de Salud Pública. *ATSDR en Español*. marzo. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts132.html#anchor\\_1650555116673](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts132.html#anchor_1650555116673).
- Azzopardi, Tom. 2022. “Ecuador Positions Itself as South America’s Most Promising Mining Frontier”. *The Northern Miner*, junio 13.
- Banco Central del Ecuador. 2021. “Reporte de Minería. Resultados al primer trimestre 2021”. Reporte. Resultados al primer trimestre 2021. Quito, Ecuador: Subgerencia de

- Programación y Regulación. Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica. Gestión de Previsiones Macroeconómicas e Indicadores de Coyuntura. [www.bce.ec](http://www.bce.ec).
- Banco Mundial. 2019. “Ecuador Minerales Exportaciones por país 2019”. Institucional. *World Integrated Trade Solution*.  
[https://wits.worldbank.org/CountryProfile/es/Country/ECU/Year/2019/TradeFlow/Export/Partner/by-country/Product/25-26\\_Minerals](https://wits.worldbank.org/CountryProfile/es/Country/ECU/Year/2019/TradeFlow/Export/Partner/by-country/Product/25-26_Minerals).
- Bartley, Tim, y Albert Bergesen. 1997. “World-System Studies of the Environment”. *Journal of World-Systems Research*, noviembre, 369–80. doi:10.5195/jwsr.1997.97.
- Bauman, Zygmunt. 2008. *Tiempos líquidos: vivir en una época de incertidumbre*. 1a ed. México, D.F.: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA).
- Bayón, Manuel, y Japhy Wilson. 2015. “Tundayme: el despojo minero avanza”. *Plan V*, diciembre 17, sec. Sociedad. <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/tundayme-el-despojo-minero-avanza>.
- BBC. 2019a. “Brumadinho: o documentário da BBC Parte 1”. [Www.bbc.co.uk/portuguese](http://Www.bbc.co.uk/portuguese). *British Broadcasting Corporation*. mayo 24.  
[https://www.youtube.com/watch?v=YIN02W40UTE&ab\\_channel=BBCNewsBrasil](https://www.youtube.com/watch?v=YIN02W40UTE&ab_channel=BBCNewsBrasil).
- . 2019b. “Brumadinho: o documentário da BBC Parte 2”. [Www.bbc.co.uk/portuguese](http://Www.bbc.co.uk/portuguese). *British Broadcasting Corporation*. mayo 28.  
<https://www.youtube.com/watch?v=TU1q8pjOU4U>.
- BCE. 2018. “Información Estadística Mensual”. No. 2002. 4.3.4 Relación entre las principales variables económicas. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/IEMensual/Indic es/m2002122018.htm>.
- . 2021a. “Boletín del Sector Minero. Resultados al tercer trimestre 2020”. Reporte de Minería. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador. Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica Gestión de Previsiones Macroeconómicas e Indicadores de Coyuntura.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/MineriaIndice.htm>.
- . 2021b. “Boletín del Sector Minero. Resultados al primer trimestre 2021”. Boletín del sector minero. Reporte de Minería. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador. Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica Gestión de Previsiones Macroeconómicas e Indicadores de Coyuntura.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/MineriaIndice.htm>.
- . 2022a. “Cuentas Nacionales Anuales. Exportación de bienes y servicios por producto”. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/CuentasNacionalesAnuales.html>.
- . 2022b. “Boletín del Sector Minero. Resultados al tercer trimestre 2021”. Reporte de Minería. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador. Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica Gestión de Previsiones Macroeconómicas e Indicadores de Coyuntura.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/MineriaIndice.htm>.
- . 2022c. “Información Estadística Mensual”. No. 2044. 4.3.4 Relación entre las principales variables económicas. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/IEMensual/Indic es/m2044062022.htm>.
- . 2022d. “Boletín del Sector Minero. Resultados al Primer trimestre 2022”. Reporte de Minería. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador. Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica Gestión de Previsiones

- Macroeconómicas e Indicadores de Coyuntura.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/MineriaIndice.htm>.
- . 2023. “Boletín del Sector Minero. Resultados al primer trimestre de 2023”. Reporte de Minería. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador. Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica Gestión de Previsiones Macroeconómicas e Indicadores de Coyuntura.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero072023.pdf>.
- . 2024. “Boletín del Sector Minero. Resultados al tercer trimestre de 2023”. Reporte de Minería. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador. Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica Gestión de Previsiones Macroeconómicas e Indicadores de Coyuntura.  
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012024.pdf>.
- Beck, Ulrich, Jesús Alborés Rey, y Ulrich Beck. 2002. *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Siglo veintiuno de España editores.
- Benton, Ted. 1989. “Marxism and Natural Limits: An Ecological Critique and Reconstruction”. *New Left Review* I (178): 51–86.
- BHP. 2022. “Fotografía Mina Escondida, Chile”. *NS Energy*. junio.  
<https://www.nsenergybusiness.com/projects/escondida-mine-chile/>.
- BirdLife, International. 2022. “Important Bird Areas factsheet: Cordillera del Cóndor”.  
<http://www.birdlife.org/on06/05/2021>.
- Bleiwas, Donald I. 2011. “Estimates of Electricity Requirements for the Recovery of Mineral Commodities, with Examples Applied to Sub-Saharan Africa”. U.S. Geological Survey. Open-File Report 2012–1089. Reston, Virginia, EE. UU.: U.S. Geological Survey.
- . 2012. “Estimated Water Requirements for the Conventional Flotation of Copper Ores”. Open-File Report 2012–1089. Reston, Virginia, EE. UU.: U.S. Geological Survey. <http://pubs.usgs.gov/of/2012/1089/>.
- Bloch, Robin, y George Owusu. 2012. “Linkages in Ghana’s Gold Mining Industry: Challenging the Enclave Thesis”. *Resources Policy* 37 (4): 434–42.  
doi:10.1016/j.resourpol.2012.06.004.
- Boehm, Sophie, y Clea Schumer. 2023. “10 Grandes Hallazgos Del Informe Del IPCC de 2023 Sobre El Cambio Climático”. *World Resources Institute (WRI)*.  
<https://es.wri.org/insights/10-grandes-hallazgos-del-informe-del-ipcc-de-2023-sobre-el-cambio-climatico#:~:text=El%20IPCC%20establece%20que%20existe,antes%2C%20entre%202018%20y%202037>.
- BP. 2021. “Statistical Review of World Energy 2021”. London, United Kingdom: British Petroleum. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>.
- Bringezu, Stefan, Marina Fischer-Kowalski, René Kleijn, y Viveka Palm, eds. 1997. *Society’s Metabolism -Origins and Development of the Material Flow Paradigm*. Wuppertal Spezial 4. Leiden, The Netherlands: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Science Centre North Rhine-Westphalia.
- Brundtland, Go Harlem. 1987. “Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo”. Nueva York: Naciones Unidas.  
[https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf).

- Buitrón Cañadas, Viviana Marcela. 2017. “Colonización y acuerdos locales en la consolidación del sistema campesino-ganadero Saraguro en la Amazonía sur del Ecuador”. *Eutopía. Revista De Desarrollo Económico Territorial*, nº 12 (diciembre): 103–19. doi:<https://doi.org/10.17141/eutopia.12.2017.2911>.
- Bunker, Stephen G. 1984. “Modes of Extraction, Unequal Exchange, and the Progressive Underdevelopment of an Extreme Periphery: The Brazilian Amazon, 1600-1980”. *American Journal of Sociology* 89 (5): 1017–64. doi:10.1086/227983.
- Bunker, Stephen G., y Paul S. Ciccantell. 2005. *Globalization and the Race for Resources. Themes in Global Social Change*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Burbano, Rafael, Fander Falconí, Ruthy Intriago, Joel Koupermann, y Emiliano Ramos. 2021. “Mega Minería en la Amazonía: Impactos actuales y futuros”. Cuencas Sagradas.
- Byrne, Patrick, Karen A. Hudson-Edwards, Graham Bird, Mark G. Macklin, Paul A. Brewer, Richard D. Williams, y Heather E. Jamieson. 2018. “Water Quality Impacts and River System Recovery Following the 2014 Mount Polley Mine Tailings Dam Spill, British Columbia, Canada”. *Applied Geochemistry* 91 (abril): 64–74. doi:10.1016/j.apgeochem.2018.01.012.
- Cárdenas, Priscila. 2018. “Informe Río Sonora.” La omisión que quitó vida a miles. México D.F.: Proyecto Puente y Aristegui Noticias. <https://www.connectas.org/especiales/rio-sonora/>.
- Cardoso, Fernando Henrique, y Enzo Faletto. 1990. *Dependencia y desarrollo en América Latina: ensayo de interpretación sociológica*. 24. ed. Sociología y política. México, D.F: Siglo Veintiuno Ed.
- Carlson, Colin J., Maxwell J. Farrell, Zoe Grange, Barbara A. Han, Nardus Mollentze, Alexandra L. Phelan, Angela L. Rasmussen, et al. 2021. “The Future of Zoonotic Risk Prediction”. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 376 (1837): 20200358. doi:10.1098/rstb.2020.0358.
- Carrión Sánchez, Diego, y Ricardo Sánchez Cárdenas. 2014. *Pensar las alternativas, imaginar la transición: economía extractiva y efectos comparados: turismo, petróleo y minería*. 1era edición. Quito, Ecuador: Fundación Rosa Luxemburg.
- Carroll, Dennis, Peter Daszak, Nathan D. Wolfe, George F. Gao, Carlos M. Morel, Subhash Morzaria, Ariel Pablos-Méndez, Oyewale Tomori, y Jonna A. K. Mazet. 2018. “The Global Virome Project”. *Science* 359 (6378): 872–74. doi:10.1126/science.aap7463.
- Carson, Rachel. 1962. *Primavera silenciosa*. Traducido por Joandomènec Ros. Barcelona (España): Planeta.
- Castellanos, A., A. Vallejo, J. Brito, M. A. Camacho, V. Romero, y A. F. Vallejo. 2022. “Tapirus terrestres. Mamíferos del Ecuador”. Version 2018.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Tapirus%20terrestres>.
- Castillo-Eguskitza, Nekane, y Miren Onaindia. 2016. “Servicios ecosistémicos y bienestar humano: el caso de la Amazonía”. *Revista Científica do Núcleo de Pesquisas Eleitorais e Políticas da Amazônia*, Olhares amazônicos, Boa Vista, 04 (01): 720–28.
- Castro, Mayuri. 2019. “Ecuador: Nadie sabe quién mató a José Tendetza”. *Mongabay*, noviembre 1. <https://es.mongabay.com/2019/11/jose-tendetza-defensores-ambientales-en-ecuador/#:~:text=El%20d%C3%ADa%20en%20que%20muri%C3%B3,la%20miner%C3%ADa%20Jos%C3%A9%20Tendetza%20estaba>.
- CCQ. 2022. “Lundin Gold supera sus previsiones para 2022 con una producción de oro de 476.329 onzas”. Quito, Ecuador: Cámara de Comercio de Quito. <https://ccq.ec/lundin-gold-supera-sus-previsiones-para-2022-con-una-produccion-de-oro-de-476-329->



- Decreto Ejecutivo 151. 2021. “Plan de acción para el sector minero”.  
<https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/08/wp-1628209776656.pdf>.
- Dene, David, y Julio Prieto. 2019. “Mirador: A Mine Full of Mirages”. *Ecologist*, febrero 18.
- Deps, Patrícia, João Marcelo Antunes, Adalberto Rezende Santos, y Simon M. Collin. 2020. “Prevalence of Mycobacterium Leprae in Armadillos in Brazil: A Systematic Review and Meta-Analysis”. Editado por Carlos Franco-Paredes. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 14 (3): e0008127. doi:10.1371/journal.pntd.0008127.
- Deps, Pd, Bl Alves, Cg Gripp, Rl Aragao, Bvs Guedes, Jb Filho, Mk Andreatta, Rs Marcari, Ica Prates, y Lc Rodrigues. 2008. “Contact with Armadillos Increases the Risk of Leprosy in Brazil: A Case Control Study”. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology* 74 (4): 338. doi:10.4103/0378-6323.42897.
- Desconocido. 2022. “Cóndor Mirador”. Twitter. *Cóndor Mirador*. agosto 1.  
<https://twitter.com/CondorMiradorEC>.
- Diamond, Jared M. 2009. *Armas, gérmenes y acero: breve historia de la humanidad en los últimos trece mil años*. 1ª ed. con esta presentación. Madrid: Debate.
- Dias, Guilherme, y José Glauco Tostes. 2009. “Desenvolvimento sustentável: do ecodesenvolvimento ao capitalismo verde.” *Revista da Sociedade Brasileira de Geografia* 2 (enero): 21.
- Donadio, Emiliano. 2009. “Ecólogos y mega-minería, reflexiones sobre por qué y cómo involucrarse en el conflicto minero-ambiental”. *Ecología Austral Asociación Argentina de Ecología* (19): 247–54.
- Dufey, Annie. 2020. “Iniciativas para transparentar los aspectos ambientales y sociales en las cadenas de abastecimiento de la minería”. *Tendencias internacionales y desafíos para los países andinos*.
- Durán Lima, José E., y Santacruz Banaclache. 2021. “Análisis económicos a partir de matrices de insumo-producto: definiciones, indicadores y aplicaciones para América Latina”. *Publicación de las Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/177)*: 90.
- Echevarría, Manuel. 2006. “Sostenibilidad energética y cooperación internacional.” En *Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador*., editado por Fontaine, Guillaume, Primera Edición, 113–22. Capítulo 3 Las dimensiones tecnológicas. Quito, Ecuador: FLACSO, Sede Académica de Ecuador : Petroecuador.
- Ecuacorriente S.A. 2023. “Comunicado de Prensa. Aclaración respecto a la gestión de depósitos de relaves en la Mina Mirador.” *Agencia de Prensa Minera*, noviembre 1.
- Eisenhut, Susanna. 2009. “National Material Flow Analysis: Cuba.” *Studienkennzahl Lt. Studienblatt*.  
[https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as\\_sdt=0%2C5&q=Cuba+1970-2003+Eisenhut+%282009%29&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Cuba+1970-2003+Eisenhut+%282009%29&btnG=).
- EJAtlas. 2023. “La mina Padcal de Philex, el mayor desastre minero de Filipinas”. *Atlas de Justicia Ambiental*. enero 9. <https://ejatlas.org/print/philex-padcal-mining-disaster-benguet-philippines>.
- El Litoral. 2022. “Tras el derrame de residuos que afectan al Pilcomayo, acusan a mineras de Bolivia de operar sin autorización”. *El Litoral*, agosto 11, sec. Nacionales.  
[https://www.ellitoral.com/nacionales/derrame-residuos-afectan-pilcomayo-minerias-bolivia-operan-sin-autorizacion\\_0\\_8mXC5jRxHt.html](https://www.ellitoral.com/nacionales/derrame-residuos-afectan-pilcomayo-minerias-bolivia-operan-sin-autorizacion_0_8mXC5jRxHt.html).
- El Telégrafo. 2015. “Inversiones en la red de interconexión terrestre, vial y marítima, así como la construcción de proyectos hidroeléctricos y eólicos potencian el cambio en la matriz productiva. Más de mil kilómetros de carreteras por cada año.”, enero 12, sec. Política.

- <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/politica/2/mas-de-mil-kilometros-de-carreteras-por-cada-ano-2>.
- . 2020. “Primera exportación de Mirador fue a China”. *El Telégrafo*, enero 16, sec. Economía.
- El Universo. 2015. “Desalojo de viviendas en Tundayme”. Privada. *El Universo*. octubre 1. <https://youtu.be/qd4aleM7hW0>.
- Electricidad. 2019. “Las 10 mineras con mayor consumo eléctrico en MWh”. *Electricidad*. septiembre 12. [https://www.revistaei.cl/reportajes/las-10-mineras-con-mayor-consumo-electrico-en-mwh/#:~:text=Minera%20Escondida,a%C3%B1o%20pasado%20\(383.247%20MWh\)](https://www.revistaei.cl/reportajes/las-10-mineras-con-mayor-consumo-electrico-en-mwh/#:~:text=Minera%20Escondida,a%C3%B1o%20pasado%20(383.247%20MWh)).
- Emerman, Steven. 2019. “Evaluación del Diseño y de la Construcción de las Presas de Relaves para la Mina Mirador, Zamora Chinchipe, Ecuador”. Informe elaborado a petición de E-Tech International. 785 N 200 W, Spanish Fork, Utah 84660, EE. UU.: Malach Consulting.
- Emerman, Steven, y Richard Kamp. 2023. “Fallas regulatorias de la megaminería en Ecuador”. En . Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Ecuador: Observatorio de conflictos SocioAmbientales del Ecuador. <https://www.facebook.com/100091502393460/videos/1381221152805879/>.
- Engles, Jon. 2016. “WISE Uranium Project”. *Tailpro Resources*. agosto 1. <https://www.tailings.info/storage/containment.htm>.
- Entrix Inc., Cardno. 2015a. “Capítulo 1 - Datos Generales”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental. Para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos. Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769)”. Quito, Ecuador.
- . 2015b. “Capítulo 2 - Introducción”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental. Para la Fase de Explotación de Minerales Metálicos, Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769). Quito, Ecuador: Entrix Inc. Cardno.
- . 2015c. “Capítulo 4 - Descripción del Proyecto”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental. Para la Fase de Explotación de Minerales Metálicos, Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769). Quito, Ecuador: Entrix Inc. Cardno.
- . 2015d. “Capítulo 4 - Descripción del Proyecto”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental Capítulo 4. Para la Fase de Explotación de Minerales Metálicos, Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769). Quito, Ecuador: Entrix Inc. Cardno.
- . 2015e. “Capítulo 4 - Descripción del Proyecto”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental Capítulo 4. Para la Fase de Explotación de Minerales Metálicos, Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769). Quito, Ecuador: Entrix Inc. Cardno.

- . 2016a. “Capítulo 2- Introducción. Mirador”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos, Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769). Quito, Ecuador.
- . 2016b. “Capítulo 4 - Descripción del Proyecto. Mirador”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos, Ampliación de 30 kt por día a 60 kt por día del Proyecto Mirador, conformado por las concesiones mineras Mirador 1 (acumulada) (Código 500807); Curigem 18 (Código 4768); Curigem 19 (Código 4769). Quito, Ecuador.
- . 2016c. “Capítulo 4 - Descripción del Proyecto. Mirador”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos, Ampliación de 30 kt por día a 60 kt por día del Proyecto Mirador, conformado por las concesiones mineras Mirador 1 (acumulada) (Código 500807); Curigem 18 (Código 4768); Curigem 19 (Código 4769) Capítulo 4. Capítulo 4. Quito, Ecuador.
- . 2016d. “Capítulo 6 - Áreas de influencia, Sensibilidad y Riesgos”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos, Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769). Quito, Ecuador.
- . 2016e. “Capítulo 1 Ficha Técnica”. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Fruta del Norte, para las fases de Explotación, Beneficio, Fundición y Refinación de minerales metálicos en el área operativa de la concesión La Zarza (Cód. 501436), construcción de infraestructura complementaria en las concesiones Colibrí 2 (Cód. 501389) y Colibrí 4 (Cód. 501433), además de la Explotación de materiales de construcción en la concesión Colibrí 4 (Cód. 501433). Número del Proyecto 10480914. Quito, Ecuador: Aurelian Ecuador S.A.
- Entrix Inc. Cardno. 2016. “Capítulo 2 Introducción”. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Fruta del Norte, para las fases de Explotación, Beneficio, Fundición y Refinación de minerales metálicos en el área operativa de la concesión La Zarza (Cód. 501436), construcción de infraestructura complementaria en las concesiones Colibrí 2 (Cód. 501389) y Colibrí 4 (Cód. 501433), además de la Explotación de materiales de construcción en la concesión Colibrí 4 (Cód. 501433). Número del Proyecto 10480914. Quito, Ecuador: Aurelian Ecuador S.A.
- Entrix Inc., Cardno. 2016f. “Capítulo 4 Línea Base Física”. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Fruta del Norte, para las fases de Explotación, Beneficio, Fundición y Refinación de minerales metálicos en el área operativa de la concesión La Zarza (Cód. 501436), construcción de infraestructura complementaria en las concesiones Colibrí 2 (Cód. 501389) y Colibrí 4 (Cód. 501433), además de la Explotación de materiales de construcción en la concesión Colibrí 4 (Cód. 501433). Número del Proyecto 10480914. Quito, Ecuador: Aurelian Ecuador S.A.
- . 2016g. “Capítulo 7 Descripción del proyecto”. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Fruta del Norte, para las fases de Explotación, Beneficio, Fundición y Refinación de minerales metálicos en el área operativa de la concesión La Zarza (Cód. 501436), construcción de infraestructura complementaria en las concesiones Colibrí 2 (Cód. 501389) y Colibrí 4 (Cód. 501433), además de la Explotación de materiales de construcción en la concesión Colibrí 4 (Cód. 501433). Número del Proyecto 10480914. Quito, Ecuador: Aurelian Ecuador S.A.

- . 2016h. “Capítulo 10 Análisis de Riesgo”. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Fruta del Norte, para las fases de Explotación, Beneficio, Fundición y Refinación de minerales metálicos en el área operativa de la concesión La Zarza (Cód. 501436), construcción de infraestructura complementaria en las concesiones Colibrí 2 (Cód. 501389) y Colibrí 4 (Cód. 501433), además de la Explotación de materiales de construcción en la concesión Colibrí 4 (Cód. 501433). Número del Proyecto 10480914. Quito, Ecuador: Aurelian Ecuador S.A.
- . 2016i. “Capítulo 10 Análisis de Riesgos”. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Fruta del Norte, para las fases de Explotación, Beneficio, Fundición y Refinación de minerales metálicos en el área operativa de la concesión La Zarza (Cód. 501436), construcción de infraestructura complementaria en las concesiones Colibrí 2 (Cód. 501389) y Colibrí 4 (Cód. 501433), además de la Explotación de materiales de construcción en la concesión Colibrí 4 (Cód. 501433). Número del Proyecto 10480914 Capítulo 10. Aurelian Ecuador S.A.
- . 2016j. “Capítulo 7 - Línea Base Ambiental I (Física)”. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos, Ampliación de 30kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador concesión Mirador 1 (acumulada) (código 500807), así como de las concesiones mineras Curigem 18 (código 4768), Curimen 19 (código 4769). Quito, Ecuador.
- Escobar, Arturo. 2017. *La invención del desarrollo*. S.l.: UNIVERSIDAD DEL CAUCA.
- Espinoza, Vicente Sebastián, Javier Fontalvo, Jaime Martí-Herrero, Paola Ramírez, y Iñigo Capellán-Pérez. 2019. “Future oil extraction in Ecuador using a Hubbert approach”. *Energy* 182 (septiembre): 520–34. doi:10.1016/j.energy.2019.06.061.
- Eurostat. 2001. *Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators: A Methodological Guide*. 2000 ed. Theme 2, Economy and Finance Methods and Nomenclatures. Luxembourg: Office for Official Publ. of the European Communities.
- Excélsior TV, dir. 2020. “Clausuran mina en Durango por derrame de metales en presa”. Televisión. México D.F.: Imagen Multicast.  
[https://www.youtube.com/watch?v=ZKALWGWPSs0&ab\\_channel=Exc%C3%A9lsiorTV](https://www.youtube.com/watch?v=ZKALWGWPSs0&ab_channel=Exc%C3%A9lsiorTV).
- Fabra López, Lina Marcela. 2014. “Los albores de la minería a gran escala en el Ecuador. Los primeros impactos sociales en el territorio de comunidades campesinas y Shuar en Tundayme, Zamora Chinchipe”. Quito, Ecuador: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. FLACSO Libros T/333.765/L881a.  
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/7556/2/TFLACSO-2014LMLF.pdf>.
- Falconí, Fander. 2017. *Solidaridad sostenible: la codicia es indeseable*. Serie Cuadernos de trabajo. Ecuador: Editorial El Conejo.
- FIAAM. 2009. “Actualización de información socioeconómica de áreas amazónicas de influencia directa del Proyecto Fruta del Norte”. Quito, Ecuador: Fundación de Investigaciones Andino Amazónicas.
- Figueroa, Isabela. 2015. *Minería a Gran escala y apropiación de tierras. Estrategias Empresariales en el caso del proyecto Mirador*. Primera edición. Comisión Ecuatoria de Derechos Humanos (CEDHU): Gráficas Amaranta.
- Fischer-Kowalski, Marina. 1997. “Society’s Metabolism: On the Childhood and Adolescence of a Rising Conceptual Star”. En *The International Handbook of Environmental Sociology*, editado por Michael R. Redclift y Graham Woodgate. Edward Elgar Publishing. doi:10.4337/9781843768593.00015.

- . 1998. “Society’s Metabolism.: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860– 1970”. *Journal of Industrial Ecology* 2 (1): 61–78.  
doi:10.1162/jiec.1998.2.1.61.
- Fischer-Kowalski, Marina, y Christof Amann. 2001. “Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism”. *Human Sciences Press, Inc., Population and Environment*, 23 (No. 1): 41.
- Fischer-Kowalski, Marina, y Helmut Haberl. 1993. “Metabolism and Colonization. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature”. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 6 (4): 415–42.  
doi:10.1080/13511610.1993.9968370.
- Foster, John Bellamy. 2000. *Marx’s Ecology Materialism and Nature*. New York.: Monthly Review Press.
- . 2004. *La ecología de Marx: materialismo y naturaleza*. Barcelona: El Viejo Topo.
- Foster, John Bellamy, y Brett Clark. 2020. *The robbery of nature: capitalism and the ecological rift*. New York: Monthly Review Press.
- Freile, J.F., y C. Poveda. 2019a. “Hemitriccus cinnamomeipectus. Aves del Ecuador”. Versión 2019.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*.  
<https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb/FichaEspecie/Hemitriccus%20cinnamomeipectus>
- . 2019b. “Wetmorethraupis sterrhopteron.pdf”. Versión 2019.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*.  
<https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb/FichaEspecie/Wetmorethraupis%20sterrhopteron>,
- Funtowicz, Silvio O. 2000. *La ciencia posnormal: ciencia con la gente*. 1a ed. Barcelona: Icaria.
- Funtowicz, Silvio O., y Jerome R. Ravetz. 1993. “Science for the Post-Normal Age”. *Futures*, septiembre, 17.
- Funtowicz, Silvio. O., y Jerome R. Ravetz. 2000. *La ciencia posnormal: ciencia con la gente*. 1a edición. Barcelona: Icaria.
- GAD. 2015. “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015-2019”. Zamora Chinchipe: Gobierno Autónomo Descentralizado de Zamora Chinchipe. <https://zamora-chinchipe.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/PDOT-ZAMORA-CHINCHIPE-2014-2019-m.pdf>.
- García Estrada, Erle, Jesús Enrique De Hoyos Martínez, y Víctor Daniel Ávila Akerberg. 2020. “Metabolismo ambiental. Cuidado y conservación de las áreas verdes urbanas”. *Contexto* 14 (20). doi:10.29105/contexto14.20-5.
- García Palacios, Moisés. 2019. “El metabolismo en Marx: Apuntes desde la ontología del trabajo”. *ENDOXA*, nº 43 (junio): 135. doi:10.5944/endoxa.43.2019.18851.
- Gatehouse, Gabriel, dir. 2019. “Brumadinho: o documentário da BBC (PARTE 1)”. Video. *BBC News Brasil*. Brasil: [www.bbc.co.uk/portuguese](http://www.bbc.co.uk/portuguese).  
<https://www.youtube.com/watch?v=YIN02W40UTE>.
- Giddens, Anthony. 1998. “Sociedad de riesgo : el contexto de la política británica”. *Estudios Demográficos y Urbanos* 13 (3): 517. doi:10.24201/edu.v13i3.1026.
- Giljum, Stefan. 2004. “Trade, Materials Flows, and Economic Development in the South: The Example of Chile”. *Journal of Industrial Ecology* 8 (1–2): 241–61.  
doi:10.1162/1088198041269418.
- Gleich, Arnim von, Robert U. Ayres, y Stefan Gössling-Reisemann, eds. 2006. *Sustainable Metals Management: Securing Our Future - Steps towards a Closed Loop Economy*. Eco-Efficiency in Industry and Science, v. 19. Dordrecht: Springer.

- Global News, dir. 2014. “Aerials of Destruction Caused by Mount Polley Mine Tailings Pond Breach”. Video. Canada: [www.globaltvbc.com](http://www.globaltvbc.com).  
[https://www.youtube.com/watch?v=vg3yd8GPSnA&ab\\_channel=GlobalNews](https://www.youtube.com/watch?v=vg3yd8GPSnA&ab_channel=GlobalNews).
- Gobierno Zamora Chinchipe. 2015. “La verdad sobre San Marcos”. Pública. *GoberZamora*. octubre 8. [https://youtu.be/Nkd\\_W1DCL4](https://youtu.be/Nkd_W1DCL4).
- Gondard, Pierre, y Hubert Mazurek. 2001. “30 Años de Reforma Agraria y Colonización en el Ecuador (1964-1994)”. *Dinámicas Territoriales. Estudios de Geografía. CGE/CEN/IRD/PUCE*, 15–40.
- González de Molina, Manuel, y Víctor M. Toledo. 2014. *The Social Metabolism. A Socio-Ecological Theory of Historical Change*. Vol. 3. Environmental History. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-06358-4.
- González Martínez, Ana Citlalic. 2007. “Material Flow Accounting of Mexico (1970-2003) Sources and Methods”. *Departament d’Economia I Historia Econòmica. Universitat Autònoma de Barcelona*.
- Guayasamin, Juan M., y Elisa Bonaccorso, eds. 2013. *Evaluación Ecológica Rápida de la Biodiversidad de los Tepuyes de la Cuenca Alta del Río Nangaritza, Cordillera del Cóndor, Ecuador*. Conservación Internacional. Quito, Ecuador: SPIE. doi:10.1896/978-1-934151-43-3.
- Gudynas, Eduardo. 2009. “Diez tesis urgentes sobre el nuevo extractivismo”. En *Extractivismo, política y sociedad*, varios autores, 187–225. Quito, Ecuador: CAAP (Centro Andino de Acción Popular) y CLAES (Centro Latino Americano de Ecología Social).
- . 2010. “El nuevo extractivismo progresista: Tesis sobre un viejo problema bajo nuevas expresiones”. *El Observador*.
- . 2011. “Camino para las transiciones post extractivistas”. Editado por Alejandra Alayza y Eduardo Gudynas. *Transiciones. Post extractivismo y alternativas al extractivismo en el Perú* Red Peruana por una Globalización con Equidad (abril): 187–216.
- Gudynas, Eduardo, y Alejandra Alayza. 2012. “Postextractivismo: transiciones hacia las alternativas al desarrollo”. Editado por Nicoletta Velardi y Marzo Zeisser P. *Centro Bartolomé de las Casas, CooperAcción y GRET, Red Peruana por una Globalización con Equidad (RedGE)*. Desarrollo territorial y extractivismo. Luchas y alternativas en la región Andina.
- Gurrutxaga San Vicente, Mikel, y Pedro J. Lozano Valencia. 2008. “Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre”. *Estudios Geográficos* LXIX (265): 519–43. doi:10.3989/estgeogr.0427.
- Harvey, David. 2011. *El nuevo imperialismo*. Madrid: Akal.
- . 2014. *Diecisiete contradicciones y el fin del capitalismo*. 1ª ed. Quito, Madrid: IAEN-Instituto de Altos Estudios Nacionales del Ecuador ; Traficantes de Sueños.
- Heeks, Richard. 1998. “Small Enterprise Development and the ‘Dutch Disease’ in a Small Economy: The Case of Brunei”. Unknown. doi:10.22004/AG.ECON.30563.
- Hirschman, Albert O. 1958. “The Strategy of Economic Development”. *Yale University Press, New Haven*.
- . 1981. “A Generalized Linkage Approach to Development, with Special Reference to Staples”. *Essays in Trespassing: Economics to Politics and Beyond* Cambridge: Cambridge University Press.
- Hobsbawm, Eric. 2013. *Un tiempo de rupturas*.
- Hochstein, Ron. 2021. “Lundin Gold informa acerca de sus sólidos resultados en el tercer trimestre de 2021”. *Boletín de Prensa*, noviembre 9, Lundin Gold edición, sec. Noticias.
- Hornborg, Alf. 2011. *Global Ecology and Unequal Exchange: Fetishism in a Zero-Sum World*. Routledge Studies in Ecological Economics 14. London: Routledge.

- Hotez, Peter J., Maria Elena Bottazzi, Carlos Franco-Paredes, Steven K. Ault, y Mirta Roses Periago. 2008. “The Neglected Tropical Diseases of Latin America and the Caribbean: A Review of Disease Burden and Distribution and a Roadmap for Control and Elimination”. Editado por Patrick J. Lammie. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2 (9): e300. doi:10.1371/journal.pntd.0000300.
- Hudson-Edwards, Karen A, Mark G Macklin, Heather E Jamieson, Paul A Brewer, Tom J Coulthard, Andy J Howard, y Jon N Turner. 2003. “The Impact of Tailings Dam Spills and Clean-up Operations on Sediment and Water Quality in River Systems: The Ríos Agrio–Guadamar, Aznalcóllar, Spain”. *Applied Geochemistry* 18 (2): 221–39. doi:10.1016/S0883-2927(02)00122-1.
- ICSG. 2021. “ICSG Directory of Copper Mines and Plants. Up to 2024”. Lisboa, Portugal: International Copper Study Group. <https://icsg.org/>.
- ICTV. 2022. “Current Publication of the ICTV Taxonomy”. *Taxonomía de Virus: Versión 2022*. International Committee on Taxonomy of Viruses. <https://ictv.global/taxonomy>.
- IFC. 2023. “International Finance Corporation.Docx”. *World Bank Group*. mayo 7. [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics\\_Ext\\_Content/IFC\\_External\\_Corporate\\_Site/FP\\_Home/](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/FP_Home/).
- INEC. 2010a. “Estimaciones de proyecciones de población 2010”. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion\\_y\\_Demografia/Proyecciones\\_Poblacionales/presentacion.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/presentacion.pdf).
- . 2022. “Tabulados del Mercado Laboral”. *Estadísticas Laborales*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-laborales-marzo-2022/>.
- INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2010b. “Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador”. Censo. Fascículo provincial Zamora Chinchipe. Quito, Ecuador.
- Infante-Amate, Juan, Manuel González de Molina, y Víctor M. Toledo. 2017. “El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones”. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 27: 130–52.
- Infante-Amate, Juan, Alexander Urrego Mesa, y Enric Tello Aragay. 2020. “Las venas abiertas de América Latina en la era del Antropoceno: Un estudio biofísico del comercio exterior (1900-2016)”. *Diálogos Revista Electrónica* 21 (2): 177–214. doi:10.15517/dre.v21i2.39736.
- INREDH, Fundación Regional de Asesoría en Derechos Humanos. 2015a. “La verdad sobre Tundayme. Las mentiras del gobierno sobre los desalojos.” Organización No Gubernamental. *INREDH Digital*. octubre 22. <https://youtu.be/dIylRv2RGws>.
- . 2015b. “Ecuacorriente S.A. intensifica desalojos en Tundayme”. Organización No Gubernamental. *INREDH Digital*. diciembre 22. <https://youtu.be/GNi3hojB00I>.
- . 2022. “El asesinato de José Tendetza”. Organización No Gubernamental. *INREDH Digital*. diciembre 3. <https://youtu.be/957VlyshcVA>.
- Kirchhoff, Thomas, Ludwig Trepl, y Vera Vicenzotti. 2013. “What Is Landscape Ecology? An Analysis and Evaluation of Six Different Conceptions”. *Landscape Research* 38 (1): 33–51. doi:10.1080/01426397.2011.640751.
- Kossoff, D., W.E. Dubbin, M. Alfredsson, S.J. Edwards, M.G. Macklin, y K.A. Hudson-Edwards. 2014a. “Mine Tailings Dams: Characteristics, Failure, Environmental Impacts, and Remediation”. *Applied Geochemistry* 51 (diciembre): 229–45. doi:10.1016/j.apgeochem.2014.09.010.

- . 2014b. “Mine Tailings Dams: Characteristics, Failure, Environmental Impacts, and Remediation”. *Applied Geochemistry* 51 (diciembre): 229–45.  
doi:10.1016/j.apgeochem.2014.09.010.
- . 2014c. “Mine Tailings Dams: Characteristics, Failure, Environmental Impacts, and Remediation”. *Applied Geochemistry* 51 (diciembre): 229–45.  
doi:10.1016/j.apgeochem.2014.09.010.
- Krausmann, Fridolin, Simone Gingrich, Nina Eisenmenger, Karl-Heinz Erb, Helmut Haberl, y Marina Fischer-Kowalski. 2009. “Growth in Global Materials Use, GDP and Population during the 20th Century”. *Ecological Economics* 68 (10): 2696–2705.  
doi:10.1016/j.ecolecon.2009.05.007.
- Krug, Etienne G., Linda L. Dahlberg, Anthony B Mercy, y Rafael Lozano, eds. 2003. *Informe mundial sobre la violencia y la salud*. Publicación Científica y Técnica No. 588. Washington, D.C., E.U.A: Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud.
- Kuyek, Joan. 2020. *Extraer justicia: cómo proteger a tu comunidad de la industria minera*. Primera edición. Quito, Ecuador : Toronto: Abya Yala ; BTL.
- La Minga Continúa. 2014. “Finqueros de Tundayme exigen salida de minera ECSA”. *La Minga Continúa*. mayo 21. <http://lamingacontinua.blogspot.com/2014/05/finqueros-de-tundayme-exigen-salida-de.html>.
- Lariviere, Serge. 1999. “Lontra Longicaudis”. *Mammalian Species*, n° 609 (mayo): 6.  
doi:10.2307/3504393.
- Larrea, Carlos. 2022. “El próximo agotamiento del petróleo en Ecuador”. *Ecuador Debate*, Extractivismo: crisis y alternativas sustentables, , n° 117 (diciembre): 83–108.
- Larsen, Marianne Nylandsted, Paul Yankson, y Niels Fold. 2010. “Does Foreign Direct Investment (FDI) Create Linkages in Mining? The Case of Gold Mining in Ghana”. Editado por Eric Rugraff, Diego Sánchez-Ancochea, y Andy Sumner. *Transnational Corporations and Development Policy: Critical Perspectives*, Palgrave Macmillan, London, 6 (4): .247-273. doi:10.1108/cpoib.2010.29006dae.002.
- Latouche, Serge. 2018. *Hecho para tirar: la irracionalidad de la obsolescencia programada*. Traducido por Rosa Bertran Alcázar. Primera edición. Barcelona: Octaedro.
- Leff, Enrique. s. f. “Ecología Política: una perspectiva latinoamericana”. *Desenvolvimento e meio ambiente* 27 (0).
- Leontief, Wassily W. 1936. “Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States”. *The Review of Economics and Statistics* 18 (3): 105.  
doi:10.2307/1927837.
- . 1941. “The Structure of American Economy”. *Harvard University Press, Cambridge, MA*.
- Lizarzaburo, Guillermo. 2019. “El oro y el dragado brillaron en Ecuador”. *Expreso*, diciembre 30, sec. Economía. <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/oro-dragado-brillaron-ecuador-2329.html>.
- Lombeyda Miño, Benjamín. 2020. “Bioeconomía: una alternativa para la conservación”. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, n° 27 (julio): 13–30.  
doi:10.17141/letrasverdes.27.2020.3984.
- Lundin Gold. 2016. “Lundin Gold anuncia un Estudio de Factibilidad positivo para el proyecto Fruta del Norte”. Comunicado de Prensa. Vancouver, Canadá: Lundin Gold. <https://lundingold.com/site/assets/files/1820/2016-06-06-nr-lug-sp.pdf>.
- . 2020. “Lundin Gold declara la producción comercial e informa sobre resultados al finalizar el año 2019”. Vancouver, Canadá: Lundin Gold. <https://frutadelnorte.com/wp-content/uploads/2022/07/Lundin-Gold-declara-producción-comercial-2019.pdf>.

- . 2021a. “Lundin Gold informa de los resultados del cuarto trimestre y del año completo”. Vancouver, Canadá: Lundin Gold. [https://lundingold.com/site/assets/files/109772/2021-02-24\\_lug\\_fourth\\_quarter\\_and\\_full\\_year\\_results\\_spa.pdf](https://lundingold.com/site/assets/files/109772/2021-02-24_lug_fourth_quarter_and_full_year_results_spa.pdf).
- . 2021b. “Resumen del Proyecto. Lundin Gold”. Corporativo. *lundingold.com*. <https://www.lundingold.com/es/fruta-del-norte/resumen-ejecutivo/>.
- . 2021c. “Reservas minerales probables, al 31 de diciembre de 2020”. Corporativo. *Lundin Gold*. diciembre 31. <https://lundingold.com/es/fruta-del-norte/reserves-and-resources/>.
- . 2024. “Fotografías proyecto Fruta del Norte”. *Fruta del Norte*. febrero 29. <https://frutadelnorte.com/historia/#gallery-65dface69923f-5>.
- Machado, Horacio, Maristella Svampa, Enrique Viale, Marcelo Giraud, Lucrecia Wagner, Mirta Antonelli, Norma Giarraca, y Miguel Teubal. 2011. *15 mitos y realidades de la minería transnacional en la Argentina: guía para desmontar el imaginario prominero*. Editado por Horacio Machado Aráoz y Colectivo Voces de Alerta. Colección Cascotazos. Buenos Aires: Editorial El Colectivo : Herramienta Ediciones.
- Macklin, M.G., P.A. Brewer, K.A. Hudson-Edwards, G. Bird, T.J. Coulthard, I.A. Dennis, P.J. Lechler, J.R. Miller, y J.N. Turner. 2006. “A Geomorphological Approach to the Management of Rivers Contaminated by Metal Mining”. *Geomorphology* 79 (3–4): 423–47. doi:10.1016/j.geomorph.2006.06.024.
- Maerker, Denise, dir. 2018. “Colapsa muro en la mina Río Tinto”. Televisión. *En punto*. México D.F.: N+ Media Grupo Televisa. <https://youtu.be/Xg6I5Px9QkY?t=37>.
- Manrique, Pedro Luis Perez, Julien Brun, Ana Citlalic González-Martínez, Mariana Walter, y Joan Martínez-Alier. 2013. “The Biophysical Performance of Argentina (1970–2009)”. *Journal of Industrial Ecology* 17 (4): 590–604. doi:10.1111/jiec.12027.
- Martínez-Alier, Joan, y Martin O’Connor. 1996. “Ecological and Economic Distribution Conflicts”. En *Getting down to Earth: Practical Applications of Ecological Economics*, editado por Robert Costanza, Olman Segura, Joan Martínez Alier, y Jose Maria Figueres Olson. International Society for Ecological Economics Series. Washington, D.C: Island Press.
- Martínez-Alier, Joan, y Jordi Roca Jusmet. 2000. *Economía ecológica y política ambiental*. Tercera edición. México: Fondo de Cultura Económica.
- Marx, Karl. 1999. *El capital. Crítica de la economía política*. Tercera. Edición. Segunda Reimpresión 1999. México D.F: Fondo de Cultura Económico.
- McKinnon, Alan, y Maja Piecyk. 2011. “Measuring and Managing CO2 Emissions of European Chemical Transport”. Edinburgh, UK: Logistics Research Centre. Heriot-Watt University.
- Mejia, Veronica, Diana Orellana, y Pablo Cabrera. 2021. “Cambio de uso de suelo en la Amazonía norte del Ecuador: un análisis a través de imágenes satelitales nocturnas VIIRS e imágenes LANDSAT”. *Universidad-Verdad*, n° 78 (junio): 10–29. doi:10.33324/uv.v1i1.355.
- MEM. 2022. “Balance Energético Nacional 2021”. Quito, Ecuador: Ministerio de Energía y Minas. [www.recursosyenergia.gob.ec](http://www.recursosyenergia.gob.ec).
- MERNNR. 2020. “Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero 2020-2030.” Quito, Ecuador: Ministerio de Energía y de Recursos Naturales No Renovables. Viceministerio de Minas. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/Plan-Nacional-de-Desarrollo-del-Sector-Minero-2020-2030.pdf>.
- . 2021a. “Rendición de Cuentas 2021”. Quito, Ecuador: Ministerio de Energía y de Recursos Naturales No Renovables. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp->

- content/uploads/2022/03/Presentacio%CC%81n-general-Rendicio%CC%81n-de-Cuentas-2021.pdf.
- . 2021b. “Balance Energético Nacional 2020”. Quito, Ecuador: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2020-Web.pdf>.
- Millán, Gustavo Ortiz. 2020. “Pandemias, zoonosis y comercio de animales silvestres”. *Revista de Bioética y Derecho*. <https://scielo.isciii.es/pdf/bioetica/n50/1886-5887-bioetica-50-00019.pdf>.
- Mining Technology. 2023. “Mina Escondida de Cobre, Oro y Plata, Desierto de Atacama”. *Mining-technology.com*. marzo 23. <https://www.mining-technology.com/projects/escondida/?cf-view>.
- MINING.com. 2021. “Las 10 Minas Más Grandes Del Mundo Por Toneladas de Mineral Extraído”. *MINING.Com*. noviembre 26. <https://www.mining.com/featured-article/ranked-worlds-top-10-biggest-mines-by-tonnes-of-ore-mined/>.
- Monash, Nathan. 2019a. “Expo Conference XII EXPOMINAS”. Presentado en Panel Minería Sostenible y Sustentable- Experiencias en Ecuador, Quito, Ecuador, invierno.
- . 2019b. “Expo Conference XII EXPOMINAS”. Presentado en Panel Minería Sostenible y Sustentable - Experiencias en Ecuador, Quito, Ecuador, abril 26.
- Moncada, Zandra, Luis Sánchez Hurtado, Pedro Álvarez-Falconí, y Eduardo Matos Prado. 2011. “Enfermedad de Hansen (lepra) en un paciente de la Amazonía peruana: reflexiones sobre la transmisión”. En *Revista de la Academia Peruana de Salud*, 1:37–42. 18. Lima, Perú. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/rev\\_academia/2011\\_n1/pdf/a13v18n1.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/rev_academia/2011_n1/pdf/a13v18n1.pdf).
- Mudd, Gavin M. 2007. “Resource Consumption Intensity and the Sustainability of Gold Mining”. En , 10. Auckland, New Zealand: Institute for Sustainable Water Resources, Dept of Civil Engineering, Monash University, Australia.
- National Geographic. 2023. “Las 5 curiosidades sobre el río más grande del mundo”. mayo 3. <https://www.nationalgeographicla.com/viajes/2023/05/las-5-curiosidades-sobre-el-rio-mas-grande-del-mundo>.
- News24, dir. 2022. “Jagersfontein flooding as seen from the air”. *News24Video*. Sudáfrica. [https://www.youtube.com/watch?v=XNcbLhwcI8A&ab\\_channel=News24](https://www.youtube.com/watch?v=XNcbLhwcI8A&ab_channel=News24).
- No a la mina. 2014. “Minera Ecuacorientes derrumba iglesia San Marcos en Tundayme, Zamora”. *No a la mina*. mayo 15. <https://noalamina.org/latinoamerica/ecuador/item/12698-minera-ecuacorientes-derrumba-iglesia-san-marcos-en-tundayme-zamora>.
- Nobre, Carlos. 2021. “Carlos Nobre: ‘Estamos muy cerca del punto de inflexión de la Amazonía’”. *Ojo Público*, junio 13. <https://ojo-publico.com/2806/carlos-nobre-estamos-cerca-del-punto-de-inflexion-en-la-amazonia>.
- O’Connor, James. 1988. “Capitalism, Nature, Socialism a Theoretical Introduction”. *Capitalism Nature Socialism* 1 (1): 11–38. doi:10.1080/10455758809358356.
- . 1991. “On the Two Contradictions of Capitalism”. *Capitalism Nature Socialism* 2 (3): 107–9. doi:10.1080/10455759109358463.
- . 1994. “¿Es posible el capitalismo sostenible?” *Ecología Política. Naturaleza, sociedad y utopía*.
- . 2001a. “Causas naturales. Ensayos de marxismo ecológico”. *Entorno Geográfico*, n° 5. doi:10.25100/eg.v0i5.3600.
- . 2001b. *Causas naturales: ensayos de marxismo ecológico*. 1. Ed. México/D.F: Siglo Veintiuno Editores.
- Olías, Manuel, Francisco Moral, Laura Galván, y Juan Carlos Cerón. 2012. “Groundwater Contamination Evolution in the Guadiamar and Agrio Aquifers after the Aznalcóllar

- Spill: Assessment and Environmental Implications”. *Environmental Monitoring and Assessment* 184 (6): 3629–41. doi:10.1007/s10661-011-2212-6.
- Olmedo, I, J.F. Freile, y C. Poveda. 2019. “Henicorhina leucoptera. Aves del Ecuador”. Versión 2019.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb/FichaEspecie/Henicorhina%20leucoptera>.
- Orús, Abigail. 2022. “COVID-19: número de muertes a nivel mundial por continente en 2022”. *Statista*, junio 23. <https://es.statista.com/estadisticas/1107719/covid19-numero-de-muertes-a-nivel-mundial-por-region/>.
- Outlet Minero. 2022. “Minería: ¿En qué se usa el oro, la plata, el cobre y el Zinc?” agosto 15. <https://outletminero.org/mineria-en-que-se-usa-el-oro-la-plata-el-cobre-y-el-zinc/>.
- Páez-Rosales, N., S .R. Ron, A. Merino-Viteri, y D.A. Ortiz. 2019. “Chiasmocleis parkeri. Anfibios del Ecuador”. Versión 2021.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Chiasmocleis%20parkeri>.
- Palma, Jonathan. 2017. “Ecuador\_ comunidades denuncian malas prácticas ambientales del proyecto minero Mirador”. *Mongabay*, abril 7. <https://es.mongabay.com/2017/04/ecuador-comunidades-denuncian-malas-practicas-ambientales-del-proyecto-minero-mirador/?print>.
- Pardo, Mercedes. 1998. “El impacto ambiental: su conceptualización y práctica en tiempos de crisis medioambiental”. *Ábaco*, Desarrollo sostenible. Realidad o ficción, Época (17/18): 43–50.
- Parlato, Valentino, y Giovanna Ricoveri. 1993a. “The Second Contradiction of Capitalism: The Second Contradiction in the Italian Experience”. *Capitalism Nature Socialism* 4 (4): 117–21. doi:10.1080/10455759309358569.
- . 1993b. “The Second Contradiction of Capitalism: The Second Contradiction in the Italian Experience”. *Capitalism Nature Socialism* 4 (4): 117–21. doi:10.1080/10455759309358569.
- Peixoto, Sérgio Viana, y Carmen Ildes Rodrigues Fróes Asmus. 2020. “O desastre de Brumadinho e os possíveis impactos na saúde”. *Ciência e Cultura* 72 (2): 43–46. doi:10.21800/2317-66602020000200012.
- Pengue, Walter A., Horacio A. Feinstein, y Alberto López Calderón, eds. 2013. *Nuevos enfoques de la economía ecológica: una perspectiva latinoamericana sobre el desarrollo*. Colección Nuevos paradigmas. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Perez, Andrea. 2023. “Mapa de ubicación de los proyectos megamineros Fruta del Norte y Mirador”. Quito, Ecuador.
- Pérez-Jiménez, Sol. 2018. “Impacto ambiental de la Compañía minera Southern Perú Cooper Corporation en América Latina: Una aproximación histórica de comienzos del siglo XX a la actualidad”. *Revista Geográfica de América Central* 3 (61E): 489–503. doi:10.15359/rgac.61-3.25.
- Pérez-Rincón, Mario Alejandro. 2006. “Colombian International Trade from a Physical Perspective: Towards an Ecological ‘Prebisch Thesis’”. *Ecological Economics* 59 (4): 519–29. doi:10.1016/j.ecolecon.2005.11.013.
- PhytonMaps. 2022. “South American Rivers”. <https://mapasmilhaud.com/mapas-geograficos/cuencas-hidrograficas-de-sudamerica-2022/>.
- Pi Anguita, Joaquín. 1997. “Expectativas racionales y la relevancia de la teoría de la probabilidad para la incertidumbre”. *E-artículos de Economía, Universidad Complutense de Madrid.*, 4.
- Plowright, Raina K., Colin R. Parrish, Hamish McCallum, Peter J. Hudson, Albert I. Ko, Andrea L. Graham, y James O. Lloyd-Smith. 2017. “Pathways to Zoonotic Spillover”. *Nature Reviews Microbiology* 15 (8): 502–10. doi:10.1038/nrmicro.2017.45.

- PNUMA. 2007. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4 Medio ambiente para el desarrollo*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Dinamarca.
- . 2021. *El Peso de las Ciudades en América Latina y el Caribe: requerimientos futuros de recursos y potenciales rutas de actuación*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina para América Latina y el Caribe. DTI/2400/PA. Ciudad de Panamá, Panamá.
- Polanyi, Karl. 1989. *La Gran transformación: crítica del liberalismo económico*. Madrid: La Piqueta.
- PRATEC CEDI, Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas. Centro de Encuentros y Diálogos Interculturales. 2007. *América Profunda". Relatorías, conclusiones y acuerdos del Coloquio, Simposio y Foro*. Bellido Ediciones E.I.R.L. Lima, Perú. <https://www.pratec.org/wpress/pdfs-pratec/america-profunda.pdf>.
- Prensa Minera. 2023. “Alerta de posible desastre ambiental: Riesgo de colapso en represas de mina en Ecuador”. noviembre 1. <https://prensaminera.org/alerta-posible-desastre-ambiental-riesgo-colapso-represas-mina-ecuador/>.
- Preunkert, Susanne, Joseph R. McConnell, Helene Hoffmann, Michel Legrand, Andrew I. Wilson, Sabine Eckhardt, Andreas Stohl, Nathan J. Chellman, Monica M. Arienzo, y Ronny Friedrich. 2019. “Lead and Antimony in Basal Ice From Col Du Dome (French Alps) Dated With Radiocarbon: A Record of Pollution During Antiquity”. *Geophysical Research Letters* 46 (9): 4953–61. doi:10.1029/2019GL082641.
- Primicias. 2019. “Ecuador inaugura la megaminería con el inicio de operaciones en el proyecto Mirador.pdf”. *Primicias*, julio 18. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ecuador-inaugura-megamineria-operaciones-mirador/>.
- Proaño-Bolaños, Carolina, Mei Zhou, Lei Wang, Luis A. Coloma, Tianbao Chen, y Chris Shaw. 2016. “Peptidomic approach identifies cruzioseptins, a new family of potent antimicrobial peptides in the splendid leaf frog, *Cruziohyala calcarifer*”. *Journal of Proteomics* 146 (septiembre): 1–13. doi:10.1016/j.jprot.2016.06.017.
- Quevedo, Luis, y David Lowell. 2017. “Cinturón de Porfidos de Cobre de Zamora Ecuador”. <https://www.scribd.com/document/346495204/Cinturon-de-Porfidos-de-Cobre-de-Zamora-Ecuador>.
- Ramos-Martín, Jesús. 2003. “Empirismo en economía ecológica: una visión desde la teoría de los sistemas complejos”. *Revista de Economía Crítica* 1 (1): 75–93.
- . 2004. *La perspectiva biofísica del proceso económico: Economía Ecológica*. Flacso Sede Ecuador. Red Iberoamericana de Economía Ecológica. Quito, Ecuador.
- Reboratti, Carlos. 1990. “Fronteras agrarias en América Latina.” *Universidad de Barcelona*, n° 87 (mayo).
- Renn, Ortwin. 2005. “White Paper on Risk Governance – Towards an Integrative Approach”. *International Risk Governance Council (IRGC)*, 157.
- Riofrío, María Beatriz Eguiguren, y Arturo Jiménez Lozano. 2011. “Los conflictos socioambientales en el Ecuador: Análisis del caso ‘Mirador’ cantón El Panguí, Zamora Chinchipe”. *Revista Jurídica Cognitios Juris, Joao Pessoa* 1 (2): 14.
- Rivera Berrío, Juan Guillermo. 2007. “La borrosa distinción Riesgo -Incertidumbre”. *TecnoLógicas* Ejemplar dedicado a: Julio-Diciembre (19): 13–46.
- Rivero, Sérgio, y Paul Cooney Seisdedos. 2010. “The Amazon as a Frontier of Capital Accumulation: Looking Beyond the Trees”. *Capitalism Nature Socialism* 21 (4): 50–71. doi:10.1080/10455752.2010.523137.
- Rodríguez, Denisse. 2022. “Introducción al tema central ¿Profundizar el extractivismo: como estrategia para superarlo?” Editado por Carlos Larrea. *Ecuador Debate*, Extractivismo: crisis y alternativas sustentables, , n° 117 (diciembre): 53–81.

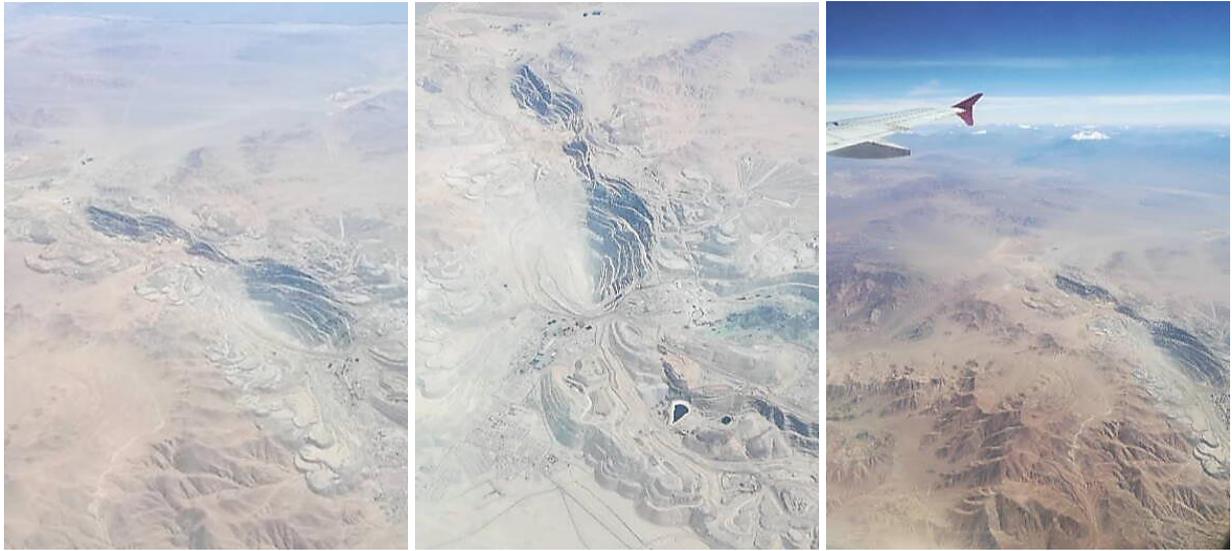
- Ryan, Wendy, y Jamison Uhler, dirs. 2016. “Massive Sinkhole Opens at Mosaic Facility in Polk County”. Televisión. *ABC Action News*. Florida USA. <https://youtu.be/JxUfzRJsAMw>.
- Sacher Freslon, William. 2016. ““Segunda contradicción del capitalismo” y Megaminería.” Quito, Ecuador: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede Ecuador.
- Sacher, William. 2017. *Ofensiva megaminera china en los Andes. Acumulación por desposesión en el Ecuador de la “Revolución Ciudadana”*. 1ra. edición. Quito, Ecuador: Abya-Yala. [www.abayayala.org](http://www.abayayala.org).
- Sacher, William, y Alberto Acosta. 2012. *La minería a gran escala en Ecuador. Análisis y datos estadísticos sobre la minería industrial en el Ecuador*. Editado por Michelle Báez. Primera Edición. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Salazar, Edith M García. 2008. “Economía ecológica frente a economía industrial. El caso de la industria de la curtiduría en México”. *Nueva Época* Año 21 (56): 55–71.
- Sánchez, Antonio, Antonio Contreras, Juan C. Corrales, y Christian De La Fe. 2022. “En el principio fue la zoonosis: One Health para combatir esta y futuras pandemias. Informe SESPAS 2022”. *Gaceta Sanitaria* 36: S61–67. doi:10.1016/j.gaceta.2022.01.012.
- Schandl, Heinz, Marina Fischer-Kowalski, James West, Stefan Giljum, Monika Dittrich, Nina Eisenmenger, Arne Geschke, et al. 2018. “Global Material Flows and Resource Productivity: Forty Years of Evidence”. *Journal of Industrial Ecology* 22 (4): 827–38. doi:10.1111/jiec.12626.
- Schandl, Heinz, y Niels Schulz. 2000. “The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation”. *Current Biology* 7 (3): R126. doi:10.1016/S0960-9822(97)70976-X.
- Schmidt, Alfred. 1977. *El concepto de naturaleza en Marx*. 2. ed. en español. México, D.F.: Siglo Veintiuno.
- Schooten, Marlies van, Frank Vanclay, y Roel Slootweg. 2003. “Conceptualizing Social Change Processes and Social Impacts”. En *The International Handbook of Social Impact Assessment*, de Henk Becker y Frank Vanclay, 2654. Edward Elgar Publishing. doi:10.4337/9781843768616.00017.
- Schumacher, Ernst Friedrich. 1989. *Small Is Beautiful: Economics as If People Mattered*. Repr. New York, N.Y.: Harper Perennial.
- SENPLADES. 2012. “Transformación de la Matriz Productiva Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano”. 1a edición. Quito, Ecuador: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz\\_productiva\\_WEBtodo.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf).
- . 2017. “Inversión para el desarrollo. Principales Obras 2007-2017”. Quito, Ecuador: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. [www.planificacion.gob.ec](http://www.planificacion.gob.ec).
- SERNAGEOMIN. 2022. “Preguntas Frecuentes sobre Relaves”. Pública. *Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile*. <https://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>.
- Shaikh, Anwar. 1978. “An Introduction to the History of Crisis Theories”. En *Capitalism in Crisis, U.R.P.E.*, 219–41. New York.
- Sierra, Rodrigo. 2000. “Dynamics and Patterns of Deforestation in the Western Amazon: The Napo Deforestation Front, 1986–1996”. *Applied Geography* 20 (1): 1–16. doi:10.1016/S0143-6228(99)00014-4.
- Silva, Mariano Andrade da, Carlos Machado de Freitas, Diego Ricardo Xavier, y Anselmo Rocha Romão. 2020. “Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho”. *Ciência e Cultura* 72 (2): 21–28. doi:10.21800/2317-66602020000200008.
- Solíz, María Fernanda. 2016. *Lo que la mina se llevó. Estudio de impactos psicosociales y socioecosistémicos tras la salida de la empresa Kinross en las comunidades ubicadas*

- en la zona de influencia directa del Proyecto Fruta del Norte*. Primera Edición. Quito, Ecuador: Ediciones La Tierra.
- SONAMI, Gerencia de Desarrollo. 2022. “Consumo de Agua en Minería 2019-2020”. Estadísticas de consumo de agua en minería. Incluye minería metálica, no metálica y polimetálica. Santiago de Chile: Sociedad Nacional de Minería Chile. [www.sonami.cl](http://www.sonami.cl).
- Spuerk, S., M. Drobe, y B.G. Lottermoser. 2017. “Evaluating Resource Efficiency at Major Copper Mines”. *Minerals Engineering* 107 (junio): 27–33. doi:10.1016/j.mineng.2016.12.005.
- Svampa, Maristella. 2016. “Reconfiguraciones del clivaje Norte/Sur. Una mirada desde la geografía de la extracción”. *Alternatives Sud*, 19.
- Svampa, Maristella, y Ariel M. Slipak. 2015. “China en América Latina: Del Consenso de los Commodities al Consenso de Beijing”. *Revista Ensamblés* año 2 (n.3): 34–63.
- TELAM. 2022. “Recomiendan no bañarse, pescar ni consumir agua del río Pilcomayo”. *Télam Digital*. agosto 5. <https://www.telam.com.ar/notas/202208/600803-alerta-contaminacion-rio-pilcomayo-salta.html>.
- TEMA Vakfi, dir. 2021. “Giresunluların Anlatcakları Var”. Turquía. [https://www.youtube.com/watch?v=6A8I6Oi\\_Feg&ab\\_channel=TEMAVakf%C4%B1](https://www.youtube.com/watch?v=6A8I6Oi_Feg&ab_channel=TEMAVakf%C4%B1).
- TNC, The nature conservancy. 2024. “Amazonía”. *TNC en Latinoamérica*. <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/cuenca-amazonica/#:~:text=una%20superficie%20de-,Debido%20a%20su%20importancia%20ecol%C3%B3gica%20clim%C3%A1tica%20y%20cultural%20la%20cuenca,%20Per%C3%BA%20Surinam%20y%20Venezuela.>
- Toledo, Víctor M. 2013a. “El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica”. *Relaciones Estudios de Historia y Sociedad* 34 (136): 41–71. doi:10.24901/rehs.v34i136.163.
- . 2013b. “El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica”. *Relaciones Estudios de Historia y Sociedad* 34 (136): 41–71. doi:10.24901/rehs.v34i136.163.
- . 2013c. “El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica”. *Relaciones Estudios de Historia y Sociedad* 34 (136): 41–71. doi:10.24901/rehs.v34i136.163.
- Torres Guzmán, Nataly. 2018. “El nuevo ‘consenso minero’ en Ecuador: Discursos y prácticas contradictorias El caso del Macizo del Cajas”. *Nueva Sociedad - Friedrich-Ebert-Stiftung*, noviembre, 16.
- Torres-Carabajal, O., G. Pazmiño:-Otamendi, y D. Salazar-Valenzuela. 2021. “Enyalioides rubrigularis. Reptiles del Ecuador”. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Enyalioides%20rubrigularis>, acceso Lunes, 8 de Agosto de 2022.
- Tschuschke, Wojciech, Sławomir Gogolik, Magdalena Wróżyńska, Maciej Kroll, y Paweł Stefanek. 2020. “The Application of the Seismic Cone Penetration Test (SCPTU) in Tailings Water Conditions Monitoring”. *Water* 12 (3): 737. doi:10.3390/w12030737.
- TULSMA. 2003. *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>.
- Vallejo, A. F., y C. Boada. 2021. “Caenolestes condorensis.” Version 2018.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Caenolestes%20condorensis>.
- Vallejo, A. F., C. Boada, J. Brito, M. A. Camacho, V. Romero, y A.F. Vallejo. 2022. “Tayassu pecari. Mamíferos del Ecuador.” Version 2018.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Tayassu%20pecari>.

- Vallejo, María Cristina. 2010. “Biophysical Structure of the Ecuadorian Economy, Foreign Trade, and Policy Implications”. *Ecological Economics* 70 (2): 159–69. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.03.006.
- . 2015. *Perfiles metabólicos de tres economías andinas: Colombia, Ecuador y Perú*. Serie Atrio. Quito, Ecuador: FLACSO Ecuador.
- Varela, Andrea, y Santiago Ron. 2018. “Geografía y Clima del Ecuador”. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/geografiaClima.html/>.
- Varela-Jaramillo, A., D. A. Paucar, S .R. Ron, A. Merino-Viteri, y D.A. Ortiz. 2022. “Pristimantis muranunka. Anfibios del Ecuador.” Version 2021.0. *Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Pristimantis%20muranunka>.
- Vieira, Érica, dir. 2015. “Bento Rodrigues por dentro”. Video. *Jornal Minas*. Brasil: <https://redeminas.tv>. [https://www.youtube.com/watch?v=7mQMGzZKPOQ&ab\\_channel=JornalMinas](https://www.youtube.com/watch?v=7mQMGzZKPOQ&ab_channel=JornalMinas).
- Vignola, Raffaele, William Walter, Armando Vargas Céspedes, y Mariela Morales. 2017. “Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica.” Ficha técnica. Cultivo de papa. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>.
- Viteri Díaz, Patricio. 2010. Expediente Negociación de Tierras Proyecto Mirador. Gualaquiza, Morona Santiago.
- Vizia, Claudio. 2010. “¿Marx verde? Naturaleza y teoría del valor. Lecturas ecológicas y perspectivas ecosocialistas”. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- Wagner, Lucrecia. 2008. “La lucha contra la contaminación y el saqueo: de las movilizaciones en Mendoza a la unión de las reivindicaciones socioambientales en América Latina”. *Historia Unisinos* 12 (3): 195–206. doi:10.4013/htu.20083.01.
- Wambra. 2022. “Tundayme: a 10 años del primer mega proyecto minero en Ecuador”. *Wambra Medio Comunitario*. junio 7. <https://www.youtube.com/watch?v=JiP1ydGMQIM>.
- Watts, Sheldon J. 2000. *Epidemias y poder: historia, enfermedad, imperialismo*. Barcelona: A. Bello.
- WISE. 2022. “Chronology of Major Tailings Dam Failures”. *World Information Service on Energy. Uranium Project*. <https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>.
- Wolfe, Nathan D., Claire Panosian Dunavan, y Jared Diamond. 2007. “Origins of Major Human Infectious Diseases”. *Nature* 447 (7142): 279–83. doi:10.1038/nature05775.
- WWF, World Wide Fund for Nature. 2023. “La vida abunda en la Amazonía”. Organización global, independiente, multicultural y apolítica. *Vida Silvestre*. julio 21. [https://wwf.panda.org/es/sobre\\_la\\_amazonia/vida\\_silvestre/#:~:text=Hasta%20el%20d%C3%ADa%20de%20hoy,descubierta%20famosa%20%E2%80%9Cpira%C3%B1a%20vegetariana%E2%80%9D](https://wwf.panda.org/es/sobre_la_amazonia/vida_silvestre/#:~:text=Hasta%20el%20d%C3%ADa%20de%20hoy,descubierta%20famosa%20%E2%80%9Cpira%C3%B1a%20vegetariana%E2%80%9D).
- Xavier, Lúcia Helena, Marianna Ottoni, y Leonardo Picanço Peixoto Abreu. 2023. “A Comprehensive Review of Urban Mining and the Value Recovery from E-Waste Materials”. *Resources, Conservation and Recycling* 190 (marzo): 106840. doi:10.1016/j.resconrec.2022.106840.
- Zhang, Liming, Yongguang Zhong, y Yong Geng. 2019. “A Bibliometric and Visual Study on Urban Mining”. *Journal of Cleaner Production* 239 (diciembre): 118067. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118067.

## Anexos

### Anexo 1 Mina de cobre “Chuquicamata” en Calama, Chile



Fotografías del autor en 2019

*Nota:* Vista de la mina Chuquicamata a los 10 000 pies de altura.

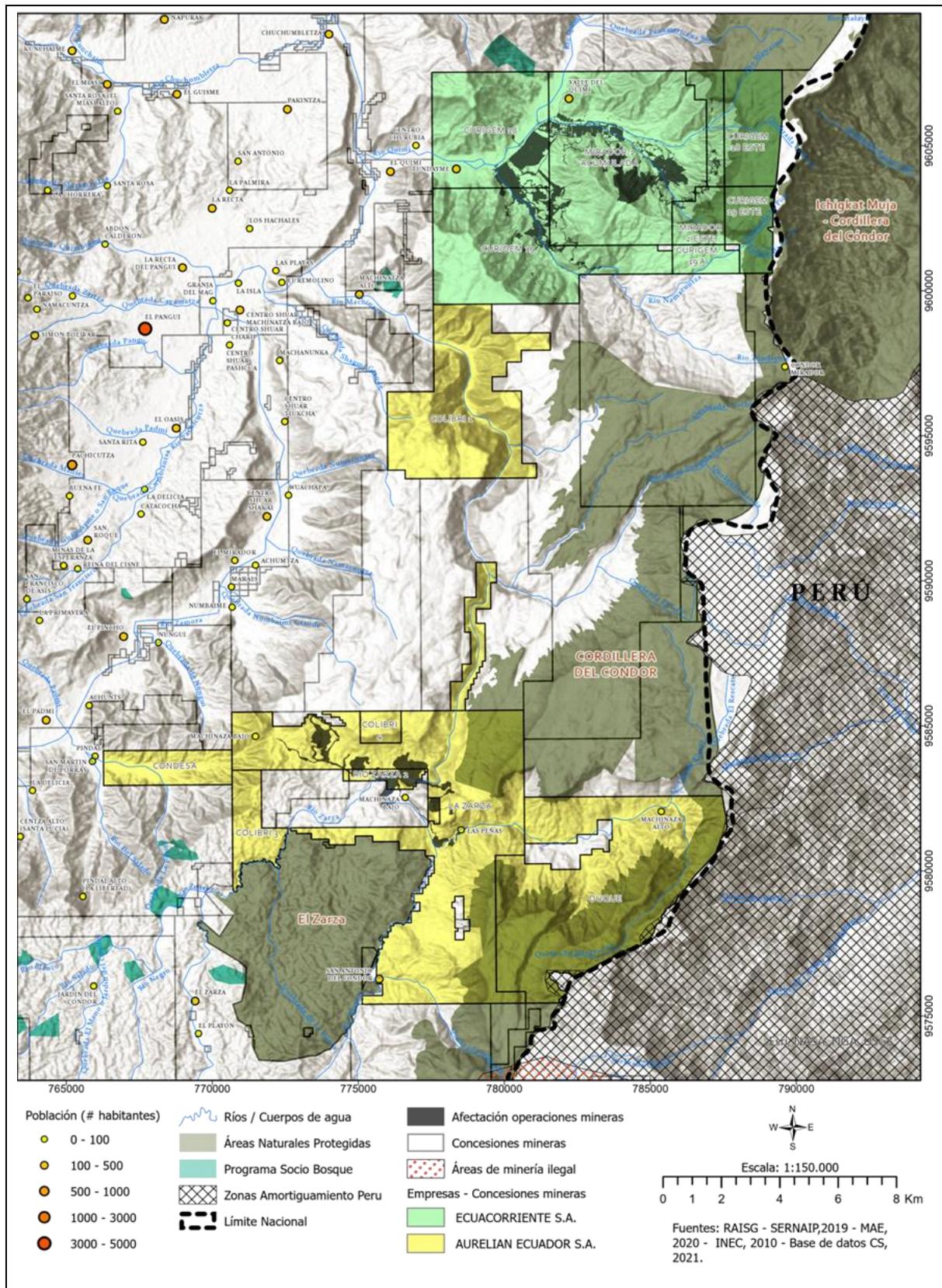
### Anexo 2. Mina “Escondida” en Antofagasta, Chile



*Fuente:* BHP (2022)

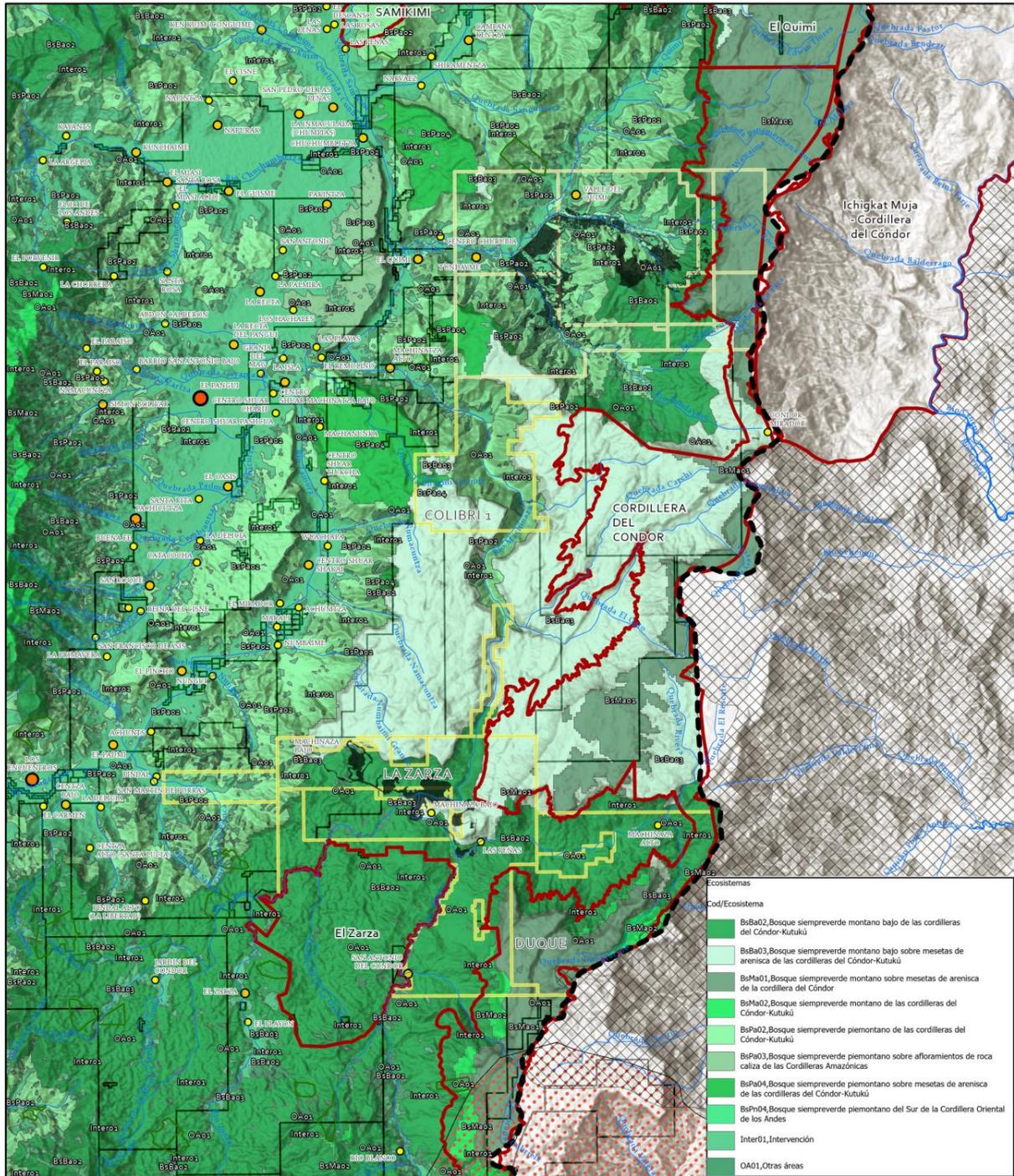
### Anexo 3. Límites de los proyectos Fruta del Norte y Mirador.

#### Límite de los proyectos Fruta del Norte y Mirador respecto a las áreas protegidas

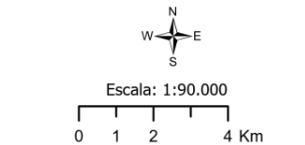


Fuente: Burbano et al. (2021, 16)

# Límites de los proyectos Fruta del Norte y Mirador respecto a los ecosistemas y a las áreas bajo conservación



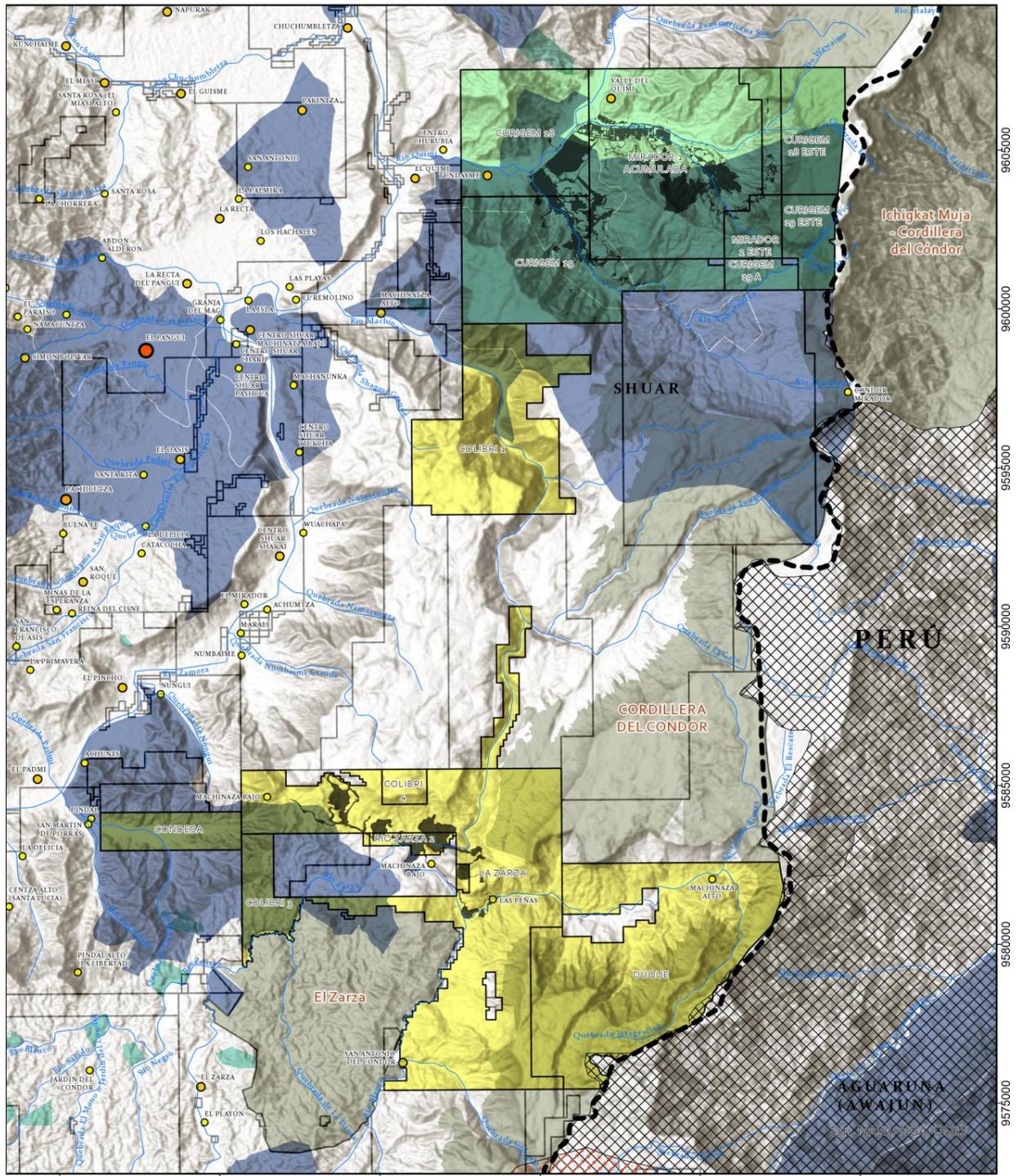
- |  |   |  |
|--|---|--|
| <p>Población (# habitantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0 - 100</li> <li>● 100 - 500</li> <li>● 500 - 1000</li> <li>● 1000 - 3000</li> <li>● 3000 - 5000</li> </ul> | <p>Ríos / Cuerpos de agua</p> <p>Áreas Naturales Protegidas</p> <p>Programa Socio Bosque</p> <p>Zonas Amortiguamiento Peru</p> <p>Límite Nacional</p> | <p>Afectación operaciones mineras</p> <p>Concesiones mineras</p> <p>Áreas de minería ilegal</p> <p>Empresas - Concesiones mineras</p> <p>ECUACORRIENTE S.A.</p> <p>AURELIAN ECUADOR S.A.</p> |
|--|---|--|



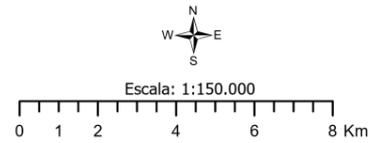
Fuentes: RAISG - SERNAIP, 2019 - MAE, 2020 - INEC, 2010 - Base de datos CS, 2021.

Fuente: Burbano et al. (2021, 17)

# Límites de los proyectos Fruta del Norte y Mirador respecto a los territorios indígenas



- |   |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>Población (# habitantes)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0 - 100</li> <li>● 100 - 500</li> <li>● 500 - 1000</li> <li>● 1000 - 3000</li> <li>● 3000 - 5000</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Ríos / Cuerpos de agua</li> <li> Territorios Indígenas</li> <li> Áreas Naturales Protegidas</li> <li> Programa Socio Bosque</li> <li> Zonas Amortiguamiento Peru</li> <li> Límite Nacional</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Afectación operaciones mineras</li> <li> Concesiones mineras</li> <li> Áreas de minería ilegal</li> <li> Empresas - Concesiones mineras</li> <li> ECUACORRIENTE S.A.</li> <li> AURELIAN ECUADOR S.A.</li> </ul> |
|---|---|---|



Fuentes: RAISG - SERNAIP, 2019 - MAE, 2020 - INEC, 2010 - Base de datos CS, 2021.

Fuente: Burbano et al. (2021, 10)

#### Anexo 4. Fotografías del proyecto Fruta del Norte



*Fuente:* Lundin Gold (2024)

*Nota:* Vista panorámica del proyecto Fruta del Norte

## Anexo 5. Fotografías del proyecto Mirador



a



b



c



d



e



f

*Fuente:* Autor Anónimo (2022)

*Nota:* Vista panorámica del proyecto Mirador (a, b, c, d), caminos e infraestructuras (e) y presa de relaves (f)

## Anexo 6. Cálculo de los factores de conversión de la energía

Con la intención de apreciar mejor el cálculo de los factores de conversión de la energía en el proyecto Fruta del Norte, se describe en el texto el pasaje de la potencia de 38 MW, al consumo de energía en Giga Watios hora (GWh). El período de extracción fue de 793 días. Nótese las unidades que se simplifican:  $MW \times \frac{1}{MW}$ ,  $d \times \frac{1}{d}$ .

$$38 \text{ MW} \times 793 \text{ d} = 38 \text{ MW} \times \frac{1 \text{ GW}}{1000 \text{ MW}} \times 881 \text{ d} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} = 803,5 \text{ GWh}$$

En el cálculo de los factores de conversión de la energía en el proyecto Mirador, se considera el aumento de la potencia de 50 MW a 85 MW, por el aumento de la extracción de 30.000 a 60.000 toneladas (Entrix Inc. 2016b, 62). El período de estudio fue de 794 días, de los cuales 660 días corresponden a la primera fase, con una potencia de 50 MW, y 134 días pertenecen a la segunda fase, con una potencia de 85 MW. Se describe a continuación el pasaje de la potencia de MW al consumo de energía en Giga Watios hora (GWh).

$$\text{Fase 1} = 50 \text{ MW} \times 660 \text{ d} = 50 \text{ MW} \times \frac{1 \text{ GW}}{1000 \text{ MW}} \times 660 \text{ d} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} = 792 \text{ GWh}$$

$$\text{Fase 2} = 85 \text{ MW} \times 134 \text{ d} = 85 \text{ MW} \times \frac{1 \text{ GW}}{1000 \text{ MW}} \times 134 \text{ d} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} = 273 \text{ GWh}$$

$$\text{Fase 1} + \text{Fase 2} = 792 \text{ GWh} + 273 \text{ GWh} = 1065 \text{ GWh}$$

## Anexo 7. Cálculos de los requisitos e indicadores de eficiencia

### Requerimientos

#### Requerimiento de energía en Fruta del Norte por tonelada de mineral (GJ/t)

Concepto	Años				T3 2019- T1 2022
	2019	2020	2021	2022	
materia (t)	363 000	813 500	1 559 700	379 600	3 115 800
MWh	111 264	277 248	332 880	82 080	803 472
GJ	400 550	998 093	1 198 368	295 488	3 919 272
ratio GJ/t	1,1	1,2	0,8	0,8	1,3

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 62); Entrix Inc. (2016b, 184).

*Nota:* Giga Julios por tonelada

#### Requerimiento de energía en Mirador por tonelada de mineral (GJ/t)

Concepto	Años				T3 2019- T1 2022
	2019	2020	2021	2022	
materia (t)	3 072 500	5 765 600	13 612 200	4 636 600	27 086 900
MWh	198 720	262 440	438 552	165 240	1 064 952
GJ	715 392	944 784	1 578 787	594 864	3 833 827
ratio GJ/t	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 62); Entrix Inc. (2016b, 184).

*Nota:* Giga Julios por tonelada

## Fruta del Norte

### Requisito de agua por tonelada de concentrado de oro y plata (kilolitro por tonelada de concentrado, Lk/t Au Ag)

Fruta del Norte	Años				Total
Concepto/ unidades	2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
agua (m3 = Lk)	169 824	423 168	508 080	125 280	1 226 352
Concentrado Au Ag (t)	1,4	8,6	18,8	4,9	33,7
ratio Lk/t Con Au Ag	122 374	49 147	27 038	25 569	36 402

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 195, 196).

Nota: Lk kilolitro por kilo de onza doré

### Requisito de agua por kilo onza doré de oro y plata (Lk/kg Au Ag)

Fruta del Norte	Años				Total
Concepto/ unidades	2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
agua (m3 = Lk)	169 824	423 168	508 080	125 280	1 226 352
Doré Au Ag (kg)	155,2	2 838,1	5 754,3	1 838,3	10 586
ratio Lk/kg Au Ag	1 094	149	88	68	116

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 195, 196).

Nota: Lk kilolitro por kilo de onza doré

### Requisito de energía por tonelada de concentrado de oro y plata (GJ/t Au Ag)

Fruta del Norte	Años				Total
Concepto/ unidades	2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
energía MWh	111 264	277 248	332 880	82 080	803 472
energía Giga Julius (GJ)	400 550	998 093	1 198 368	295 488	2 892 499
Concentrado Au Ag (t)	1,4	8,6	18,8	4,9	33,7
ratio GJ/t Au Ag	288 634	115 920	63 773	60 307	85 859

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 195, 196).

Nota: (GJ) Giga Julius por tonelada de concentrado

### Requisito de energía por kilo de onza doré de oro y plata (GJ/Kg Au Ag)

Fruta del Norte	Años				Total
Concepto/ unidades	2019	2020	2021	2022	T3 2019-T1 2022
energía MWh	111 264	277 248	332 880	82 080	803 472
energía Giga Julius (GJ)	400 550	998 093	1 198 368	295 488	2 892 499
Doré Au Ag (kg)	155,2	2.838,1	5.754,3	1.838,3	10 586,0
ratio GJ/Kg Au Ag	2.580	352	208	161	273

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 62); Entrix Inc. (2016b, 184).

Nota: (GJ) Giga Julius por kilo de onza doré

## Mirador

### Requisito de agua por tonelada de concentrado de cobre (Lk/t)

Mirador	Años				Total
	2019	2020	2021	2022	
Concepto/ unidades					T32019-T12022
agua (m3 = Lk)	7 100 928	9 377 856	14 086 080	3 473 280	34 038 144
Concentrado Cu (t)	96 224	127 078	221 965	94 132	539 399
ratio Lk/t	73,8	73,8	63,5	36,9	63,1

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 195, 196).

*Nota:* (Lk/t) kilolitro por tonelada

### Requisito de energía por tonelada de concentrado de cobre (GJ/t)

Mirador	Años				Total
	2019	2020	2021	2022	
Concepto/ unidades					T3 2019-T1 2022
energía MWh	198 720	262 440	438 552	165 240	1 064 952
energía Giga Julius (GJ)	715 392	944 784	1 578 787	594 864	3 833 827
Concentrado Cu (t)	96 223,6	127 078,0	221 965,2	94 131,8	539.398,6
ratio GJ/t Con Cu	7	7	7	6	7

Elaborado por el autor en base a Entrix Inc. (2016a, 56); Entrix Inc. (2016b, 195, 196).

*Nota:* (GJ/t) Giga Julius por tonelada.

## Requisito de energía y agua en megaproyectos de cobre

Proyecto	Consumo de energía	Consumo de Agua	Extracción de Cu	Requisito Agua	Requisito Energía
	GJ	m <sup>3</sup> = kL	t	kL/t	GJ/t
Andina	4 920 000	34 300 000	224 264	153	22
Chuquicamata	14 490 000	58 740 000	308 625	190	47
Collahuasi	10 730 000	33 020 000	455 300	73	24
El Soldado	2 160 000	4 300 000	36.000	119	60
El Teniente	9 430 000	47 270 000	471 157	100	20
Ernest Henri	1 800 000	5 400 000	34 106	158	53
Gabriela Mistral	2 950 000	5 570 000	125 009	45	24
Los Bronces	10 050 000	22 420 000	404 500	55	25
Los Pelambres	6 740 000	22 000 000	403 700	54	17
Mantos Blancos	2 160 000	4 430 000	52 400	85	41
Mantoverde	1 660 000	2 840 000	51 800	55	32
Minera Escondida	24 660 000	70 420 000	1 152 510	61	21
Ministro Hales	4 070 000	9 460 000	238 305	40	17
Mt Isa	5 770 000	17 190 000	315 369	55	18
Neves-Corvo	1 320 000	5 340 000	51 369	104	26
OK Tedi Mine	5 020 000	64 190 000	75 901	846	66
Palabora	4 850 000	5 440 000	89 631	61	54
Pampa Norte	7 280 000	9 540 000	826 220	12	9
Prominent Hill	3 770 000	6 130 000	130 305	47	29
Radomiro Tomic	7.410.000	8 360 000	315 747	26	23
Salvador	3.160.000	21 460 000	48 582	442	65
Promedio	6.400.000	21 800 952	276 705	132	33

Fuente: Spuerk, Drobe, y Lottermoser (2017, 6)

Nota:(GJ) Giga Julius, (m<sup>3</sup>) metro cúbico = (Lk) kilolitro , (t) tonelada, (Lk/t) kilolitro por tonelada.), (GJ/t) Giga Julius por tonelada

## Anexo 8. Valores excedentes en el proyecto Fruta del Norte

### Fotografía de los valores excedentes de los fenoles monohídricos en el agua superficial en el proyecto Fruta del Norte

Criterios Tabla 2 Anexo 1 TULSMA	Puntos de monitoreo							
	Octubre 2016 – enero 2017	Enero – abril 2017						
	RMPV- SW12	PC-RM- A05	PC-RM- A06	PC-RM- A08	PC-RM- A12	PC-RM- A20	RMPV- SW10	RMPV- SW12
0,001	0,027	0,014	0,008	0,005	0,009	0,004	0,006	0,014
Excedente %:	2600	1300	700	400	800	300	500	1300

Fuente: CGE (2020, 43)

### Tabla de los valores excedentes de los fenoles monohídricos en el agua superficial en el proyecto Fruta del Norte

Criterios Tabla 2 Anexo 1 TULSMA <sup>31</sup>	Puntos de monitoreo							
	octubre 2016- enero 2017	Enero-abril 2017						
	RMPV- SW12	PC- RM- A05	PC- RM- A06	PC- RM- A08	PC- RM- A12	PC- RM- A20	RMPV -SW10	RMPV- SW12
0,001	0,027	0,014	0,008	0,005	0,009	0,004	0,006	0,014
excedente %	2600	1300	700	400	800	300	500	1300

Elaborado por el autor en base a CGE (2020, 43).

Nota: En celeste los valores permitidos según TULSMA y en amarillo los valores que exceden los valores permitidos de los fenoles monohídricos en el agua superficial.

<sup>31</sup> Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA 2003, 269)

**Fotografía de los valores excedentes de los metales en el agua superficial en el proyecto Fruta del Norte**

Parámetros	Punto de monitoreo de agua superficial RMPV-SW12	Excedente %	
	Valor promedio de línea base en el punto RMPV-SW12 (mg/l)	octubre 2016 - enero 2017	enero - abril 2017
Sólidos suspendidos totales	5,00	59880	49740
Sólidos totales	28,00	10625	8835
Aluminio	0,092	34682	100986
Cobalto	0,005	64	140
Cobre	0,033	149	470
Hierro	0,095	30426	45163
Manganeso	0,010	8512	10545
Plomo	0,0005	3500	6100
Zinc	0,0295	62	272

Fuente: CGE (2020, 44)

**Tabla de los valores excedentes de los metales en el agua superficial en el proyecto Fruta del Norte (en porcentajes)**

Parámetros	Punto de monitoreo	Valor promedio de la línea base (mg/l)	Excedente %	
			octubre 2016-enero 2017	enero-abril 2017
Sólidos suspendidos totales	RMPV-SW12	5	59 880	49 740
Sólidos totales	RMPV-SW12	28	10 625	8 835
Aluminio	RMPV-SW12	0,092	34 682	100 986
Aluminio	RMPV-SW10	0,207	-	5210,8
Cobalto	RMPV-SW12	0,005	64	140
Cobre	RMPV-SW12	0,033	149	470
Cobre	RMPV-SW10	0,014	-	530,6
Cobre	PC-RM-A08	-	-	230
Hierro	RMPV-SW12	0,095	30 462	45 163
Hierro	RMPV-SW10	0,204	-	685,3
Hierro	PC-RM-A05	-	-	805
Manganeso	RMPV-SW12	0,01	8512	10 545
Plomo	RMPV-SW12	0,0005	3500	6100
Zinc	RMPV-SW12	0,0295	62	272

Elaborado por el autor en base a CGE (2020, 44)

Nota: En amarillo los valores que exceden lo valores permitidos de los metales en el agua superficial.

## Anexo 9. Valores excedentes en el proyecto Mirador.

### Concentraciones del río Wawayme (miligramos por litro, mg/L)

Parámetro	Límite máximo permitido (LMP)	Fecha y punto de muestra								
		2009-2013-2016		12/11/2015	17/3/2016	20/4/2016	19/4/2015	8/2/2015	11/12/2015	11/12/2015
		Min-Max	Valor fondo	WQ-02	WQ-03	WQ-34	WQ-04	WQ-05	WQ-28	WQ-38
Aluminio	0,1	-	-	2,25	2,6	1,34	2,23	<0,1	2,58	1,08
Arsénico	0,05	0,0005-0,011	0,0019	<0,0005	0,002	0,03	0,012	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Bario	1,0	0,03-0,1	0,0063	<1,0	0,22	0,71	2,6	<1,0	<1,0	<1,0
Cadmio	0,001	0,0001-0,001	0,0004	<0,0002	0,0002	0,0008	0,0005	<0,001	0,0051	<0,0002
Cobalto	0,2	0,0001-0,0021	0,0003	<0,03	0,0031	0,029	0,044	<0,2	<0,03	<0,03
Cobre	0,005	0,01-0,28	0,015	<0,02	0,052	0,78	0,54	<0,02	<0,020	0,023
Cromo	0,032	0,0003-0,015	0,0013	<0,01	0,0032	0,053	0,0083	<0,05	<0,01	<0,01
Estaño	NA	0,0005-0,003	0,001	<0,00025	0,001	0,0017	0,0029	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Hierro	0,3	0,08-0,53	0,32	0,48	1,2	1,37	1,16	0,51	0,57	1,74
Manganeso	0,1	0,008-0,11	0,14	<0,1	0,27	3,2	3,4	<0,1	<0,1	<0,1
Mercurio	0,0002	0,0001-0,0004	0,0002	<0,0002	0,0002	0,0005	0,0002	<0,005	0,0071	0,0002
Níquel	0,025	0,0004-0,007	0,002	<0,02	0,002	0,007	<0,002	<0,0025	0,48	<0,02
Oxígeno disuelto	>5 >80	6,90-8,78	8,01	6,8	7,2	7,4	7,5	6,5	7,3	7,1
PH in situ	6,5-9	5,73-7,63	7,36	5,5	6,9	4,5	5,5	6,8	4,8	6,4
Plomo	0,001	0,0003-0,005	0,0018	<0,001	0,0093	0,14	0,064	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	0,003	0,0002-0,027	0,0178	<0,03	0,036	0,26	0,5	<0,05	0,43	<0,03

Elaborado por el autor en base a CGE (2020b, 13).

*Nota:* En celeste los límites máximos permitidos y en amarillo los valores excedentes

### Concentraciones del río Tundayme (miligramos por litro, mg/L)

Parámetros del río Tundayme	Límite máximo permitido (LMP)	Fecha y punto de muestra							
		2009-2013-2016		17/3/2015	23/2/2015	16/6/2016	19/4/2015	5/5/2015	2/5/2016
		Mínimo-Máximo	Valores de fondo	WQ-17	WQ-11A	WQ-11	WQ-11A	WQ-11	WQ-11
Aluminio	0,1	0,054-4,25	2,21	1,30	0,94	5,1	16	5,6	17
Arsénico	0,05	0,0005-0,00054	0,00143	0,011	0,001	0,001	0,0025	0,0018	0,0054
Bario	1,0	0,03-0,034	0,07	1,5	0,038	0,11	0,34	0,093	0,26
Cadmio	0,001	0,0002-0,0003	0,0002	0,0032	0,0002	0,0002	0,0013	0,0002	0,0003
Cobalto	0,2	0,001-0,0021	0,0007	0,04	0,0002	0,0016	0,0068	0,0019	0,0066
Cobre	0,005	0,0038-0,079	0,03	1	0,002	0,05	0,24	0,049	0,067
Cromo	0,032	0,0004-0,0028	0,0005	0,0055	0,0004	0,0004	0,0073	0,0022	0,0028
Hierro	0,3	0,25-5,48	2,86	1,23	0,62	5,3	18	5	24
Manganeso	0,1	0,009-0,93	0,13	5,7	0,067	0,34	0,93	0,3	1
Oxígeno disuelto	>5 tabla 2 >80 tabla 3	7,74-24,25	7,84	7,7	7,5	7,4	7,2	7,8	7,7
PH in situ	6,5-9	8,95-7,2	8,99	8,9	7	7,2	6,9	8,6	6,7
Plomo	0,001	0,0001-0,02	0,005	0,13	0,0024	0,01	0,045	0,0081	0,016
Zinc	0,003	0,0043-0,068	0,002	0,14	0,098	0,026	0,2	0,024	0,068

Elaborado por el autor en base a CGE (2020b, 13)

Nota: En celeste los límites máximos permitidos y en amarillo los valores excedentes.

## Concentraciones del río Quimi en miligramos por litro (mg/L)

Parámetros del río Quimi	Límite Máximo Permitido LMP	Fecha y punto de muestra													
		2009-2013-2016		19/4/2016	16/3/2016	13/3/2016	17/3/2015	16/3/2015	5/2/2015	17/3/2016	16/3/2016	8/2/2016	16/3/2015	16/2/2015	16/3/2016
		Min-Max	Valores de fondo	WQ-12	WQ-15	WQ-16	WQ-23	WQ-26	WQ-30	WQ-31	WQ-33	WQ-35	JE	CT	MA-B-5
Aluminio	0,1	0,38-2,1	2,1	2,0	5,2	5,8	4,51	3,8	5,5	5	4,4	3,0	1,2	1,6	1,8
Arsénico	0,05	0,001-0,0025	0,0017	0,003	0,001	0,0028	0,045	0,001	0,0015	<0,001	0,0089	0,0098	0,0053	0,0012	0,0045
Bario	1,0	0,0004-0,2	0,0481	0,2	0,04	0,043	2,4	0,08	0,094	0,098	0,32	0,3	0,14	0,067	0,16
Boro	0,75	0,015-0,04	0,055	<0,04	<0,0002	0,11	0,1	0,04	<0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Cadmio	0,001	0,00005-0,00014	0,0002	<0,0002	0,0081	<0,0002	0,0024	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobalto	0,2	0,0001-0,021	0,00084	0,0042	0,032	0,0081	0,101	0,0012	0,0014	0,0009	0,0087	0,0081	0,0044	0,0002	0,0027
Cobre	0,005	0,031-0,079	0,021	0,103	0,0031	0,032	0,91	0,03	0,12	0,045	0,31	0,17	0,15	0,058	0,11
Cromo total	0,032	0,0002-0,0015	0,0005	0,0049	0,001	0,0031	0,016	0,0034	0,004	0,0008	0,015	0,006	0,011	0,0014	0,0043
Estaño	NA	0,0005-0,0008	0,0005	<0,001	0,001	0,001	0,0081	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Hierro	0,3	0,04-3,6	1,11	1,5	5,9	5,8	3,4	3,7	6,4	2,6	5,2	3,1	1,1	1,2	1,2
Manganeso	0,1	0,001-0,309	0,056	0,46	0,15	0,15	1,1	0,27	0,14	0,091	1,1	0,703	0,28	0,033	0,43
Oxígeno disuelto	>5 >80	8,4-9,4	8,99	7,4	7,4	8,1	7,5	7,3	7,8	7,5	7,2	7,8	7,4	7,4	7,2
PH in situ	6,5-9	5,0-7,9	7,12	7	7,3	7,0	5,4	7,3	5,8	7,1	6,4	6,4	5,4	8,7	6,9
Plomo	0,001	0,0001-0,019	0,016	0,022	0,0077	0,0091	0,28	0,0082	0,0028	0,0039	0,045	0,024	0,0082	0,0012	0,011
Selenio	0,001	0,001-0,03	0,00175	<0,002	0,002	0,002	0,006	0,002	<0,002	<0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
Zinc	0,003	0,005-0,03	0,013	0,075	0,02	0,03	0,02	0,02	0,011	0,019	0,057	0,057	0,089	0,15	0,052

Elaborado por el autor en base a CGE (2020b, 13, 14).

Nota 1: (JE) Junto a Escombrera, (CT) Cerca de la parroquia Tundayme.

Nota 2: En celeste los límites máximos permitidos y en amarillo los valores excedentes.

**Anexo 10. Construcción de infraestructuras previa a estudios de factibilidad y diseños completos en el proyecto Mirador**

Infraestructura	Fecha de inicio de la construcción	Fecha de informe de aprobación de factibilidad técnica	Fecha de documento de factibilidad técnica
<b>Fase de Explotación</b>			
Canales de desvío del agua de la escombrera	diciembre 2015	21/2/2018	23/2/2018
Escombreras	febrero 2016		
Plataformas de la planta de trituración de roca estéril	enero 2017		
Planta de mezcla de explosivos	febrero 2017		
Piscinas de sedimentación	febrero 2017		
Muro de contención de la escombrera	junio 2017		
Diques y embalses de drenaje ácido	octubre 2017		
Pozos de revisión de los diques	octubre 2017		
Canales de control de inundación de aguas ácidas	-		
<b>Fase de Beneficio</b>			
Instalaciones para la descarga de inundaciones (túnel)	septiembre 2017	21/2/2018	23/2/2018
Dique de control de caudales de las inundaciones	octubre 2017		
Canales de desvío de aguas del Río Tundayme	octubre 2017		
Instalaciones para drenaje de aguas de la relavera	octubre 2017		
Planta de tratamiento de drenaje ácido	mayo 2018	27/11/2018	25/3/2019

Elaborado por el autor en base a CGE (2020b, 41).

*Nota:* En amarillo las fechas de inicio de la construcción, anterior a la aprobación de factibilidad técnica.

## Anexo 11 Imágenes tridimensionales de los métodos de construcción de las presas de relaves

### Imágenes 3D de los métodos: aguas arriba, eje o línea central y aguas abajo



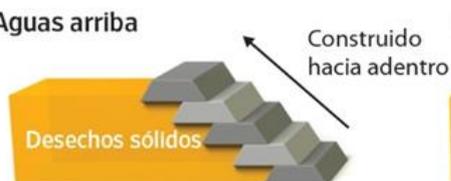
## Gigantes de lodo

A diferencia de los embalses de agua, las presas de relaves no son designadas y construidas de una sola vez, sino gradualmente conforme las mineras explotan los yacimientos. Por sus bajos costos, el diseño 'upstream' es el más corriente. Los ingenieros dicen que estas son las que fallan con más frecuencia.

### Tipos de presas de relaves

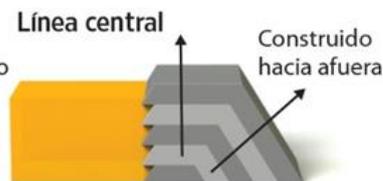
Conforme el volumen de los desechos crece, nuevos niveles —hechos habitualmente con arena y restos sólidos— se agregan al dique para aumentar su capacidad.

#### Aguas arriba



En el diseño aguas arriba o 'upstream', los nuevos terraplenes se asientan sobre la 'playa' hacia el interior del embalse. Esto ahorra costos, ya que requiere menos movimiento de tierra.

#### Línea central



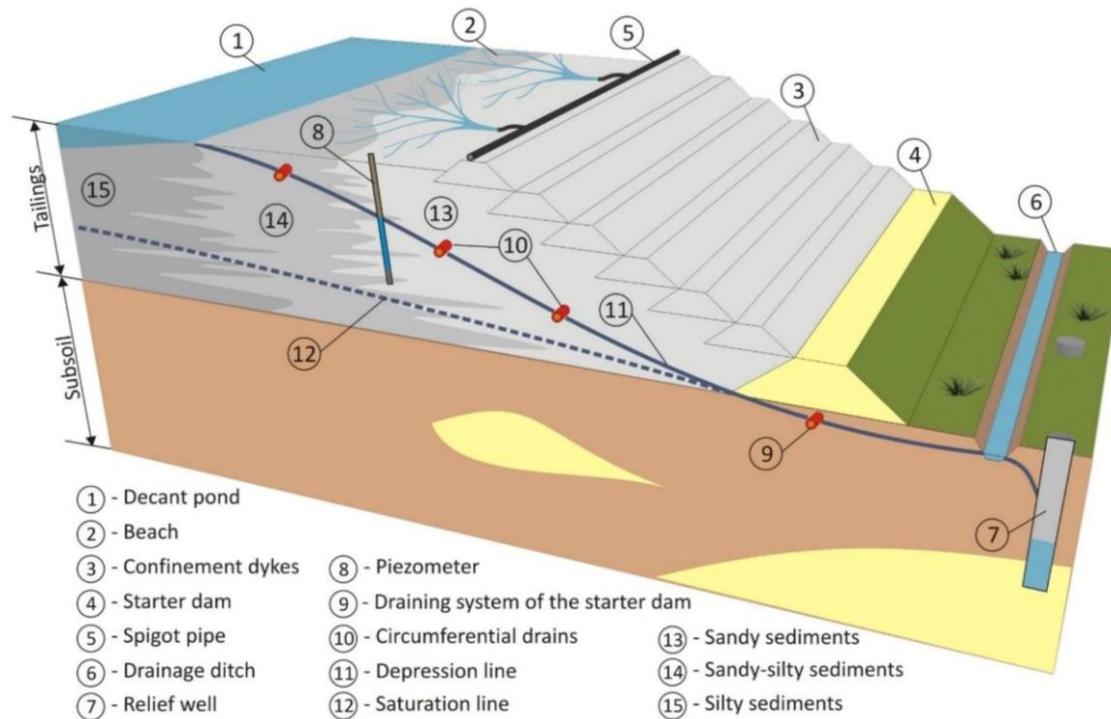
En los diseños de línea central ('centerline') y aguas abajo ('downstream'), los nuevos niveles de la presa se asientan sobre las capas previas y se proyectan hacia el exterior de la estructura, lo que hace las paredes más abultadas y robustas.

#### Aguas abajo



Fuente: Engles (2016)

## Imagen tridimensional del diseño de la presa de relaves aguas arriba



Fuente: Tschuschke et al. (2020, 4)

Nota: 1) estanque de sedimentación; 2) playa; 3) confinamiento de diques; 4) presa de arranque; 5) Tubo de espita; 6) Zanja de drenaje; 7) Pozo de alivio; 8) Piezómetro; 9) Sistema de drenaje del dique de arranque; 10) Drenajes circunferenciales; 11) Líneas de depresión; 12) Líneas de saturación; 13) Sedimentos arenosos; 14) Sedimentos arenosos-limosos; 15) Sedimentos limosos. Subsuelo (*subsoil*), sedimentos (*tailings*).

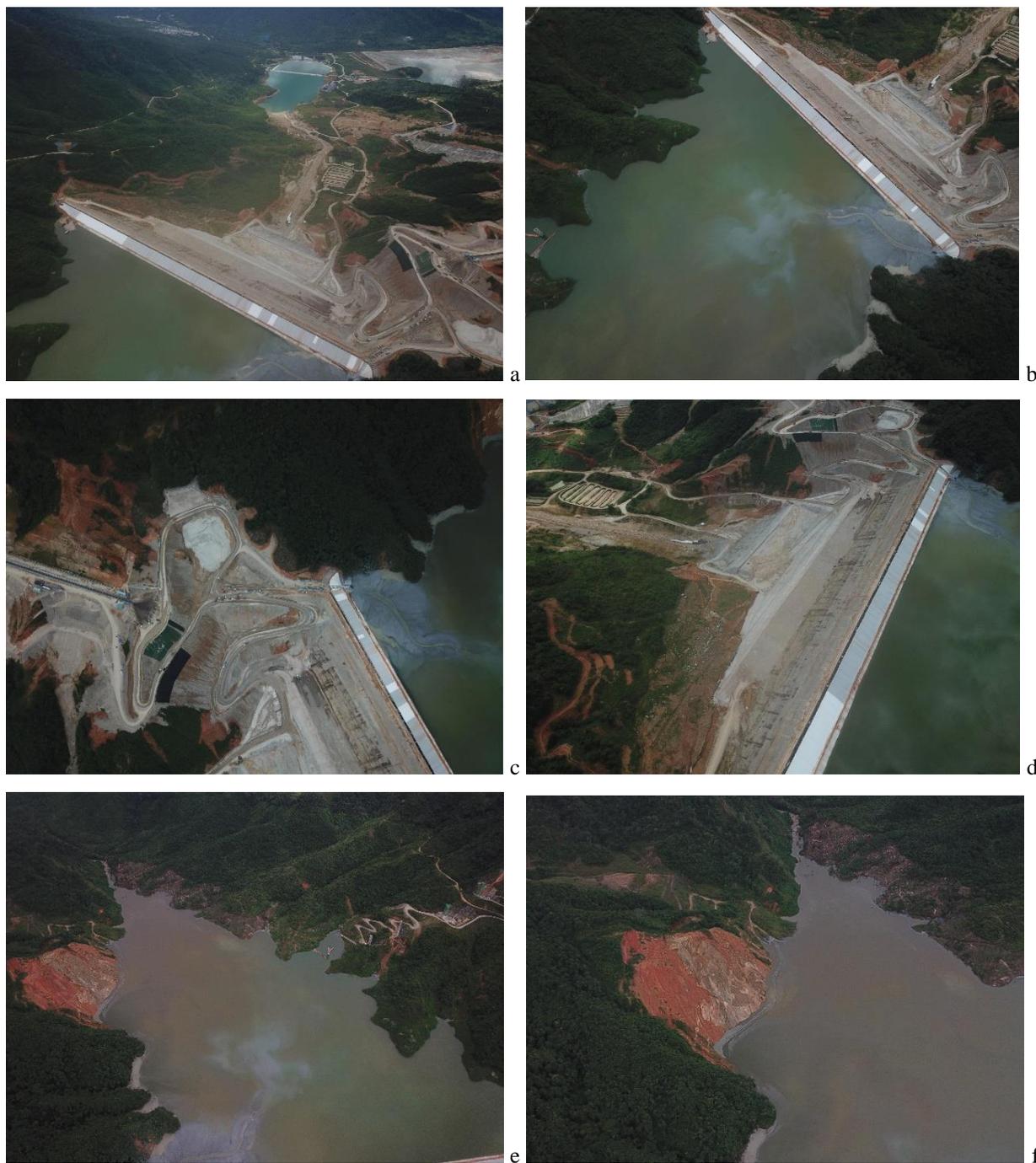
## Anexo 12. Presa y depósitos de relaves “Quimi” en el proyecto Mirador



*Fuente:* Autor Anónimo (2022)

*Nota:* Presa Quimi (a) y (b) vista panorámica, (c) y (d) arriba y a la derecha y (e) y (f) en el centro

### Anexo 13. Presa y depósito de relaves “Tundayme” en el proyecto Mirador



*Fuente:* Autor Anónimo (2022)

*Nota:* fotos (a) (b), (c) y (d) vista aérea de la presa de relaves Tundayme, (e) y (f) y vista aérea del depósito de relaves Tundayme.

## **Anexo 14. Entrevistas**

### **Entrevista a habitante de El Panguí**

“Yo me miro que esta ranita se muere, van muriendo las ranas que yo tengo sembrado y, aquí esta ranita me sirve para alimentar para la familia toda, entonces yo tengo que comprar unos balanceados para mantener, entonces la contaminación viene, más antes, desde más antes no sabían morir los animalitos, estas ranitas. Pero hoy los veo que están muriendo, no solo las ranas, hemos tenido animales, así gallinas, patos más antes no sabían morir eran sanas todos, pero hoy vienen con estas empresas, vienen muriendo, los patos, las gallinas, todo muere, el aire mismo. Hemos sembrado en la finca, claro tenemos una finquita, es cultivable dicen, hemos sembrado yuca, plátano, maíz, de todo, poroto, hasta maní y papalla, ahorita no tenemos como mantenernos ¿Por qué les digo? Porque vino la empresa, más antes no era así. Todo sabía de ser, todo a gusto, uno sabía cortar platanito, comer, pero ahora no tenemos ni para comer, le digo, no tenemos, claro tenemos finca, pero no tenemos para comer, claro que no es por la vaguería que nosotros que no cultivamos, nosotros hemos cultivado desde niños, pero hoy no tenemos ni para cortar platanito, ni para hacer un moro, ahora estamos bien complicados, por eso con estas contaminaciones que vienen, hoy que está esta laguna ya está contaminada, aquí nosotros tenemos sembrado, pescado, tilapia, pero ¿De qué nos sirve? Está contaminado totalmente, el río Grande, ahí sabía haber unos lindos pescados, unos corronchos blancos, de todo, pero: ¿De qué de qué vale ahorita? No hay nada, las piedras todo tapado, todo hecho lodo, desastre, arriba todito un barro, ya está contaminado. Por eso yo vivo aquí, pero yo no me voy ahí a ver al río, ningún momento, jamás no me he ido a ver ¿Por qué? Porque ya está levantando un aire y entonces eso pega...” (C.T., habitante de El Panguí, 3 de diciembre de 2022) (INREDH 2022).

### **Entrevista a líder comunitario**

“La comunidad ha identificado eso, porque ya nos ha pasado que han ido a bañar en el río como hacíamos antes ya, aguas debajo de la minería, y a los niños lo que les ha salido es granitos, sarpullidos en el cuerpo, entonces eso muestra que el agua no sirve. Segundo hemos encontrado y tenemos videos, de que hemos grabado los peces muertos en el río, por ejemplo. Hemos grabado de que cómo caen, directamente botan las piscinas de aguas sucias con veneno ya, botan con lodo y todo, botan directamente al río ¿Para qué?, para limpiar esas piscinas y permitir que venga el Ministerio del Medio Ambiente ¿Para qué? para decir, para verificar, de que están haciendo minería limpia, de que está todo en orden, pero antes le dan una llamadita,

decir “vean tal día vamos a ir” y, aquí se apuran, recogen la basura, desocupan todas esas piscinas, botan al río, por ejemplo tipo cinco o seis de la tarde botan, cuando la gente está yendo a sus casas, cuando ya la gente deja de circular y descargan todo eso” (L.S., habitante de Tundayme, 7 de junio de 2022) (Wambra 2022).

### **Entrevista a habitante de El Panguí**

“Ahora no hay nada, verás, verás, yuca he sembrado, también así [ de un metro de alto] muriendo, todito plátano también cayendo, si ahisito contaminaron ¿Cómo van a hacer? ¿Cómo sembramos? Aquí todo muriendo, animal todito muere, así muriendo todo. Por eso yo no quiero nada, Chino también yo no quiero nada y, la compañía a mí ¿Qué me van a dar? Nada. Aquí la compañía y el chino ¿Qué van a dar? ¿Qué comemos nosotros? Yuca no tiene ¿Qué voy a comer? Solo comprando nomás y plata no tenemos ¿Cómo vamos a comprar comida? Cualquier cosa ¿Y cómo comemos? De hambre se muere, de hambre se muere, de hambre se muere ...” (R.A., habitante de El Panguí, 3 de diciembre de 2022) (INREDH 2022).