



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRATIVAS**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**

**El sector minero en el Ecuador: desde la perspectiva de la teoría de juegos  
no cooperativos y repetidos**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Economista**

**Autores:**

**Gaona Añazco Paquita Madeley**

**Vaca Sarango Neyson Nataniel**

**Tutor:**

**Econ. Patricio Juelas Carrillo**

**Riobamba, Ecuador 2023**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

**Paquita Madeley Gaona Añezco**, con cédula de ciudadanía **0705738789** y **Neyson Nataniel Vaca Sarango**, con cédula de ciudadanía **1550045098**, autores del trabajo de investigación titulado: **El sector minero en el Ecuador: desde la perspectiva de la teoría de juegos no cooperativos y repetidos**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor(a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 28 de abril de 2023.



---

**Paquita Madeley Gaona Añezco**

C.I: **0705738789**



---

**Neyson Nataniel Vaca Sarango**

C.I: **1550045098**

**DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR Y MIEMBRO DEL  
TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **El sector minero en el Ecuador: desde la perspectiva de la teoría de juegos no cooperativos y repetidos**, presentado por **Paquita Madeley Gaona Añazco**, con cédula de ciudadanía **0705738789** y **Neyson Nataniel Vaca Sarango**, con cédula de ciudadanía **1550045098**, bajo la tutoría de **Econ. Patricio Juelas Carrillo**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 08 de mayo de 2023.

**Docente tutor**

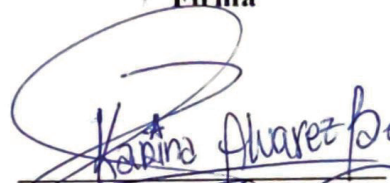
**Econ. Patricio Juelas Carrillo**



**Firma**

**Presidente del Tribunal de Grado**

**Econ. Karina Alvarez Basantes**



**Firma**

**Miembro del Tribunal de Grado**

**Econ. Mauricio Rivera Poma**



**Firma**

**Miembro del Tribunal de Grado**

**Econ. Wilman Carrillo Pulgar**



**Firma**



# CERTIFICACIÓN

Que, Paquita Madeley Gaona Añazco con CC: 0705738789 y Neyson Nataniel Vaca Sarango con CC: 1550045098, estudiantes de la Carrera **ECONOMÍA, NO VIGENTE**, Facultad de **CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRATIVAS**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **El sector minero en el Ecuador: desde la perspectiva de la teoría de juegos no cooperativos y repetidos**", cumple con el 4%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 13 de abril de 2023



Firmado electrónicamente por:  
PATRICIO DANIEL  
JUELAS CARRILLO

---

Econ. Patricio Juelas Carrillo  
**TUTOR(A) TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

El esfuerzo plasmado en el presente proyecto de investigación queremos dedicar:

A Dios, por la sabiduría y salud que nos ha permitido llevar todo el proceso académico de la mejor manera.

A nuestra familia, por el apoyo y confianza incondicional, siendo el pilar fundamental para finalizar nuestra carrera como Economistas.

A nosotros por el compromiso y dedicación como reflejo de todo el esfuerzo que nos han entregado las personas que nos rodean para alcanzar los objetivos de profesionalización.

**Paquita Gaona Añazco**

**Neyson Vaca Sarango**

## **AGRADECIMIENTO**

Por el acompañamiento en el presente proyecto de investigación queremos agradecer:

A la Universidad Nacional de Chimborazo por ser el alma mater que nos acogió para convertirnos en profesionales de excelencia.

A nuestra familia por el permanente esfuerzo y que a pesar de la distancia nunca nos dejaron solos en este arduo camino.

A nuestro tutor de tesis por el tiempo y conocimiento brindado de inicio a fin en la ejecución del presente proyecto de investigación.

**Paquita Gaona Añazco**

**Neyson Vaca Sarango**

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA .....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO .....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO .....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT .....	
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>13</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
ANTECEDENTES.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
JUSTIFICACIÓN.....	20
OBJETIVOS.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos específicos.....	21
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>22</b>
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1. Minería en el Ecuador.....	22
2.2. Diagnóstico de la minería en el Ecuador.....	27
2.3. Teoría de juegos.....	41
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>43</b>
METODOLOGÍA .....	43
3.1. Juegos no Cooperativos .....	43
3.2. Juego Finitos.....	43
3.3. Estrategia Mixta, <i>si</i> : .....	43
3.4. Equilibrio de Nash.....	44
3.5. Tit For Tat.....	45
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>47</b>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1. Resultados.....	47
4.2. Discusión .....	59
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>63</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1. Conclusiones.....	63
5.2. Recomendaciones .....	64
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>



## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Ejes, objetivos estratégicos y políticas públicas 2019 - 2030.....	39
<b>Tabla 2.</b> Equilibrio de Nash .....	45
<b>Tabla 3.</b> Matriz de pagos entre las empresas mineras y el departamento de supervisión del gobierno. ....	49
<b>Tabla 4.</b> El juego del dilema de la prisionera como juego de escenario. ....	52
<b>Tabla 5.</b> Juego Dilema del Prisionero como un juego de escenario, forma simplificada .....	53
<b>Tabla 6.</b> El juego del dilema del prisionero como primera etapa de un juego de dos etapas.	53

## RESUMEN

Las empresas mineras tienen la responsabilidad principal de no tener accidentes en la mina ya sean pérdidas humanas como ambientales. Por lo tanto, es de gran importancia investigar la estrategia de producción de las empresas mineras. En esta investigación, se utilizará la teoría de juegos para analizar el interés entre la producción segura de las empresas mineras y la supervisión de la administración gubernamental. También se examinará la causa de los accidentes de seguridad en las minas y la relación de mantener acuerdos para el cuidado ambiental. A través del análisis, se llega a la conclusión de que la innovación del sistema de supervisión es la clave para mejorar la situación de la producción minera en el Ecuador y no cooperar no es la mejor decisión si se desea llegar a un acuerdo, se debe establecer, incluidos los medios, asociaciones y otros mecanismos de monitoreo de terceros, y el gobierno y las empresas deben fortalecer la capacitación de los mineros en seguridad y cuidado ambiental.

**Palabras claves:** cuidado ambiental, teoría de juegos, supervisión del gobierno, empresa minera.

## ABSTRACT

Mining companies are primarily responsible for preventing mining accidents that harm both people and the environment. Therefore, it is essential to study the production strategies of mining companies. This study uses game theory to analyze the exciting relationship between the safe production of mining companies and government supervision. This study also examines the relationship between the causes of mine safety incidents and compliance with environmental covenants. The analysis concludes that renewal of the inspection system is the key to improving the state of mining production in Ecuador, that non-cooperation is not the best solution to reaching an agreement, should be implemented, including means, partnerships, and other third-party control mechanisms, and the government and companies should strengthen safety and environmental protection training for miners.

**Keywords:** environmental care, game theory, government supervision, a mining company.



Reviewed by:

Mgs. Kerly Cabezas

**ENGLISH PORFESSOR**

**C.C 0604042382**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La minería es la fuente primaria más importante de metales y minerales en el mundo (Walser, 2002). Millones de personas en los países en desarrollo dependen de la minería para su sustento. Sin embargo, esta actividad tiene un precio o costo con el paso del tiempo con respecto a la seguridad ambiental y de los trabajadores (Tost et al., 2018).

Estas actividades son bastante diversas, a veces ilegales o informales, a menudo prácticamente toleradas por las autoridades y pueden ser estacionales o durante todo el año, a largo plazo o seguir un ciclo de auge y caída. La minería tiene un impacto significativo en el clima, el entorno natural y las condiciones socioeconómicas de los residentes locales. Las actividades mineras y sus métodos de eliminación de subproductos tóxicos se consideran una de las principales razones del deterioro de la salud ambiental (Orimoloye et al., 2019).

La minería artesanal y en pequeña escala está asociada con muchos problemas de salud ocupacional y ambiental, especialmente cuando se practica de manera informal o con recursos materiales y técnicos limitados. Las actividades de extracción y procesamiento de la minería liberan sustancias tóxicas como mercurio (Hg), cromo (Cr), cadmio (Cd) y cobre (Cu) al medio ambiente (Luo et al., 2010). La salud y el bienestar de los mineros, sus familias y las comunidades cercanas a menudo se ven afectados negativamente.

La MAPE implica una interacción compleja de factores sociales, económicos, tecnológicos, ambientales y de salud que pueden variar considerablemente según el contexto local y nacional (Bozigar et al., 2016). Tal complejidad dificulta establecer definiciones uniformes. Es así que, la mayoría de las definiciones de minería artesanal y de pequeña escala comparten las siguientes características: un sector de trabajo informal, uso limitado de herramientas mecánicas, trabajo intensivo en mano de obra, bajo capital y productividad, explotación de yacimientos y acceso limitado a la tierra y los mercados.

La extracción de minerales de forma artesanal y en pequeña escala se lleva a cabo en más de 70 países por aproximadamente 10 a 15 millones de mineros, incluidos 4 a 5 millones de mujeres y niños. Aunque las actividades de la MAPE ocurren en todo el mundo, son más frecuentes en América del Sur, África y Asia (Protschky & Morgan, 2021).

En Ecuador, las actividades de extracción se originaron antes de la conquista (actividades realizadas por los Incas). La llegada de los españoles, a principios del siglo XVI,

trajo consigo una búsqueda frenética del metal y la apertura de numerosas minas, siendo las principales las de Zaruma y Santa Bárbara en la Sierra Sur y Nambija en la vertiente amazónica. La minería de oro y plata constituyó el eje de la economía de la Audiencia de Quito hasta mediados del siglo XVII, cuando, por falta de apoyo político, declinó a favor de la industria textil, la ganadería y la agricultura (Cárdenas, 1990).

Con el tiempo, la minería ha llegado a jugar un papel importante en el crecimiento económico y el desarrollo sostenible del país. La historia demuestra que ha habido constantes luchas sociales entre los movimientos indígenas y los representantes de las empresas transnacionales y autoridades gubernamentales por reclamar sus legítimos derechos, como la participación ciudadana libre e informada, la tenencia garantizada de la tierra y su autodefinición como pueblos y nacionalidades indígenas, que, según el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), garantiza los derechos humanos colectivos ante la presencia de proyectos mineros que se realicen dentro del área que habitan (Rivera-Parra et al., 2021).

El incremento de las actividades mineras en el Ecuador ha puesto a los recursos naturales bajo análisis tanto en espacios académicos como sociales (Adler Miserendino et al., 2013). Las actividades de exploración y explotación generalmente se realizan en contra de la voluntad de las comunidades vecinas, lo que ha generado problemas sociales como el desalojo de habitantes de sus propiedades y el descontento comunitario por la continua contaminación ambiental, entre otros (Veiga, 1997). La minería artesanal y a gran escala puede afectar negativamente al medio ambiente (riesgos para la salud, cambiar el uso de la tierra y las opciones de medios de vida) y causar graves impactos para los mineros y las comunidades aledañas, provocando conflictos sobre la propiedad y el uso de la tierra (Bridge, 2004). A pesar de todo esto, el minero se arriesga y trabaja pensando en el bienestar y las necesidades diarias de su familia (Veiga & Gunson, 2020).

La Amazonía ecuatoriana se ha caracterizado históricamente por su explotación petrolera, pero en las últimas décadas la actividad minera se ha incrementado principalmente en la zona norte en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo y en la zona sur en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Así, las actividades mineras de petróleo y oro son actualmente las principales fuentes de contaminación por residuos o subproductos metálicos (Lessmann et al., 2016). Los grandes yacimientos de oro metamórfico de la Amazonía se encuentran en el suroeste de Zamora Chinchipe, en la zona fronteriza con Perú (Zarroca et al., 2015). Las zonas mineras de Nambija y Chinapintza se

ubican en esta zona y son una de las más importantes para su producción en el Ecuador (Mora et al., 2019).

Actualmente, las actividades de la MAPE en los países en desarrollo están cobrando un mayor interés en las comunidades y áreas pobres (Long et al., 2015). Esto no es diferente en Ecuador, pero es importante resaltar que estas actividades, como todas las actividades antrópicas, generan un impacto, con la diferencia de que en la extracción de este preciado material se utilizan elementos altamente contaminantes como el mercurio (HG) y el cianuro (CN) que afectan la atmósfera, los cuerpos de agua y el suelo.

Además, se han desarrollado pocos estudios para comprender la historia y situación de la MAPE y su impacto socioeconómico y ambiental en el Ecuador, limitando la propuesta de alternativas de solución a los problemas de esta actividad económica.

Ante esto, el objetivo de este estudio fue analizar la situación del sector minero en el Ecuador los desafíos de la minería artesanal en pequeña y gran escala desde la perspectiva de la teoría de juegos no cooperativos y repetidos en el Ecuador desde diferentes perspectivas, incluyendo política (leyes), impacto socioeconómico (desplazamiento de la población, pérdida de medios de subsistencia, cambios en la dinámica de la población, costo de vida, escasez de agua y efectos sobre la salud), y medio ambiente (biótico y abiótico). La metodología utilizada se basó en una revisión bibliográfica y práctica como el “Equilibrio de Nash” y la estrategia “Tit For Tat” con el propósito de establecer las recomendaciones finales dirigido a fortalecer la gestión de la minería en el Ecuador.

## ANTECEDENTES

Saldarriaga-Isaza et al. (2015) da a conocer la aplicación de prácticas como la amalgamación de mercurio convierte a la minería aurífera a pequeña escala en una actividad económica con un alto impacto negativo en la salud y el medio ambiente. El emprendimiento asociativo – acción colectiva – ha sido propuesto como un esquema que llevaría tecnologías más limpias a los mineros, con el fin de reducir los efectos nocivos del uso de mercurio en la recuperación de oro. En este artículo se investigó mediante la utilización del Equilibrio de Nash hasta qué punto los mineros pueden establecer y sostener una asociación que tiene como objetivo cumplir con estos objetivos. Esto se hace mediante la realización de un experimento enmarcado con mineros de oro a pequeña escala en Colombia. Probamos el efecto de dos arreglos institucionales sobre el emprendimiento asociativo: la exclusión y la cogestión. Encontramos que los mineros hicieron contribuciones que no permitieron una adquisición sostenida de la tecnología. Sin embargo, descubrimos que, bajo la gestión conjunta, los jugadores podían lograr niveles duraderos y eficientes de contribución individual; pero, por el contrario, la exclusión no desencadenó este tipo de acción colectiva. Se discuten las implicaciones políticas de los resultados y las vías para futuras investigaciones experimentales.

Mientras que Kilosho Buraye et al.(2017) explica que el Código de Minería de la RDC de 2002 ha atraído a la Minería de Gran Escala (LSM) a través de condiciones fiscales favorables, pero es perjudicial para la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (ASM) de Kamituga. El Código especifica que la MAPE debe tener lugar en Zonas de Explotación Artesanal (AEZ), pero se crearon muy pocas AEZ para dar cabida a la gran cantidad de mineros artesanales. Esto ha desencadenado una situación explosiva, ya que muchos mineros operan en concesiones mineras otorgadas a empresas LSM. Mientras que las empresas de LSM justifican sus operaciones refiriéndose a la ley estatutaria, los mineros reclaman derechos tradicionales sobre la tierra. Estudiaron utilizando el Equilibrio de Nash cómo se desarrolla esta situación de pluralismo legal en Kamituga, un área minera de oro en el sur de Kivu. ¿En qué medida los mineros artesanales y la empresa LSM se apegan a sus marcos de referencia opuestos? ¿Hasta qué punto buscan compromisos? ¿Pueden estos compromisos dar paso a la reconstrucción de las instituciones?

También tenemos a Osei-Kojo & Andrews (2020) se basan en los conocimientos de la economía política, buscan responder a dos preguntas interrelacionadas: ¿Cómo

explicamos los comportamientos racionales y estratégicos de los mineros y los funcionarios electos en el sector de la minería a pequeña escala de Ghana? ¿Y cómo estos comportamientos perpetúan la minería 'ilegal' en Ghana? Al utilizar la teoría de juegos los principales argumentos son que los funcionarios electos actúan racionalmente al exhibir una estrategia dominante de no cooperación, por lo que no logran negociar opciones de políticas viables para reducir la minería 'ilegal'. Los mineros 'ilegales' actúan estratégicamente al negarse a registrarse porque hay pocos incentivos para hacerlo. Además, ejerciendo la inteligencia y la creatividad, los mineros se adaptan a la regulación gubernamental asociándose con ciudadanos extranjeros (por ejemplo, chinos) y amenazando con votar en contra de los funcionarios electos por incumplir su promesa de regularizar la práctica.

Y por último tenemos el artículo base estudiado por Ming-yin et al. (2009) en el que se realizó mediante la síntesis de la situación de investigación del mecanismo de incentivo a la minería verde en el país y en el extranjero, se analizan los obstáculos que dificultan la implementación de la minería verde desde el mercado, la organización y la tecnología en nuestro país. El resultado del modelo analítico, que analiza los obstáculos del mercado, indica que el margen de beneficio de la minería tradicional es mayor que el de la minería verde, lo que se traduce en la escasez de la minería verde. Finalmente, el mecanismo de incentivos a la minería verde se construye a partir de tres aspectos que incluyen incentivos de mercado, incentivos gubernamentales e incentivos técnicos. En especial, el incentivo gubernamental es analizado por la teoría de juegos.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, la minería data de mucho antes de que comenzara la extracción de petróleo, y durante muchos años ha sido una forma de vida y subsistencia para miles de familias (Herdoíza et al., 2017). De hecho, el desarrollo de esta actividad en el territorio nacional comprende tres etapas de la historia ecuatoriana Oviedo-Anchundia et al., (2017): época precolombina, colonial y republicana. Durante este tiempo, el oro en nuestro país ha sido extraído de forma legal e ilegal, así como en la minería artesanal y de pequeña escala, esta última gracias al fortalecimiento de sus procesos productivos, nuevas formas de organización empresarial y el esclarecimiento legal desde la década de 1990 (Sandoval, 2001).

Esta actividad en el país es considerada una actividad estratégica con una presencia cada vez más fuerte en el marco de la matriz productiva del Ecuador, no solo por la importante generación económica y de empleo que implica, sino también por el papel relevante que juega en la atracción de inversión extranjera directa (Latorre Tomás, 2013), aspectos que han ido cambiando a lo largo del tiempo gracias al perfeccionamiento de ciertas políticas y la gran riqueza geológica que posee el territorio nacional. Por otra parte, no fue sino hasta el año 2007 que la minería a gran escala fue considerada una actividad estratégica para el desarrollo económico y social del país (Toapanta, 2017); desde entonces se ha consolidado como un sector con una importante proyección para la dinamización de la economía ecuatoriana.

Como se señaló anteriormente, la minería se ha desarrollado durante varios años en el Ecuador (Medina Gutiérrez, 2017), por lo que ha sido necesario implementar políticas y leyes para regular la actividad y administrar eficientemente el territorio y los recursos obtenidos de la minería (Roy et al., 2018). Actualmente, dentro del marco normativo que rige la actividad minera en el país, la Ley de Minería de 2009 es un cuerpo legal sustentado en principios soberanos y ambientales que estableció una mayor participación del Estado en los beneficios de la industria minera incluso por encima de las empresas privadas (Ministerio de Economía y Finanzas del Ecuador., 2020).

En 2018, el país registró una producción de oro de 11,5 toneladas, ubicándose en el décimo lugar entre los países productores de este mineral a nivel sudamericano (Muñoz, 2014). En cuanto al mercado internacional, los principales países a los que se exportó mineral de oro durante enero-mayo de 2020 fueron Estados Unidos, Suiza, Italia, Emiratos

Árabes Unidos e India (González-Vicente, 2013). La minería en el territorio nacional constituye una prometedora fuente de ingresos económicos, con inversiones de hasta alrededor de USD 3.800 millones al 2021 (Garzón-Gutiérrez & Rodríguez-Miranda, 2015), recursos importantes para el fortalecimiento del sector social del país.

A pesar de los beneficios socioeconómicos del desarrollo de la minería en el país, los impactos ambientales generados por esta actividad se clasifican de manera desventajosa como una fuente de contaminación, que depende de los métodos de extracción, escala de operación, ubicación y características del medio receptor (Guerra & Zaldumbide, 2010). En cuanto a la salud, los impactos de la extracción se concentran en la exposición de los trabajadores a sustancias tóxicas, como el mercurio (Hg) y el cianuro (CN), especialmente en las prácticas manuales y rudimentarias de la minería artesanal e ilegal. De igual forma, la disposición inadecuada de los relaves mineros y la infiltración de sustancias tóxicas en el suelo y cuerpos de agua pueden resultar en problemas de salud para las personas, plantas y animales cercanos a los sitios mineros, así como aquellos ubicados aguas abajo de los sitios de extracción (Calderón Robles, 2020).

Finalmente, si bien es cierto que la minería cobra cada vez más relevancia en el modelo económico ecuatoriano, es necesario señalar las repercusiones ambientales de este proceso extractivo en el país desde sus inicios hasta la actualidad. Ante esto, el presente estudio propone la hipótesis de que las actividades de la MAPE y la emergente minería a gran escala están generando un aumento de los impactos ambientales, problemas de salud humana y conflictos socioeconómicos. Para responder a esta hipótesis, el objetivo es analizar la situación histórica y actual y los desafíos de la minería en el Ecuador desde una perspectiva diferente, incluyendo política (leyes), impacto socioeconómico (desplazamiento de población, pérdida de medios de vida, cambios en la dinámica de la población, el costo de la vida, la escasez de agua y los efectos sobre la salud) y ambientales (bióticos y abióticos).

Por esta razón en esta investigación se busca establecer el conflicto y los escenarios posibles a partir de la teoría económica y la teoría de juegos aplicando el “Equilibrio de Nash” y “Tit For Tat”, para establecer una opción de cómo actúa el gobierno y las empresas en la seguridad ambiental y económica de sus trabajadores. Así llegamos a la pregunta: ¿Cuál es la mejor decisión del gobierno y las empresas mineras sobre la seguridad ambiental y económica que provoca la minería artesanal en pequeña y gran escala?

## JUSTIFICACIÓN

La economía ecuatoriana se basa en productos básicos y es conocida como fuente de petróleo, banano y camarones. Esto ha dejado muchas veces al país andino a merced de las fluctuaciones de los precios internacionales, un problema agravado por los problemas fiscales. Una de las opciones que persigue Ecuador es el desarrollo de su industria minera. Aunque la exploración de los recursos minerales del país no está completa, el gobierno estima que la extracción de oro y cobre generará alrededor de USD \$ 4 mil millones en ingresos fiscales y alrededor de USD \$ 40 mil millones en exportaciones durante la próxima década (Scott B. MacDonald y Bruce Zagaris, 2022).

Sin embargo, existen desafíos con la minería, incluida la penetración de organizaciones criminales en el negocio. La extracción ilícita de minerales, problemas de seguridad para los trabajadores y contaminación ambiental es un problema importante que enfrentan los gobiernos en partes de América Latina y el Caribe.

Por lo tanto, mediante la teoría de juegos que es una herramienta para el análisis de la interacción entre agentes generalmente racionales se formula hipótesis sobre comportamiento y la predicción de los resultados de cada interacción. Desde este punto de vista, es muy adecuado para el análisis de problemas económicos y ambientales y para la definición de acuerdos ambientales de auto ejecución que se basen en la cooperación y la estabilidad.

Dentro de este marco, la investigación tiene como objetivo analizar la situación del sector minero en el Ecuador y los desafíos de la minería artesanal en pequeña y gran escala desde la perspectiva de la teoría de juegos no cooperativos y repetidos, presentar un estudio de la literatura actual en el área de la teoría de juegos tanto cooperativos como no cooperativos y repetidos, examinando algunos de los resultados teóricos más recientes para presentar cómo los "productos de la teoría de juegos" pueden utilizarse para afrontar problemas existentes con limitaciones reales.

La investigación comienza con algunas digresiones sobre acuerdos y problemas económicos ambientales y algunos ejemplos de ambos. La siguiente sección presenta algunos modelos clásicos dentro del marco de la Teoría de Juegos No Cooperativos con una aplicación del enfoque de la teoría del juego cooperativo a la formación de coaliciones contra la contaminación ambiental, pero también algunos comentarios sobre los inconvenientes de los acuerdos y una nueva solución (enlace de problemas).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Analizar el sector minero en el Ecuador desde la perspectiva de la teoría de juegos no cooperativos y repetidos.

### **Objetivos específicos**

- Estudiar la interacción entre el gobierno y el sector minero en el Ecuador.
- Exponer los supuestos, plan de acción, estrategias y pagos de los jugadores dentro de los juegos no cooperativos y repetidos.
- Proponer incentivos que fortalezcan las políticas del cuidado medio ambiental utilizando el “Equilibrio de Nash” y “Tit For Tat”.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Minería en el Ecuador

La minería conlleva una compleja interacción de factores sociales, económicos, tecnológicos, medioambientales y de salud que pueden variar de forma considerable en función del contexto local y nacional. Por lo tanto, se dificulta el establecimiento de definiciones uniformes. Sin embargo, la minería se define en el Convenio de Minamata sobre el Mercurio como “la actividad económica que consiste en la extracción o explotación de minerales y otros materiales existentes en el suelo para procesarlos y luego comercializarlos” (Cepeda Archila & Hernández, 2020).

La mayoría de definiciones comparten las siguientes características: un sector de trabajo informal, uso limitado de herramientas mecánicas, trabajo con mucha mano de obra, capital bajo y poca productividad, explotación de yacimientos y un acceso limitado a tierras y mercados (Hentschel, 2003). Estas características ilustran el ciclo de pobreza que puede existir en las comunidades de minería, particularmente donde las técnicas de minería y procesamiento ineficientes ofrecen una pequeña cantidad de productos y un beneficio bajo (Barry, 1996). Este ciclo se agrava debido a los riesgos para la salud y el medio ambiente asociados con este tipo de trabajo.

Es así como la minería es el proceso de extracción de materiales útiles de la tierra. Algunos ejemplos de sustancias que se extraen incluyen carbón, oro o mineral de hierro. El proceso de minería se remonta a tiempos prehistóricos donde estos pueblos primero extrajeron pedernal, que era ideal para herramientas y armas. Con el paso del tiempo la extracción de oro y cobre fue fundamental como una actividad económica y ornamental. Estas sustancias que se extraen de la tierra se llaman minerales y son valiosos en su forma pura, pero en la tierra están mezclados con otras rocas y minerales no deseados, haciendo que esta mezcla de rocas y minerales generalmente se lleven fuera de la mina para luego ser procesados y refinados, lo que se podría explicar cómo minería en el ámbito actual.

En el Ecuador, se han identificado una serie de momentos históricos en el desarrollo de la pequeña minería metálica en el Ecuador. El surgimiento de la pequeña minería se dio a finales de la década del 70 a raíz de la quiebra de la Compañía Industrial Minera Asociada – CIMA (empresa de capital mixto) que explotaba oro en el sur del Ecuador, en el sector

Portovelo – Zaruma , luego de la salida del país de la Compañía Sudamericana de Fomento – SADCO a mediados del siglo XX (Sandoval, 2001b). El alza de los precios del oro y la desarticulación de la administración minera del Estado, originaron el surgimiento de actividades mineras de pequeña escala, principalmente de carácter informal y precario, desarrolladas principalmente por extrabajadores de dicha empresa. La ocupación ilegal de las concesiones abandonadas por CIMA, fue una respuesta al desempleo ya la crisis que atravesaban los mineros, frecuentemente fomentada por especuladores de metales que financiaban equipos y consumibles.

A este proceso de explotación, que supuso un retroceso tecnológico con respecto a los procedimientos de empresa empleados por CIMA, le siguió el surgimiento de nuevas instalaciones que ofrecían servicios como plantas de molienda y beneficio, debido al deterioro de las antiguas instalaciones de CIMA y, por la generación de conflictos entre los mineros y el Estado que surgieron por la incapacidad del Estado para administrar adecuadamente las normas sobre concesiones mineras en el distrito minero, y que dieron lugar a su decadencia (Carrión-Mero et al., 2020).

A principios de la década de los 80 surgieron dos nuevos distritos mineros: Nambija en la región amazónica y Ponce Enríquez en el flanco sur occidental de los Andes. Ambos fueron impulsados por los aumentos en el precio internacional del oro y la crisis agrícola en las planicies costeras de Ecuador provocada por el fenómeno de El Niño. Su organización se centró en las cooperativas que agrupaban sociedades mineras informales con escasos conocimientos técnico-científicos aplicados a sus actividades productivas. Sin embargo, el papel que jugaron las cooperativas resultó muy importante en la transición hacia la legalización de las concesiones, lo que les ha permitido un mayor margen de maniobra en sus negociaciones con el Estado y las empresas mineras (Schutzmeier et al., 2017).

El trabajo de los placeres auríferos o depósitos secundarios es uno de los métodos más antiguos y elementales de extracción de oro en el Ecuador, donde se utiliza el alto peso específico del oro para la concentración por gravedad, separándolo de los sedimentos pesados. Las principales acciones realizadas son: clasificación de las gravas auríferas; concentración y separación de oro de los sedimentos pesados; recuperación de oro por un proceso de amalgamación con mercurio; y, destilación de la amalgama para separar el oro del mercurio (Van Teijlingen & Hogenboom, 2016).

En los procesos de clasificación y separación se han incorporado dragas pequeñas con cajas de esclusas metálicas con fusiles para trampas de oro; también, bombas de succión que extraen los sedimentos finos de los lechos de los ríos, que también proporcionan el agua

para concentrar los sedimentos pesados. La recuperación de oro se efectúa por amalgamación. Los mineros más rudimentarios, realizan este trabajo manualmente, mientras que los sectores más desarrollados de la pequeña minería utilizan láminas amalgamadas, tambores amalgamados, cribas vibratorias y otros equipos. La separación del oro del mercurio se hace por destilación con calor, generalmente al aire libre (Mestanza-Ramón et al., 2022).

La primera ley de minería de 1937 resultó del auge minero de la época, donde los yacimientos más importantes eran Nambija, Guayzimi, Chinapintza, Ponce Enríquez, Zaruma, Portovelo. En 2009, la terminación de la mina se incluyó en la Ley de Minería como una fase de las operaciones mineras para garantizar la prevención, control y mitigación de los posibles efectos negativos derivados de la actividad. La pequeña minería y la pequeña minería se definieron en 2009, mientras que los conceptos de mediana y gran minería se incorporaron en las reformas de 2013.

La Ley de Minería de 2009 otorga a los titulares de licencias mineras la autoridad de una autoridad de agua para usar agua en sus operaciones. En 1972 se creó la primera ley de aguas y en 2014 se publicó una nueva ley orgánica sobre recursos hídricos, uso y aprovechamiento, que introdujo el proceso de otorgamiento de usos y permisos, que garantiza los derechos y responsabilidades de los usuarios del agua.

En 2008, la constitución reconoció los derechos de la naturaleza, lo cual fue elogiado por otros países y Ecuador, pero diversos grupos sociales expresaron su desacuerdo con el artículo sobre áreas protegidas; Está prohibida la minería de recursos naturales no renovables en las áreas protegidas. En casos excepcionales, los referidos fondos podrán ser utilizados de acuerdo a solicitud justificada del Presidente de la República y previa declaración de la Asamblea Nacional de interés nacional de conformidad con lo dispuesto en el artículo 407 de la Constitución de la República del Ecuador; lo que demuestra que este artículo contradice lo que dice la constitución sobre los derechos naturales.

El gobierno considera a la minería como uno de los sectores estratégicos más importantes y es uno de los puntos más importantes del desarrollo económico del país, ya que se espera que los grandes proyectos mineros tengan un impacto significativo. En términos del PIB, es significativo que la dependencia financiera no sería de un solo producto. Actualmente, los productos que contribuyen al PIB del Ecuador son: camarón, aceite, banano, café, cacao; el valor agregado bruto (VAB) del sector petrolero ha disminuido en los últimos años, mientras que el valor agregado total del sector no petrolero ha aumentado. La participación de la minería en el producto nacional bruto fue del 0,1 al 0,5 por ciento

entre 1980 y 2018, y con grandes proyectos se espera que aumente esta participación al 4 por ciento en 2021 (Sandoval, 2001).

Los propietarios de minas en pequeña escala pagan una regalía, el 3 por ciento de las ventas de minerales primarios y secundarios. El titular de una concesión minera debe pagar un derecho de licencia equivalente a un determinado porcentaje de la venta del mineral y los minerales subyacentes. secundarias al menos el 5 por ciento de las ventas y para el oro, cobre y plata un máximo del 8 por ciento además del impuesto sobre la renta correspondiente; de la ganancia perteneciente al estado según esta ley (Rahvuskogu, 2018).

La Ley de Fomento Minero de 1974 tenía una participación de hasta el 16 por ciento y las Leyes de 1985 y 1991 de 3 pagos de licencias. El Ecuador se caracteriza principalmente por el uso de materiales de construcción y materiales no metálicos, y en los recursos metálicos su explotación se concentra en el oro. Actualmente, el uso de los recursos metálicos se divide en grandes proyectos: oro, cobre, plata, zinc, plomo y molibdeno. La minería artesanal que utiliza materiales no metálicos y de construcción está en problemas costos de operación, asesoría técnica, permisos y procesos legales, y temas de mercadeo que limitan su desempeño financiero.

Debido a la escasez de datos en el sector minero, existen limitaciones para medir los impactos económicos relacionados con el pago de impuestos, pago de regalías, inversión de regalías (inversión local en proyectos de inversión social y gobierno central), empleo, cadenas de suministro inclusivas, gobernanza. recursos y transparencia. Garantizar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en la industria minera es fundamental porque la Organización Internacional del Trabajo lo considera un trabajo peligroso. Actualmente no existe una cultura de reporte de accidentes en el país y la información sobre accidentes en el sector minero es limitada (Estupiñán, 2021).

El uso de la superficie está orientado al uso de recursos no metálicos y materiales de construcción, los temas de seguridad ocupacional más importantes se enfocan en los riesgos físicos y ergonómicos derivados de las lesiones, la radiación solar y el estrés físico que aparecen durante la explotación, además del uso limitado de equipo de protección personal. El uso subterráneo está orientado, para el uso de recursos metálicos Los principales temas de seguridad laboral son: riesgos físicos, principalmente por caída de piedras, químicos por gases tóxicos y ergonomía.

Los métodos del proceso de recuperación de minerales han evolucionado para reducir el impacto ambiental y mejorar las condiciones de salud ocupacional, estos procesos comenzaron con una fundición altamente tóxica, pero aún Algunos países de América Latina



aún utilizan este proceso, incluida la minería a pequeña escala: Colombia, Perú, Bolivia y Ecuador; Luego se introdujeron los procesos de cianuración y formación de espuma para optimizar la recuperación de minerales y reducir el impacto ambiental. El sector minero metálico fue el que más se opuso a la sociedad por posibles afectaciones ambientales, principalmente por voladuras (presencia de gases tóxicos), almacenamiento de relaves, filtraciones y manejo de aguas servidas a fuentes superficiales y subterráneas (turbiedad). y presencia de metales). Los proyectos a gran escala han causado grandes desacuerdos entre los operadores locales debido a los temores de posibles impactos ambientales en el futuro.

En relación al sector de la minería no metálica, es más aceptado en la sociedad los posibles efectos ambientales y las reclamaciones están dirigidas a: polvo, vibración, ruido La mayoría de las desviaciones se informan camino a la costa en la ciudad de Guayaquil, donde la urbanización está en conflicto con carreras que lo cual se debe a la limitada planificación del orden regional. Desarrollo de conflictos sociales En el sector minero de Ecuador, la atención se centró primero en eliminar el trabajo infantil y luego en legalizar la minería. artesano, sindicato minero transición a la pequeña minería, control delincuencia y actualmente se enfoca en erradicar la minería ilegal (Bárcena, 2018).

La aceptabilidad de los proyectos mineros en la sociedad depende de varios factores: conservación de la naturaleza áreas protegidas, protección y uso del agua suelo, antropología del comportamiento, inversión local a través de la tasa minera, empleo de trabajadores locales, responsabilidad corporativa y cadenas de suministro completas. Los proyectos de minería a gran escala provocan más conflictos sociales que la minería a pequeña y pequeña escala. Expresar desacuerdos entre los actores. como las comunidades locales, los pueblos indígenas, grupos conservacionistas y grupos de mineros artesanales, en su mayoría estaban motivados temor a impactos en las fuentes de agua, pérdida de estas tierras y pérdida de áreas protegidas.

Hoy hay una mina grande y una mina pequeña para el desarrollo de la resolución de conflictos a través de la convivencia de la minería artesanal para empresas dentro del alcance de las licencias de funcionamiento, de acuerdo con las restricciones e instrucciones establecidas por el titular de la licencia de funcionamiento por mutuo acuerdo. Promover la coexistencia de minas de diferente escala para distribuir los recursos equitativamente y desarrollo socioeconómico local y nacional.

Así como explica Carrión (2017) el Ecuador tuvo un largo auge petrolero, se espera un crecimiento importante en el sector minero debido a grandes proyectos mineros que permitieron una inversión significativa en la exploración de recursos naturales recursos

minerales en un país que hace diez años era una gran debilidad porque probablemente Reservas, actualmente estamos en la última etapa investigación avanzada en gran minería que permita dar continuidad a la explotación Ha estado esperando durante siete años. Sin duda, el país se ha visto obstaculizado por la falta de inversión, falta de conocimiento geológico y de prospección de recursos minerales. visto en países cercanos como Chile, Perú, Bolivia, Colombia, que ejemplifica el potencial minero geológico de América Latina y demuestra que la minería es un sector clave del desarrollo económico, como sucedió en Chile y Perú, donde alta producción y diversidad de uso sin concentrar solo la producción de metales oro como lo era en Ecuador.

## **2.2. Diagnóstico de la minería en el Ecuador**

El gobierno ecuatoriano está trabajando para establecer el sector minero como un segundo sector de exportación, centrándose en asegurar la inversión y una vez más en la lucha contra la minería ilegal. Así, el gobierno presentó oficialmente la nueva política minera de Ecuador para 2019-2030, y se discuten nuevas reformas a la ley minera para incentivar la inversión nacional y extranjera. Además, el Ministerio del Interior está desarrollando un control aún mayor sobre el sector minero para combatir la minería ilegal, que representa un grave riesgo para la seguridad de los mineros y los pueblos cercanos debido a los enfrentamientos armados y el lavado de dinero.

Aprovechar de manera responsable los recursos para el actual gobierno y de acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (2021) es parte esencial del Plan de Prosperidad, puesto que contribuirá a un impacto positivo en la inversión productiva en el Ecuador, enfocada al empleo y las exportaciones, siendo esta última la que aportará a mejorar la balanza comercial y de pagos, las reservas internacionales y la liquidez.

Por su parte el Ministerio de Energía y de Recursos Naturales no Renovables (2021) explica que la actividad minera en su entorno formal representa un importante aporte en la economía nacional con alrededor de USD 800 a 1.000 millones en exportaciones y con expectativas consolidadas de USD 3.660 millones, consigo de manera conjunta el Estado recibió cerca de USD 800 millones por impuesto en el 2022.

La minería con respecto a la extracción de los recursos geológicos (cobre, oro, plata, hierro, titanio y molibdeno), tiende a consolidarse fuertemente aún más como una fuente de prosperidad económica para sectores rurales y pobres de las provincias como: Pichincha, Bolívar, Zamora Chinchipe, Sucumbíos, Esmeraldas, El Oro, Napo e Imbabura, siempre y

cuando sea responsable ambiental, económica y socialmente, convirtiéndose en un verdadero motor que impulse un crecimiento en el corto, mediano y largo plazo.

La minería también tiene otra cara, tal como Barba (2021) analiza, dado que el incremento del sector minero en la región amazónica ha conllevado a un considerable aumento de la contaminación, ya que esta actividad humana vincula afectaciones a la selva con la deforestación y a las fuentes hídricas por el uso de químicos y el dragado. Vilela, Espinosa y Bravo (2020) en su estudio recalcan que la actividad minera en El Oro, en los cantones de Zaruma y Portovelo se ha detectado varias zonas urbanas céntricas en riesgo por el hundimiento a causa de la actividad minera, llevándose consigo escuelas, casas, calles, carros, etc., debido a la intensa y a la irresponsable insistencia en explotar por medio de túneles los yacimientos de oro que se encuentran debajo de las ciudades.

De igual manera el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2021) ha identificado afectaciones ambientales a causa de la minería, mismas que han puesto en riesgo el entorno natural e incluso urbano de varios sectores de la provincia de Imbabura, donde ha existido socavones, erosión del suelo, pérdida de la cobertura vegetal, biodiversidad y espacios paisajísticos, contaminación del suelo y del agua por combustibles y químicos, situación que se está replicando en otras provincias como Napo, Pastaza y Zamora Chinchipe.

Diagnosticar el estado actual de la minería en el Ecuador en diferentes contextos: legal, ambiental, social y económico es imprescindible para un mejor análisis de este sector económico. En la minería de metales, se espera que el producto interno bruto (PIB) crezca un 4 % en 2022. Los tres minerales no metálicos más utilizados son la piedra caliza, la arcilla y la piedra pómez. Y los materiales de construcción más utilizados se distribuyen en todo el país. Los conflictos sociales son un problema fundamental en la industria minera, donde existen diferentes visiones sobre el desarrollo económico, el emprendimiento, la gestión del ciclo de vida, el bienestar de la comunidad, las condiciones de trabajo y la responsabilidad ambiental, entre otros.

- **Contexto ambiental**

En 2008, la Constitución reconoció los derechos de la naturaleza, lo que fue un hecho histórico importante en todo el mundo. Sin embargo, fue visto como utópico en algunos sectores y fuertemente criticado por algunas comunidades, grupos políticos y ambientalistas, sugiriendo que no lo era. para garantizar esos derechos porque llaman la atención sobre el hecho de que se han hecho algunas concesiones en áreas protegidas. El mayor problema

derivado de la explotación de los recursos metálicos es la contaminación de los recursos naturales como el suelo, los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, y los problemas relacionados con la presencia de plantas de desecho y residuos. Asimismo, el uso de recursos no metálicos provoca efectos como el polvo, el ruido, las vibraciones y la contaminación del paisaje (Estupiñán, 2021).

Minimizar el impacto de las actividades pequeñas y grandes como mecanismo de seguimiento de la minería, se exigía la preparación de un plan de impacto ambiental que tenga en cuenta las medidas de mitigación en todas las etapas de la minería, como exploración, extracción y desmantelamiento. Anteriormente, existían cuatro tipos de clasificaciones de impacto ambiental: (1) impactos insignificantes, que solo requieren el registro ambiental de las actividades mineras, (2) impactos menores, que se reflejan en el expediente ambiental, (3) impactos medios, donde el impacto ambiental. declaración afecta ambiental era obligatorio y (4) impactos mayores, donde una evaluación de impacto ambiental era un requisito previo para la emisión de permisos.

Este sistema de solicitud poco práctico ha sido reemplazado por dos mecanismos simples conocidos como registro ambiental para actividades de impacto ambiental medio y obtención de un permiso ambiental para actividades de impacto ambiental alto. El organismo que regula los permisos ambientales es el Ministerio del Medio Ambiente (KKM) como máxima autoridad estatal. Las autoridades encargadas de licenciar materiales no metálicos o de construcción son los municipios acreditados por el MAE o las oficinas comarcales del MAE.

García (2019) señala que la reforma a la Ley de Minería tiene por objeto acortar el tiempo necesario para obtener los permisos, de modo que las empresas o entidades interesadas en un permiso minero presenten su estudio de impacto ambiental en un formato que no sea sensible a cambios sustantivos. Esto agilizaría el proceso de obtención de permisos de operación, que actualmente es uno de los mayores problemas por estar relacionado con los frecuentes cambios en las estructuras organizacionales, autoridades y personal del Ministerio de Minas, ARCOM y el Ministerio de Geología. y el Instituto de Investigaciones Energéticas.

- **Contexto social**

El sector minero del Ecuador plantea un debate sobre ideologías, debido a que existe poca información sobre los diferentes tipos de minería, métodos de investigación, uso,

beneficios, limitaciones y experiencias negativas asociadas a las contra actividades técnicas asociadas a esta actividad.

Además, la mala planificación inherente al ordenamiento territorial afectó el uso de diferentes tipos de suelo. Por lo tanto, es extremadamente importante que la industria genere credibilidad y confianza al acercarse a la comunidad. Por ejemplo, en Ecuador se implementan cuatro medidas para desarrollar el bienestar y la economía de la comunidad. Esto significa obligaciones financieras legales que equivalen a invertir en el país mediante el pago de regalías, impuestos y utilidades (Estupiñán, 2021).

Contratación de personal local y nacional. Desarrollo de proyectos comerciales orientados al sector agroalimentario. Implementación de actividades locales que incluyen educación, celebraciones, inversión educativa y caminos. Ecuador registra actualmente minas de gran escala desarrolladas por cinco empresas mineras, dos de las cuales participaron en el informe del Índice de Minería Responsable. Este informe abarcó seis áreas temáticas: (1) desarrollo económico, (2) emprendimiento, (3) gestión del ciclo de vida, (4) bienestar de la comunidad, (5) condiciones de trabajo y (6) responsabilidad ambiental.

Ministerio de Economía y Finanzas (2020) analiza que, en términos de desarrollo económico, resultó que hay poca información sobre la empleabilidad de los residentes locales en torno al uso de las minas. Por ejemplo, la minería industrial creó directamente unos 5.200 puestos de trabajo, la pequeña minería 4.614 puestos de trabajo y la pequeña minería 3.332 puestos de trabajo. A pesar de que el artículo 75 de la Ley de Minería exige que 80.000 empresarios sean ciudadanos ecuatorianos, este porcentaje no ha sido reportado en cifras oficiales. A pesar de los cambios en la ley En la industria minera, la cuestión de la transparencia de las empresas y la libre disponibilidad de la información procesada por estas empresas se encuentra en una etapa temprana. Por ejemplo, la subdeclaración de ganancias puede ser un medio de evasión fiscal, al igual que la subdeclaración del contenido mineral (ley) y la producción.

Otro problema en la industria minera, sobre el cual existe poca información, es la salud y seguridad ocupacional, debido a la falta de transparencia en el reporte de accidentes de trabajo y la tasa de mortalidad de los trabajadores de la industria (García, 2016). A pesar de los esfuerzos por mejorar la legislación minera, existen pocos mecanismos para facilitar la gestión del ciclo de vida de un proyecto minero. Se observó que la falta de información incluye no solo aspectos técnicos, sino también garantías financieras y legales si la minería termina prematuramente. En principio, esto debería reflejarse en planes de impacto ambiental para reducir los riesgos potenciales de las empresas. Además, la inclusión de estas

consideraciones minimizaría el impacto (desempleo) en las comunidades que realizan actividades económicas secundarias en el entorno de las empresas mineras. La responsabilidad social, que incide directamente en el bienestar de la comunidad, está hasta ahora regulada por la sociedad anónima ECUADOR ESTRATÉGICO EP de desarrollo estratégico.

Se recaudaron alrededor de \$120 millones para 2017, con un 8% destinado a trabajos en áreas afectadas por la minería. Las obras más importantes ejecutadas son: Matadero urbano, que fortalece la sanidad de la industria al realizar adecuadamente las actividades de sacrificio. Aproximadamente 415 de los habitantes rurales del país se beneficiaron del diseño y construcción de un sistema de agua potable que promovió una de las metas del Plan Nacional de Desarrollo de Ecuador 2017-2021 “Toda una Vida” promoviendo una mejora en la calidad de vida de la población, especialmente de los más desfavorecidos.

A pesar de que los datos de contratación, empleo en empresas, salario, seguridad social y promoción de empleados no están disponibles. Se informa que Ecuador ha trabajado en temas de capacitación (invirtiendo casi 4 millones de dólares) con organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas (PNUD) para promover una cultura de uso responsable de los químicos utilizados en los procesos mineros. Uno de los ejes principales es introducir métodos que reduzcan el uso tanto de compuestos orgánicos persistentes como de mercurio.

El objetivo último de este proyecto impulsado junto con el PNUD es conocer y difundir los resultados del proyecto. Además, Ecuador ha realizado alianzas estratégicas con otros países de América, Europa y Asia en las áreas de responsabilidad social (Canadá), conocimiento técnico-científico (Japón), gestión de recursos hídricos (Chile), regulación y tributación (Alemania). capacitación (EEUU y Corea del Sur), cooperación (México) e intercambio de experiencias (Perú y Colombia) (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020).

Lo cual facilita el desarrollo sustentable de las actividades mineras, respetando los aspectos técnicos, sociales, legales y ambientales para atender la realidad de la minería en el país. Es importante informar que importantes empresas mineras en el Ecuador están trabajando en proyectos comerciales dirigidos a mujeres, pueblos indígenas y/o poblaciones locales, y están orientados principalmente a la agricultura y la alimentación.

Sin embargo, hay mucho trabajo, sobre todo en la sección de jancheon, que es una profesión mayoritariamente ejercida por el sector femenino. Las jancheras son mujeres que se encargan de recolectar rocas mineralizadas (que contienen minerales de interés económico) de los vertederos que vierten las empresas mineras. Este grupo laboral juega un

papel importante en algunas industrias mineras en cuanto a sus medios de vida domésticos, y también se ha experimentado la asociación en la mejora de sus condiciones de trabajo y desarrollo económico, que es un mecanismo para la inclusión de las mujeres en la industria minera. (Yáñez Paz, 2018).

Desafortunadamente, jancheo también utilizó mano de obra infantil, que es uno de los mayores problemas de la industria minera (IPEC SUDAMÉRICA, 2002). Los datos del informe básico sobre el uso de mano de obra infantil en la minería artesanal de oro en Ecuador mostraron que el 75 por ciento de los niños trabajadores tenían más de 10 años, el 65 por ciento eran niños y el 35 por ciento eran niñas. En la región de Chinapintza, esta realidad era aún más alarmante, pues los niños entre 5 y 9 años integraban la fuerza laboral. Las actividades en las que trabajaban los niños eran: (i) jancheo, (ii) cunetas, que corresponden al reciclaje del material residual en desuso de las empresas, depositado en zanjas y recogido por tapado, (iii) la mina, donde los niños trabajaban como ayudantes en perforaciones, transportadores y cargadores, y (iv) en plantas de proceso donde el trabajo infantil consistía en acarreo de piedras a molinos, chanchos, procesos de consolidación, transporte y lavado de tanques.

- **Contexto económico**

Banco Central del Ecuador (2019) menciona que en los últimos 12 años, la participación de la minería en el PIB de Ecuador aumentó del 0,17 % (2007) al 0,32 % (2017). Debido a este porcentaje, la minería no es actualmente un sector estratégico en el país. Pero a finales de 2020 El sector espera incrementar su participación con proyectos mineros estratégicos de segunda generación y los resultados de proyectos mineros en cartera de la minera nacional del Ecuador.

En 2018, el total de ingresos por la conservación de patentes, utilidades y regalías mineras a que se refieren los artículos 34, 67 y 93 de la Ley de Minería (Presidente de la República, 2009) fue de 54 millones de USD. regalías al 61%, seguidas por la retención de patentes (33%). A pesar de que la mediana minería cuenta con un solo proyecto a cielo abierto denominado Cerro Verde, ubicado en la ciudad de Loja (municipio de Célica), la pequeña y mediana minería ha representado el 80 por ciento de la actividad de la industria en los últimos 10 años. producción ARCOM y el Servicio de Rentas Internas (SRI) informaron que este tipo de minería generó aproximadamente \$13 millones en regalías y \$12 millones en patentes.

Asimismo, los grandes proyectos mineros han aportado al país más de \$25 millones, a pesar de que sus proyectos aún no se encuentran en etapa de producción. Actualmente, el sector minero ganó aproximadamente \$42 millones en el primer trimestre de 2019. El Ministerio de Economía y Finanzas anunció en junio de 2019 que se invertirán \$3.800 millones hasta 2021, de los cuales el 42% serán cinco inversiones estratégicas continuas. proyectos (Mirador, Fruta del Norte, Loma Larga, Río Blanco y San Carlos Panantza). Se espera que los proyectos de subastas y subastas generen \$1,250 millones, seguidos de proyectos de segunda generación que generarían \$754 millones, aunque aún están en desarrollo (Estupiñán, 2021) .

Se proyecta que los proyectos de minería a pequeña escala generen más de \$ 160 millones. El gobierno de Ecuador también está apostando a las ventas al exterior que generarían \$ 3,66 mil millones, una de las principales exportaciones no petroleras del país. De esta forma, el sector minero pasaría de 0,32 litros de PIB a 4% en 2021. Esta tasa de ganancia es el objetivo es fortalecer las inversiones sociales en los sectores prioritarios y vulnerables del país.

### **Problemáticas**

Con respecto al diagnósticos y análisis del Ministerio de Energía y Recursos no Renovables (2020) en el Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero, permitió conocer varias problemáticas del sector minero, entre las que destacan:

- a) El personal calificado es insuficiente en el giro de la actividad minera, por lo que en la explotación persisten formas antitécnicas o empíricas.
- b) La existencia de un nivel bajo de asociatividad, por falta de conocimiento de sus reales beneficios y de sus procedimientos, por la ausencia de financiamiento.
- c) Una representatividad fragmentada, en relación con el literal anterior, por el individualismo con que se realiza la actividad y de las redes de poder existentes, lo que produce conflicto de intereses.
- d) Poca o inexistente integración territorial, puesto que no hay una adecuada planificación urbana en relación con el uso del suelo, generando pérdida del sentido de comunidad y de los asentamientos desordenados.
- e) Un bajo nivel de inclusión laboral de género en las actividades mineras, que se limita a las funciones administrativas y apoyo.



- f) Flujo migratorio principalmente masculino hacia los sectores mineros, generando la oferta de bares y prostíbulos, que ahondan en la problemática social asociada al aumento de índices delincuenciales, alcoholismo, violencia intrafamiliar o trata de personas.
- g) Pobreza y necesidades básicas insatisfechas.

Por su parte, Dolores (2019) en el Estudio de Caso de la Gobernanza del Sector Minero en el Ecuador señala que otras problemáticas, esencialmente ambientales son:

- a) Pérdida de cobertura vegetal y separación de capas orgánicas del suelo.
- b) Modificación del relieve, erosión y desestabilización de pendientes.
- c) En caso de minas subterráneas, se presentan casos de socavamiento en la superficie debido a túneles construidos sin diseño y soporte técnico.
- d) Alteraciones del cauce fluvial.
- e) Descarga de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento.
- f) Contaminación del agua con sustancias químicas, combustibles, sedimentos y materia orgánica.
- g) Acidificación del agua por el contacto con metales pesados que afectan la salud de las especies animales y de las personas que interactúan con este líquido.
- h) Disminución de la riqueza de flora y fauna locales por la pérdida de hábitats.
- i) Emisión de material particulado, gases tóxicos y de efecto invernadero.
- j) Ruido generado por explosivos, equipos y maquinaria pesada.

### **Regulaciones**

En base a la normativa las regulaciones son competencia estatal, tal como lo señala la Constitución de la República del Ecuador (2008):

**Artículo 1:** “... *Los recursos naturales no renovables del territorio del Estado pertenecen a su patrimonio inalienable, irrenunciables e imprescriptible...*”

**Artículo 261:** “... *El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre: Los recursos energéticos; minerales, hidrocarburos, hídricos, biodiversidad y recursos forestales ...*”

**Artículo 313:** “... *El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de*

*sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social ...”.*

**Artículo 407:** “... *Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular. Se prohíbe todo tipo de minería metálica en cualquiera de sus fases en áreas protegidas, centros urbanos y zonas intangibles ...”*

**Artículo 408:** “... *Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución ...”*

De igual forma, la Ley de Minas (2009) determina de manera más específica las regulaciones, control y combate a la actividad minera que no se ejecuta conforme a la ley:

**Artículo 260:** “(...) *La persona que sin autorización de la autoridad competente, extraiga, explote, explore, aproveche, transforme, transporte, comercialice o almacene recursos mineros, será sancionada con pena privativa de libertad de cinco a siete años. En caso de minería artesanal será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años. Si producto de este ilícito se ocasionan daños al ambiente, será sancionada con pena privativa de libertad de siete a diez años (...)*”.

**Artículo 261:** “(...) *La persona que, en beneficio propio o de terceros, financie o suministre a cualquier título, maquinaria, equipos, herramientas y en general cualquier instrumento que se utilice para realizar las actividades ilícitas descritas*

*en el artículo anterior, será sancionado con pena privativa de libertad de tres a cinco años (...)*”.

**Artículo 56:** *“(...) Incurrirán en explotación ilegal de sustancias minerales quienes realicen las operaciones, trabajos y labores de minería en cualquiera de sus fases sin título alguno para ello o sin el permiso legal correspondiente (...)*”.

**Artículo 57:** *“(...) La actividad minera ilegal ejercida por personas naturales o jurídicas, o grupos de personas, nacionales o extranjeras, sin contar con los títulos, autorizaciones, permisos o licencias, será sancionada conforme las prescripciones de este artículo, sin perjuicio de las aplicables en los ámbitos ambiental, tributario o penal, a las que hubiere lugar. Los bienes, maquinaria, equipos, insumos y vehículos que sean utilizados en actividades ilegales o no autorizadas de explotación, beneficio o procesamiento, fundición, refinación y comercialización clandestina de sustancias minerales, serán objeto de: decomiso especial, incautación, inmovilización, destrucción, demolición, inutilización o neutralización, según el caso, que ejecute la Agencia de Regulación y Control Minero contando con la colaboración de la Policía Nacional y subsidiariamente de las Fuerzas Armadas. Quienes se reputen autores de dichas actividades o propietarios de tales bienes, serán sancionados por la mencionada Agencia, con multa de doscientas a quinientas remuneraciones básicas unificadas dependiendo de la gravedad de la infracción, sin perjuicio del pago de un valor equivalente al total de los minerales extraídos ilegalmente, así como de la obligación de restauración de los ecosistemas e indemnización a las personas y comunidades afectadas (...)*”

La Ley de Minas se complementa con el Reglamento General a la Ley de Minería (2009) que especifica cada accionar o procedimiento ante una falta a la legalidad de la actividad minera:

**Artículo 97:** *“... Las multas se impondrán de conformidad con la gravedad del daño causado por el infractor y serán establecidas por la autoridad que imponga la sanción, que de acuerdo a la infracción corresponderán a: f) La explotación ilegal o el comercio clandestino de sustancias minerales, será sancionada con el decomiso del mineral, maquinaria, equipos y los productos resultantes de la misma, así como el cobro de una multa equivalente al total de los minerales extraídos ilegalmente,*

*que serán valorados previamente por un perito cuyos honorarios le corresponderá pagar al infractor ...”.*

**Artículo 99:** *“Explotación ilegal, decomiso y remate.- La Agencia de Regulación y Control Minero de oficio o mediante denuncia, iniciará los procedimientos del caso si al momento de la inspección, determinare la existencia de explotación ilegal, y, procederá a la inmediata suspensión de las actividades, al decomiso de la maquinaria con la que se estuviere cometiendo la infracción y de los minerales explotados, los mismos que quedarán bajo custodia de un depositario designado por la autoridad o de la Policía Nacional, conforme se establezca en el acta respectiva. De comprobarse la responsabilidad en el cometimiento de la infracción, se sancionará de acuerdo a lo establecido en el artículo 57 de la Ley de Minería. Una vez concluidos los procesos administrativos y/o judiciales, en los que se determine el cometimiento de la infracción, los bienes utilizados en el ilícito así como el material mineralizado obtenido pasarán a ser propiedad de la Agencia de Regulación y Control Minero. A su vez, la Agencia de Regulación y Control Minero entregará a la Empresa Nacional Minera EP las sustancias minerales y productos resultantes que se hubiesen obtenido ilegalmente para que realice las operaciones de beneficio, aprovechamiento y comercialización, cuyo producto ingresará en su totalidad a la Cuenta Única del Tesoro Nacional. Los recursos que se requieran para ejecutar las acciones que realiza por minería ilegal la Agencia de Regulación y Control Minero, así como las operaciones de la Empresa Nacional Minera EP, para el beneficio, aprovechamiento y comercialización del material, mineralizado, se determinarán en coordinación con el Ministerio de Economía y Finanzas para las asignaciones presupuestarias correspondientes, las mismas que no podrán ser superiores a los ingresos que se generen por este concepto. Para la implementación de este proceso, dicho Ministerio emitirá el instructivo o instrumento correspondiente. La maquinaria, equipos y demás bienes empleados en actividades ilegales o no autorizadas, serán rematados, de conformidad con la normativa que para el efecto expida la Agencia de Regulación y Control Minero y su valor ingresará a la Cuenta Única del Tesoro Nacional.*

Con el Decreto Ejecutivo N° 754 (2011) se formaliza la creación de la Comisión Especial para Control de la Minería Ilegal, siendo así:

**Artículo 1:** “(...) Créase la Comisión Especial para el Control de la Minería Ilegal, con carácter temporal, como instancia del Gobierno Central encargada de asesorar, coordinar la ejecución de actividades, diseñar y activar los mecanismos necesarios para combatir la minería ilegal, en todo el territorio nacional (...)”.

**Artículo 2:** “(...) La Comisión Especial para el Control de la Minería Ilegal; estará integrada por el titular o delegado, de las siguientes instituciones: 1. Ministerio del Interior, que ejercerá la presidencia. 2. Ministerio de Defensa Nacional. 3. Ministerio de Minería. 4. Ministerio del Ambiente. 5. Ministerio de Justicia, Derechos Humanos y Cultos. 6. Agencia de Regulación y Control Minero, que ejercerá la Secretaría. 7. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. 8. Secretaría de Inteligencia. 9. Servicio Nacional de Aduanas del Ecuador (...)”.

Con lo antes mencionado el Código Orgánico Integral Penal (2014) apoya de manera legal al control y sanción sobre diferentes acciones que no están contempladas en la ley:

**Artículo 260:** “... La persona que sin autorización de la autoridad competente, extraiga, explote, explore, aproveche, transforme, transporte, comercialice o almacene recursos mineros, será sancionada con pena privativa de libertad de cinco a siete años. En caso de minería artesanal será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años. Si producto de este ilícito se ocasionan daños al ambiente, será sancionada con pena privativa de libertad de siete a diez años ...”

**Artículo 261:** “... La persona que, en beneficio propio o de terceros, financie o suministre a cualquier título, maquinaria, equipos, herramientas y en general cualquier instrumento que se utilice para realizar las actividades ilícitas descritas en el artículo anterior, será sancionada con pena privativa de libertad de tres a cinco años ...”

Mediante Resolución del Consejo de la Judicatura N° 116, publicada en el Registro Oficial Edición Especial N° 699 del 04 de enero del 2019; se crea la Guía Para El Abordaje Técnico Científico En Ciencias Forenses Investigación Especializada De Delitos Mineros, estableciendo los procedimientos que deben adoptar los diversos operadores de justicia y de control, considerando el objeto material vinculado al delito de actividades ilícitas de recursos mineros (Ministerio De Energía Y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

## Ejes, objetivos estratégicos y políticas públicas

**Tabla 1.**

*Ejes, objetivos estratégicos y políticas públicas 2019 - 2030*

Ejes	Objetivos estratégicos	Políticas públicas
<b>Desarrollo económico</b>	1. Posicionar al sector minero como industria relevante de la economía nacional, promoviendo mayores niveles de inversión con un desarrollo competitivo y sustentable	1.1. Incrementar y diversificar la producción del sector minero incentivando la inversión privada nacional y extranjera de largo plazo, generadora de empleo, para contribuir a la sostenibilidad macroeconómica y el desarrollo el país
<b>Sostenibilidad ambiental y social</b>	2. Promover la adopción de buenas prácticas ambientales y de seguridad ocupacional en la industrial minera que garantice un aprovechamiento integral y responsable de los recursos minerales	2.1. Fomentar el aprovechamiento de los recursos naturales minerales con responsabilidad ambiental, precautelando el cuidado del patrimonio natural y la vida humana, con buenas prácticas ambientales y de seguridad ocupacional
	3. Armonizar las relaciones entre los diversos actores mineros, propiciando el desarrollo de las áreas de influencia, mediante mecanismos de la participación y diálogo	3.1. Fortalecer el vínculo comunitario y la responsabilidad social de quienes realizan actividades mineras, así como los niveles de gobernanza por medio del diálogo, como forma de convivencia democrática que ermita la cohesión social.
<b>Investigación y desarrollo</b>	4. Fortalecer la investigación geológica, minera y metalúrgica, promoviendo desarrollo tecnológico, servicios especializados, transferencia de conocimiento, incentivos a la innovación para todos los regímenes y generación de talento humano calificado y certificado	4.1. Promover la investigación, innovación, transferencia tecnológica y el emprendimiento para el desarrollo del sector minero, apoyados en líneas de cooperación internacional y una efectiva vinculación entre el sector público, productivo y educativo, que potencialice la formación, capacitación y entrenamiento del talento humano calificado y certificado

<b>Gestión y administración</b>	5. Articular las funciones y competencia de las instituciones públicas en el sector minero mediante la cooperación intra e interinstitucional, en términos de transparencia, eficiencia, y eficacia	5.1. Promover una administración pública articulada, oportuna y eficiente, mejorando las capacidades operativas y técnicas, teniendo como referente la transparencias y accesos a la información pública
<b>Regulación, control y combate a la minería ilegal</b>	6. Fortalecer la estructura de administración, regulación y control del Estado, mediante la aplicación de procesos de auditorías, fiscalización y seguimiento de las actividades mineras	6.1. Mejorar la capacidad de administración, regulación y control del Estado a las actividades mineras, incluyendo la prevención, combate y sanción de la minería ilegal
<b>Normativa</b>	7. Promover un marco normativo sólido para el desarrollo de la industria minera, mediante la revisión análisis y propuestas de una normativa minera que conduzca a la seguridad jurídica del sector	7.1. Promover el mejoramiento del marco normativo para viabilizar el desarrollo de la industria minera, acorde con las nuevas exigencias del sector y que permita la generación de seguridad jurídica.

**Nota.** Realizado por autores con información obtenida del Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero (2020).

### 2.3. Teoría de juegos

Teoría de Juegos tiene como objetivo ayudarnos a comprender situaciones en las que interactúan los tomadores de decisiones. Un juego en el sentido cotidiano: “una actividad competitiva. . . en el que los jugadores compiten entre sí de acuerdo con un conjunto de reglas”, en palabras de mi diccionario, es un ejemplo de tal situación, pero el alcance de la teoría de juegos es mucho más amplio. De hecho, dedico muy poco espacio a los juegos en el sentido cotidiano; mi enfoque principal es el uso de la teoría de juegos para iluminar los fenómenos económicos, políticos y biológicos (Osborne, 2004).

Una lista de algunas de las aplicaciones que analizo le dará una idea de la variedad de situaciones a las que se puede aplicar la teoría de juegos: empresas que compiten por negocios, candidatos políticos que compiten por votos, miembros del jurado que deciden un veredicto, animales que luchan por una presa, licitadores compitiendo en una subasta, la evolución del comportamiento de los hermanos entre sí, los incentivos de los expertos en competencia para proporcionar diagnósticos correctos, el comportamiento electoral de los legisladores bajo la presión de los grupos de interés y el papel de las amenazas y castigos en las relaciones a largo plazo (Osborne, 2004).

Como otras ciencias, la teoría de juegos consiste en una colección de modelos. Un modelo es una abstracción que usamos para entender nuestras observaciones y experiencias. Lo que implica la "comprensión" no está claro. En parte, al menos, implica nuestra percepción de las relaciones entre situaciones, principios de aislamiento que se aplican a una variedad de problemas, de modo que podamos encajar en nuestro pensamiento las nuevas situaciones que encontramos (Osborne, 2004).

Por ejemplo, podemos adaptar nuestra observación de la trayectoria seguida por una pelota de tenis lanzada en un modelo que asume que la pelota se mueve hacia adelante a una velocidad constante y es atraída hacia el suelo por la fuerza constante de la "gravedad". Este modelo mejora nuestra comprensión porque encaja bien sin importar qué tan fuerte o en qué dirección se golpee la pelota, y se aplica también a las trayectorias tomadas por pelotas de béisbol, pelotas de cricket y una amplia variedad de otros proyectiles, lanzados en cualquier dirección (Osborne, 2004).

De acuerdo a lo revisado se puede entender que, dentro de la economía, la teoría de juegos ocupó un nicho bastante aislado en los años sesenta y setenta. Fue perseguido por personas que eran conocidas específicamente como teóricos de juegos y que no hacían casi nada más que teoría de juegos, mientras que otros economistas tenían poca idea de qué era



la teoría de juegos. La teoría de juegos es ahora una herramienta estándar en economía. Los economistas de todo el espectro de campos e intereses hacen contribuciones a la teoría de juegos, y los economistas combinan regularmente el trabajo en teoría de juegos con el trabajo en otras áreas. Los estudiantes aprenden las técnicas básicas de la teoría de juegos en el núcleo de teoría de posgrado de primer año. El entusiasmo por la teoría de juegos en economía ha dado paso a una fácil familiaridad.

La teoría de juegos se ha transformado a medida que se ha filtrado en la economía. Inicialmente, la teoría de juegos estuvo dominada por una visión clásica, cuyo componente clave era que el juego debería verse como una descripción literal de la situación de interés, en lugar de solo una aproximación. Quizás la declaración más clara es: de que el juego bajo consideración describe completamente la situación real, que cualquier posibilidad de (pre)compromiso, cualquier aspecto repetitivo, cualquier probabilidad de error, o cualquier posibilidad de observar conjuntamente algún evento aleatorio, ya han sido modelados en el árbol del juego. ... En principio, en situaciones donde esas restricciones no se cumplen, el árbol del juego se usa simplemente como una notación abreviada para las reglas de un 'juego extendido' mucho más grande..., y es la estabilidad de los equilibrios del juego extendido lo que tiene para ser analizados.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Juegos no Cooperativos

La teoría de juegos da lugar a un sin número de juegos, pero para este caso es esencial diferenciar principalmente los cooperativos donde los jugadores pueden llegar a negociar algún contrato vinculante, de los no cooperativos los cuales son todo lo contrario, donde no pueden llegar a negociar algún contrato vinculante, es decir, que cada jugador va a elegir su estrategia más óptima de manera independiente (García & Velasco, 2017).

#### 3.2. Juego Finitos

Este tipo de juegos son explicados en dependencia del número de posibles estrategias existentes, por lo que cuando se señala que son finitos cuando las estrategias son pocas o ya definidas para cada jugador, lo que de manera matemática se analizaría donde, un juego de  $n$  personas será un conjunto de  $n$  jugadores, o posiciones, cada uno con un conjunto finito asociado de estrategias puras; y correspondiente a cada jugador,  $i$ , una función de pago,  $p_i$ , que transforma el conjunto de todas las  $n$ -tuplas de estrategias puras en los números reales. Cuando usamos el término  $n$ -tupla, siempre nos referiremos a un conjunto de  $n$  elementos, con cada elemento asociado con un jugador diferente.

#### 3.3. Estrategia Mixta, $s_i$ :

Una estrategia mixta del jugador  $i$  será una colección de números no negativos que tienen suma unitaria y están en correspondencia uno a uno con sus estrategias puras. Escribimos  $s_i = \sum \alpha C_{i\alpha} \pi_{i\alpha}$  con  $C_{i\alpha} \geq 0$  y  $\sum \alpha C_{i\alpha} = 1$  para representar tal estrategia mixta, donde las sumatoria son las estrategias puras del jugador  $i$ . Consideramos los  $s_i$  como puntos en un simplex cuyos vértices son los  $\pi_{i\alpha}$ 's. Este simplex puede considerarse como un subconjunto convexo de un espacio vectorial real, dándonos un proceso natural de combinación lineal para las estrategias mixtas. Mejor entendidas como, aquellas donde se utiliza la asignación de probabilidades que son estrictamente positivas a cada una de las estrategias puras de las cuales el jugador deberá seleccionar al azar.

### **Función de pago, $p_i$**

La función de pago,  $p_i$ , utilizada en la definición de un juego finito anterior, tiene una extensión única a las  $n - \text{tuplas}$  de estrategias mixtas que es lineal en la estrategia mixta de cada jugador [ $n - \text{lineal}$ ]. Esta extensión la denotaremos también por  $p_i$ , escribiendo  $p_i(s_1, s_2, \dots, s_n)$ . Siendo la función donde se determinará los pagos que cada uno de los jugadores obtendrá al final del juego, tomando en cuenta cada una de las estrategias que ha elegido previamente.

### **3.4. Equilibrio de Nash**

El equilibrio de Nash se genera cuando un jugador toma su mejor decisión para maximizar su ganancia a partir de las decisiones de los demás. Motivamos la necesidad de una estructura de teoría de la medida sobre el conjunto  $T$  de nombres de jugadores considerando un modelo en el que no se imponen restricciones a la cardinalidad de  $T$ . Para cada jugador  $t$  en  $T$ , sea el conjunto de acciones dado por  $A_t$ , y la función de pago por  $u_t: A \rightarrow \mathbb{R}$ , donde  $A$  denota el producto  $\prod_{t \in T} A_t$ . Sea  $\prod_{t \in T, t \neq i} A_t$  el producto parcial  $A_{-i}$ . Podemos presentar el siguiente resultado.

**TEOREMA 1.** Sea  $\{A_t\}_{t \in T}$  una familia de conjuntos convexos compactos no vacíos de un espacio vectorial topológico de Hausdorff,  $\{u_t\}_{t \in T}$  una familia de funciones continuas de valores reales en  $A$  tales que para cada  $t \in T$ , y para cualquier  $a_{-t} \in A_{-t}$ ,  $u_t(a_{-t})$  es una función casi cóncava en  $A_t$ . Entonces existe  $a^* \in A$ , tal que para todo  $t$  en  $T$ ,  $u_t(a^*) \geq u_t(a, a_{-t}^*)$ , a't) para todo  $a$  en  $A_t$ .

Nash (1950, 1951) consideró juegos con conjuntos de acciones finitos, y su enfoque en el equilibrio de estrategias mixtas lo llevó a medidas de probabilidad en estos conjuntos de acciones y a la maximización de las utilidades esperadas con respecto a estas medidas. El teorema 1 es simplemente una observación de que, si la hipótesis de finitud se reemplaza por convexidad y compacidad, y la linealidad de las funciones de pago por cuasi-concavidad, su argumento básico sigue siendo válido (Aumann, 1965). Una vez que se establece la clausura de la "asignación de uno a muchos del espacio producto [arbitrario] a sí mismo", podemos invocar todo el poder del célebre teorema de Tychonoff sobre la compacidad del producto de un conjunto arbitrario de espacios compactos, y confíe en una extensión adecuada del

teorema del punto fijo de Kakutani (Aumann, 1966). El resultado de la semicontinuidad superior en (Fan, 1952) y el teorema del punto fijo en (Fan, 1952) y (Glicksberg, 1952) proporcionan estos suplementos técnicos.

Sin embargo, con el Teorema 1 en la mano, podemos volver al escenario de Nash y explotar la estructura teórica de la medida disponible en cada conjunto de acciones. Para cada jugador  $t$ , considere el espacio medible  $(A_t, B(A_t))$ , donde  $B(A_t)$  es el  $\sigma$ -álgebra de Borel generada por la topología en  $A_t$ . Sea  $M(A_t)$  el conjunto de medidas de probabilidad de Borel sobre  $A_t$  dotadas de la topología débil. Sin entrar en detalles técnicos de cómo fabricar nuevos espacios de probabilidad  $(A, B(A), \prod_{s \in T} \mu_s)$  de  $(A_{-t}, B(A_{-t}), \prod_{s \neq t} \mu_s)$ , y las sutilezas del teorema de Fubini sobre el intercambio de integrales, (Guesnerie, 1998) puede deducir (Gul & Postlewaite, 1992) el siguiente resultado del Teorema 1 trabajando con los conjuntos de acción  $M(A_t)$  y con una forma funcional explícita de las funciones de pago  $u_t$ .

**Tabla 2.**

*Equilibrio de Nash*

		<b>Jugador 2</b>			
		$S_2^1$	$S_2^2$	...	$S_2^n$
<b>Jugador 1</b>	$S_1^1$	$u_1(S_1^1, S_1^2), u_2(S_1^1, S_1^2)$	$u_1(S_1^1, S_2^2), u_2(S_1^1, S_2^2)$	...	$u_1(S_1^1, S_2^n), u_2(S_1^1, S_2^n)$
	$S_1^2$	$u_1(S_1^2, S_1^1), u_2(S_1^2, S_1^2)$	$u_1(S_1^2, S_2^2), u_2(S_1^2, S_2^2)$	...	$u_1(S_1^2, S_2^n), u_2(S_1^2, S_2^n)$
	...	...	...	...	...
	$S_1^m$	$u_1(S_1^m, S_1^1), u_2(S_1^m, S_1^2)$	$u_1(S_1^m, S_2^2), u_2(S_1^m, S_2^2)$	...	$u_1(S_1^m, S_2^n), u_2(S_1^m, S_2^n)$

*Nota.* Realizado por Glicksberg (1952).

### 3.5. Tit For Tat

El Dilema del Prisionero repetido generalmente se conoce como una historia de ojo por ojo (TFT). Esta notable estrategia ha ganado los dos torneos de Robert Axelrod. TFT hace lo que haya hecho el oponente en la ronda anterior. Cooperará si el oponente ha cooperado y desertará si el oponente ha desertado. Pero TFT tiene dos debilidades:

- (i) no puede corregir errores (movimientos erróneos) y
- (ii) una población de jugadores de TFT se ve socavada por la deriva aleatoria cuando aparecen estrategias mutantes que juegan a cooperar siempre (ALLC).

Otra estrategia igualmente simple llamada "ganar-permanecer, perder-cambiar" (WSLS) no tiene ninguna de estas dos desventajas. WSLS repite el movimiento anterior si el pago resultante ha alcanzado su nivel de aspiración y cambia de lo contrario. Aquí, utilizamos un enfoque novedoso de dinámica de juego evolutivo estocástico en poblaciones finitas para estudiar la dinámica de selección de mutación en presencia de movimientos erróneos (Imhof et al., 2007).

**Caso 1.**  $\sigma_r'$  es la estrategia donde  $r$  elige  $d$  para todo  $t \geq T - 1$ . Así,  $r$  recibe un pago de  $\beta_r + \epsilon$  de  $T - 1$ , pero los gobiernos los castigan eligiendo  $d$  en los períodos siguientes (Gibaja et al., 2017). Por lo tanto, la cooperación nunca regresa y el pago de la etapa de los residentes es  $\beta$ . Entonces, el pago acumulado desde  $t - 1$  en adelante es:

$$\begin{aligned} u_r(\sigma_r'', \sigma_g^{TFT}) &= (\beta_r + \epsilon)\delta_r^{T-1} + \beta_r(\delta_r^T + \delta_r^{T+1} + \delta_r^{T+2} + \dots) \\ &= (\beta_r + \epsilon)\delta_r^{T-1} + \frac{\beta_r \delta_r^T}{1 - \delta_r} \end{aligned}$$

Por otro lado, cuando  $r$  sigue la estrategia de ojo por ojo, el pago de  $T - 1$  en adelante es:

$$\begin{aligned} u_r(\sigma_r'', \sigma_g^{TFT}) &= (\beta_r + \epsilon - \gamma)(\delta_r^{T-1} + \delta_r^T + \delta_r^{T+1} + \delta_r^{T+2} + \dots) \\ &= \frac{(\beta + \epsilon - \gamma)\delta_r^{T-1}}{1 - \delta_r} \end{aligned}$$

Por lo tanto,  $\sigma_r^{TFT}$  es la mejor respuesta:

$$u_r(\sigma_r^{TFT}, \sigma_g^{TFT}) \geq u_r(\sigma_r', \sigma_g^{TFT})$$

Es decir

$$\frac{(\beta + \epsilon - \gamma)\delta_r^{T-1}}{1 - \delta_r} \geq (\beta_r + \epsilon)\delta_r^{T-1} + \frac{\beta_r \delta_r^T}{1 - \delta_r}$$

$$\beta + \epsilon - \gamma \geq (1 - \delta_r)(\beta_r + \epsilon) + \beta_r \delta_r$$

$$-\gamma \geq -\epsilon \delta_r.$$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### **Equilibrio de Nash: El análisis del juego de la supervisión de la seguridad en la producción**

El juego entre el departamento de supervisión del gobierno y las empresas mineras puede determinar la frecuencia de los accidentes. Si el departamento de supervisión del gobierno tiene la supervisión por segunda vez, las empresas mineras mejorarán las condiciones de producción bajo la presión del gobierno para lograr los estándares de seguridad; Si las empresas mineras se auto inspeccionan y producen de manera segura en estricta conformidad con las regulaciones estatales, pueden reducir la frecuencia de los accidentes en las minas. El siguiente análisis del juego tiene como objetivo utilizar el equilibrio mixto de Nash para analizar el juego entre el departamento de supervisión del gobierno y la empresa minera, mientras que la empresa minera ya ha sido informada para cerrar.

##### **Hipótesis del modelo**

**$H_1$** : El departamento de supervisión del gobierno debería reducir el costo de la supervisión por segunda vez y aumentar la multa por producción ilegal. En cuanto a la parte de la empresa de minería, deben reducir la pérdida de los mineros y el medio ambiente, utilizando medidas efectivas para reducir el costo de producción e implementar una producción segura.

**$H_2$** : El departamento de supervisión del gobierno debería aumentar el costo de la supervisión por segunda vez y disminuir la multa por producción ilegal. En cuanto a la parte de la empresa de minería, deben reducir la pérdida de los mineros y aumentar la pérdida del medio ambiente, utilizando medidas efectivas para aumentar el costo de producción e implementar una producción segura.

## Los supuestos básicos del modelo

El departamento de supervisión del gobierno y la empresa minera son plenamente conscientes del resultado de sus elecciones y también conocen el espacio político del otro. Ambos seleccionan simultáneamente. Así, se ha formado un completo juego estático de información.

1. suponiendo que el departamento de supervisión del gobierno y la empresa minera sean racionales; su orientación conductual es maximizar su propia utilidad.
2. asumiendo que el departamento de supervisión del gobierno y la empresa minera no "conspiran" en que su juego no es cooperativo (no cooperativo).
3. la empresa minera tiene dos estrategias: producir, no producir; El departamento de supervisión del gobierno también tiene dos estrategias: tomar la supervisión por segunda vez, no tomar la supervisión por segunda vez.
4. si la empresa minera elige la producción, el costo de producción es  $C$ , el beneficio económico es  $I$ . Debido a que la empresa minera toma la producción insegura, causaría daños a la seguridad de los mineros y al medio ambiente, suponiendo que la pérdida es  $W$ . Si la empresa no elige producir, el ingreso comercial es 0 y la pérdida es  $S$ . Pero los mineros tienen una cierta cantidad de ingresos, establezca las ganancias como  $V$ . Para la minera, la probabilidad de elegir la producción es  $P_1$ , y la probabilidad de elegir la no producción es  $1 - P_1$  ( $C, I, S, W, V > 0, 0 < k \leq 1, 0 \leq P_1 \leq 1$ ).
5. si el departamento de supervisión del gobierno elige realizar la supervisión por segunda vez, el costo de la supervisión es  $B$ . Cuando los supervisores descubren que la minería obtiene producción ilegal y mal procesamiento de la producción, las empresas serán sancionadas con una multa que es  $k$  veces de intereses económicos. Si el departamento de supervisión del gobierno no elige realizar la supervisión por segunda vez, el costo de la supervisión es 0.

Entonces,  $I - C - W > V - S > I - kI - C - W$ , para la minera, si el departamento de supervisión del gobierno no realiza la supervisión por segunda vez, sus intereses económicos son  $I - C - W$  y mientras elijo producir. Aunque los mineros y el medio ambiente perderán  $W$ , los intereses económicos excluyendo estas pérdidas serán mayores que los beneficios no productivos; si el departamento de supervisión del gobierno decide realizar la supervisión por segunda vez, la empresa minera será castigada. Por lo tanto, obtener los intereses económicos de la empresa minera será menor que los beneficios recibidos por la no producción. Para el departamento de supervisión del gobierno, la

probabilidad de elegir tomar la supervisión por segunda vez es  $P_2$ , y  $1 - P_2$  es la probabilidad cuando no elige tomar la supervisión por segunda vez ( $B > 0, 0 \leq P_2 \leq 1$ ).

Con base en los supuestos anteriores, podemos obtener la matriz de pagos, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 3.**

*Matriz de pagos entre las empresas mineras y el departamento de supervisión del gobierno.*

		Compañía Minera	
		Producción(P1)	No producción (1-P1)
Sección de supervisión	Tomar la supervisión por segunda vez (P2)	$KI-B, I-kI-C-W$	$-B, V-S$
	No toma la supervisión por segunda vez (1-P2)	$0, I-C-W$	$0, V-S$

*Nota.* Realizado por autores.

### El modelo de resolución de juegos

Desde la perspectiva del modelo, pertenece al equilibrio de Nash de estrategia mixta. La estrategia mixta se refiere a que los participantes elijan una estrategia con cierta probabilidad (YING, 1991). La estrategia mixta del departamento de supervisión del gobierno es  $\sigma_g = (P_2, 1 - P_2)$ , y la estrategia mixta de la empresa minera es  $\sigma_m = (P_1, 1 - P_1)$ . Podemos obtener el departamento de supervisión de la función de utilidad esperada de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 U_g(\sigma_g, \sigma_m) &= P_2[P_1(kI - B) - B(1 - P_1)] + (1 - P_2)[P_1 * 0 + (1 - P_1) * 0] \\
 &= P_1P_2KI - BP_2.
 \end{aligned}$$

Con base en la definición del equilibrio de Nash, en el caso de que el departamento de supervisión de la estrategia mixta sea  $\sigma_g = (P_2, 1 - P_1)$ , determinaremos el  $P_2$  para maximizar la función de utilidad  $U_g(\sigma_g, \sigma_m)$ .



Por (1), entonces:

$$\frac{\delta U_g(\sigma_g, \sigma_m)}{\delta P_2} = 0$$

$$P_1 kI - B = 0$$

$$P_1^* = \frac{B}{kI}$$

Bajo el equilibrio de estrategia mixta, la probabilidad de elegir la producción es  $P_1^* = \frac{B}{kI}$  para la empresa minera, la probabilidad de elegir la no producción es  $1 - P_1^* = \frac{B}{kI}$ .

De manera similar, podemos obtener la función de utilidad esperada de las empresas mineras:

$$\begin{aligned} U_h(\sigma_g, \sigma_m) &= P_2[P_1(I - kI - C - W) + (1 - P_2)(I - C - W)] \\ &\quad + (1 - P_1)[(V - S)P_2 + (1 - P_2)(V - S)] \\ &= P_1I - kP_1P_2I - P_1C + V - S - WP_1 - VP_1 + SP_1 \end{aligned}$$

Con base en la definición del equilibrio de Nash, en el caso de que la empresa minera de la estrategia mixta sea  $\sigma_m = (P_1, 1 - P_1)$ , determinaremos la  $P_1$  para maximizar la función de utilidad  $U_h(\sigma_g, \sigma_m)$ . Por (3), entonces:

$$\frac{\delta U_h(\sigma_g, \sigma_m)}{\delta P_1} = 0$$

$$I - P_2Ik - C + S - W - V = 0$$

$$P_2^* = \frac{W + C + V - I - S}{kI}$$

Bajo el equilibrio de estrategia mixta, la probabilidad de elegir tomar la supervisión por segunda vez es  $P_2^* = \frac{W+C+V-I-S}{kI}$  para el departamento de supervisión del gobierno, y

$1 - P_2^* = \frac{W+C+V-I-S}{kI}$  es la probabilidad de que no elija tomar la supervisión por segunda vez para el departamento de supervisión del gobierno.

### **Tit for Tat: El análisis del juego de la maximización en la coalición**

Las actividades de extracción de recursos naturales a través de la minería es una de las formas más racionales que muchas personas pueden adoptar para maximizar los esfuerzos para lograr el desarrollo y el crecimiento económico. Los países que poseen recursos naturales como Ecuador siempre intentan aprovechar al máximo estos diversos recursos como un esfuerzo por hacer prosperar a sus comunidades. Por lo tanto, las actividades mineras se convierten en una de las actividades que se encuentran con mayor frecuencia en países con abundantes recursos naturales como en el Ecuador. A través de las actividades mineras, se espera que tenga un efecto de goteo en otros sectores que finalmente prosperarán a la comunidad en su conjunto.

### **Hipótesis**

En cuanto al segundo punto, observamos que, bajo las restricciones:

1.  $\pi_c(0) < \pi_{nc}(0)$
2.  $\pi_c(n) < \pi_{nc}(0)$  para  $n \in [0, N]$

Nosotros tenemos:

**H<sub>1</sub>**: Cuanto más desee cada agente cooperar en una situación de singleton (o cuanto mayor sea  $\pi_c(0)$ ), menor será la coalición;

**H<sub>2</sub>**: cuanto mayor sea  $\pi'_c$ , o el beneficio marginal de cada agente de la cooperación, menor será la coalición;

**H<sub>3</sub>**: incluso si  $\pi_c(0)$  y  $\pi'_c$  son lo suficientemente pequeños como para que solo sea posible una gran coalición (es decir, una coalición que involucre al conjunto completo de N agentes) solo el problema del free-rider se resolvería por sí solo mientras que el problema de la estabilidad seguiría vigente ya que, por definición, tendríamos:  $\pi_{nc}(0) = \pi_c$  para que ningún agente tuviera un incentivo real en la cooperación.

## Análisis

En esta parte vamos a examinar partidas que se repiten, entre los mismos jugadores, más de una vez. La hipótesis de fondo es que tenemos un juego de un solo tiro, el llamado juego de escenario, que se repite, idéntico a sí mismo, un determinado número de veces.

Básicamente tenemos dos casos:

1. el número de repeticiones  $N$  es alto pero finito;
2. el número de repeticiones es potencialmente infinito o, lo que es lo mismo, los jugadores no saben cuándo terminará el juego por lo que, después de cualquier jugada, el juego puede continuar con probabilidad  $p$  y puede terminar con probabilidad  $1 - p$ .

El análisis de esta clase de juegos comienza con un juego muy simple del Dilema del Prisionero. Nuevamente tenemos al Gobierno “A” y la empresa minera “B” que interactúan estratégicamente para la implementación de un proyecto común  $P$  con:

1. un costo total  $C$ ;
2. un beneficio  $B$  para cada jugador.

Como ya hemos visto, tenemos las siguientes relaciones:

$$C > B > \frac{C}{2} \quad (1)$$

El juego de un solo tiro, para ser utilizado como un juego de escenario, se describe en la Tabla 3.

**Tabla 4.**

*El juego del dilema de la prisionera como juego de escenario.*

		<b>B</b>	
		c	nc
<b>A</b>	c	$B-C/2, B-C/2$	$B-C, B$
	nc	$B, B-C$	$0, 0$

**Nota.** Realizado por autores.

Nosotros tenemos el siguiente pedido:

$$B > R > P > S \quad (2)$$

En general tenemos  $P > 0$  pero lo suficientemente pequeño como para conservar dicho ordenamiento. El juego de la Tabla 3 tiene un solo (Equilibrio de Nash) NE  $((nc, nc))$  que difiere del óptimo social que podría alcanzarse a través de la cooperación  $((c, c))$ . Para simplificar, podemos reescribir la Tabla 3 como Tabla 4. Si definimos las siguientes cantidades:

1.  $R = B - \frac{c}{2}$ ,
2.  $S = B - C$ ,
3.  $P = 0$ ,

**Tabla 5.**

*Juego Dilema del Prisionero como un juego de escenario, forma simplificada*

		<b>B</b>	
		c	nc
<b>A</b>	c	$R,R$	$S,B$
	nc	$B,S$	$P,P$

**Nota.** Realizado por autores.

Ahora consideremos la posibilidad de que los dos interactúen dos veces a través del mismo juego, jugándolo dos veces. El juego de la Tabla 4 es un juego de escenario de dicho nuevo juego repetido dos veces. El orden del juego es el siguiente:

1. los dos agentes juegan el juego una vez;
2. se observa el resultado;
3. el juego se vuelve a jugar;
4. los pagos se distribuyen a los jugadores.

Bajo la hipótesis de un factor de descuento igual a 1, utilizando inducción hacia atrás, ambos jugadores saben que el resultado de la segunda repetición del juego es  $((nc, nc))$  con pagos  $P, P$  de modo que los pagos de la primera etapa juego son los de la Tabla 5.

**Tabla 6.**

*El juego del dilema del prisionero como primera etapa de un juego de dos etapas.*

		<b>B</b>	
		c	nc
<b>A</b>	c	$R+P,R+P$	$S+P,B+P$
	nc	$B+P,S+P$	$P+P,P+P$

**Nota.** Realizado por autores.

Es fácil ver que, dado que simplemente agregamos una cantidad positiva a cada pago del juego de etapa, el resultado del nuevo juego permanece sin cambios y se mantiene en  $((nc, nc))$ . Si los dos agentes juegan el juego dos veces, obtienen el mismo resultado que obtienen si lo juegan una vez: un resultado no cooperativo. Es fácil ver que el mismo resultado se mantiene también si el juego se repite  $T$  veces, la única diferencia es que en este caso tenemos que sumar a cada pago del juego de etapa la cantidad: (3)

$$\sum_{i=1}^T P$$

Las cosas pueden cambiar si imaginamos que los dos jugadores no saben cuántas veces van a interactuar a través de un juego de este tipo para que puedan imaginar que  $T$  es potencialmente igual a  $+\infty$ .

En este caso queremos verificar si existe alguna posibilidad de que, en este tipo particular de juego repetido, podamos obtener una cooperación entre los dos agentes.

Suponemos que los dos agentes A y B adoptan una estrategia de “ojo por ojo” o “tit for tat” y nuestro objetivo es verificar bajo qué condiciones dicha estrategia es factible (es decir, da mejores resultados que la estrategia tradicional no cooperativa).

La estrategia de “ojo por ojo” se estructura de la siguiente manera:

1. cada agente adopta una estrategia cooperativa  $c$  en  $t = 0$ ;
2. en un  $t > 0$  genérico, si el agente  $B$  (o  $A$ ) siempre jugó  $c$  antes,  $A$  (o  $B$ ) debería jugar  $c$ ; de lo contrario, debería jugar  $nc$  así como para cualquier jugada posterior del juego.

Si denotamos con  $r$  la tasa de interés (también llamada tasa de descuento) y con:

$$\frac{1}{1+r} \quad (4)$$

El factor de descuento podemos comparar los pagos de cada jugada del juego con los pagos en  $t = 0$ .

De esta forma, si un jugador elige jugar la estrategia cooperativa  $c$  en cada repetición del juego obtiene el siguiente pago total: (5)

$$\sum_{i=0}^{\infty} \left( \frac{R}{1+r} \right) = R \frac{1+r}{r}$$

(donde hemos utilizado la suma de una serie geométrica infinita). Si, por el contrario, un jugador elige una estrategia no cooperativa  $nc$  en  $t$  y se ve obligado a seguir jugando  $nc$  debido a las represalias del otro agente, obtiene un pago total igual a: (6)

$$B + \sum_{i=0}^{\infty} \left( \frac{R}{1+r} \right) = R \frac{1+r}{r}$$

(nuevamente hemos usado la suma de una serie geométrica infinita y un pequeño truco para arreglar el valor inicial de la sumatoria).

Al comparar los dos pagos resultantes vemos para qué valores de  $r$  es mejor actuar cooperativamente y para qué valores es mejor actuar egoístamente. Si  $r$  es tal que: (7) y (8)

$$R \frac{1+r}{r} > B + \frac{P}{r}$$

o:

$$r < \frac{R-P}{B-R}$$

la cooperación es una estrategia deseable, de lo contrario no lo es. De esta manera, los beneficios futuros juegan un papel más importante que los actuales y esto fomenta la cooperación: si la tasa de interés es alta, los beneficios actuales se exaltan con respecto a los beneficios futuros, por lo que se prefieren las estrategias no cooperativas de hoy a las cooperativas, ya que reduce el peso de futuros castigos de represalia.

El presente resultado tiene una validez general que se cumple siempre que el juego de etapa tenga un único NE. Dos posibles extensiones incluyen:

1. el caso de más de dos jugadores, como suele ocurrir en los casos donde un grupo de agentes negocia un Acuerdo;
2. el caso en que el juego de escenario tenga más de un NE, que no vamos a examinar en las presentes notas.

Siempre que tenemos más de dos agentes que interactúan dentro de un juego repetido infinitamente, la cooperación apenas se establece y, en muchos casos, podemos asistir a una transformación del juego: puede suceder que empecemos con un juego del Dilema del Prisionero y terminemos con un juego de pollo.

De acuerdo con este punto de vista, comenzamos describiendo un juego repetido del Dilema del Prisionero entre  $N$  jugadores. En este caso lo denotamos como: (9)

$$\pi_c(v)$$

el beneficio de “etapa” de un agente cooperante cuando otros  $v$  agentes cooperan y como: (10)

$$\pi_{nc}(v)$$

el beneficio de “etapa” de un agente (gobierno) que no coopera cuando  $v$  agentes (Minería, sociedad) cooperan. Como estamos en un juego repetido del Dilema del Prisionero, para cualquier valor de  $v \in [0, N - 1]$ , debemos tener: (11)

$$\pi_{nc}(v) > \pi_c(v)$$

(por lo que la no cooperación para A da un mayor beneficio que la cooperación y representa una estrategia dominante) y también: (12)

$$\pi_c(N - 1) > \pi_{nc}(0)$$

de modo que una situación de plena cooperación da un mayor beneficio que una situación en la que cada agente actúa de forma egoísta (de lo contrario, no debería haber ningún incentivo para cooperar).

Además de las desigualdades anteriores tenemos las siguientes hipótesis:

1. la función  $\pi_c$  crece con  $v$ ;
2. la función  $\pi_{nc}$  aumenta con  $v$ ;
3. todos los países tienen las mismas funciones  $\pi_c$  y  $\pi_{nc}$  (simetría).

De la ecuación (11) tenemos que la curva de la función  $\pi_{nc}$  se encuentra por encima de la gráfica de la función  $\pi_c$ . De la ecuación (12) obtenemos una restricción sobre la posición relativa. Si la tenemos: (13)

$$\pi_{nc}(0) < \pi_c(N - 1)$$

de modo que el beneficio que obtiene un agente de la cooperación global es mayor que el beneficio que obtiene actuando egoístamente, por la naturaleza de las interacciones, puede suceder que: (14)

$$\pi_{nc}(0) = \pi_c(m - 1)$$

En este caso, actuar junto con otros  $m - 1$  agentes da el mismo beneficio que cuando nadie coopera. Bajo esta hipótesis podemos ver que una coalición de  $m + 1$  agentes puede llegar exitosamente a un acuerdo común ya que: (15)

$$\pi_{nc}(0) < \pi_c(m)$$

Tal coalición no puede decirse estable ya que, incluso si solo un agente se retira, el acuerdo se rompe ya que los agentes A y B no se benefician de la cooperación.

Ahora vamos a evaluar el beneficio total que obtiene un agente A al ingresar a dicha coalición y compararlo con lo que obtiene en caso de no cooperar.

Definiendo, nuevamente, el factor de descuento como: (16)

$$\delta = \frac{1}{1 + r}$$

(donde  $r$  es la tasa de descuento) podemos evaluar el valor presente de los beneficios futuros al ingresar a una coalición (de firmantes del acuerdo) como: (17)

$$\sum_{i=0}^{\infty} \delta^i \pi_c(m) = \sum_{i=0}^{\infty} \left(\frac{1+r}{r}\right)^i \pi_c(m) = \pi_c(m) \frac{1+r}{r}$$

Si un agente A no coopera en  $i = 0$  mientras que otros  $m$  agentes B sí lo hacen, podemos tener una estrategia de “ojo por ojo” de modo que para  $i > 0$  no haya cooperación. En este caso el agente no cooperante (y castigado) obtiene el siguiente beneficio de valor presente: (18)

$$\pi_{nc}(m) + \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \pi_{nc}(0) = \pi_{nc}(m) + \pi_{nc}(0) \left( \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i - 1 \right)$$



y, por lo tanto: (19)

$$\pi_{nc}(m) + \pi_{nc}(0) \frac{1}{r}$$

Si imponemos que el beneficio definido por la relación (17) es mayor que el beneficio definido por la relación (19) obtenemos: (20)

$$r < \frac{\pi_c(m) - \pi_{nc}(0)}{\pi_{nc}(m) - \pi_c(m)}$$

Si se cumple la desigualdad (20), un grupo de  $m + 1$  puede llegar a un acuerdo ambiental sobre un problema común de la contaminación ambiental de la explotación minera.

Ahora las malas noticias. Los principales problemas con la solución antes mencionada son los siguientes:

1. que involucra solo  $m + 1$  agentes de  $N$ ;
2. que tal número es más bajo cuanto más inclinado es  $\pi_c$  y más alto es  $\pi_c(0)$ .

Del primer punto tenemos que  $N - (m + 1)$  quedan fuera del convenio y, sin perjuicio de ello, obtienen los beneficios del convenio sin costo alguno. Este es un incentivo para actuar como un oportunista y no para unirse a una coalición. Además, tenemos que cada agente tiene un gran interés en que otros agentes cooperen y firmen el acuerdo. El juego ahora es un juego de gallinas en el que cada agente insta a los demás a llegar a un acuerdo, sin tener intención de unirse.

Este es un problema importante ya que puede haber muchas coaliciones que involucren  $m + 1$  agentes de  $N$  y cada agente tiene un incentivo tanto para mantenerse fuera de cada uno de ellos y, al mismo tiempo, que se forme una de tales coaliciones para obtener sus ventajas como free-rider.

## 4.2. Discusión

En el presente estudio se aceptó la  $H_1$  en el cual el departamento de supervisión del gobierno debería reducir el costo de la supervisión por segunda vez y aumentar la multa por producción ilegal. En cuanto a la parte de la empresa de minería, deben reducir la pérdida de los mineros y el medio ambiente, utilizando medidas efectivas para reducir el costo de producción e implementar una producción segura lo que mantiene una relación con el estudio de Saldarriaga-Isaza et al. (2015) que da a conocer el papel de dos arreglos institucionales sobre emprendimiento asociativo a través de un experimento enmarcado con mineros en Colombia. Este espíritu empresarial asociativo es un tipo de acción colectiva, que se espera que elimine gradualmente el mercurio en la minería artesanal y en pequeña escala. Este experimento mostró apoyo empírico para nuestra primera hipótesis, que establece que la acción colectiva sostenida no surge como una solución al dilema social que enfrentan los hogares dedicados a la minería a pequeña escala. En el caso base, encontramos que las contribuciones totales excedieron el punto de provisión, pero esta provisión no se mantuvo y exhibió un patrón oscilante.

En contraste, la cogestión efectuó la acción colectiva en el experimento. Combinamos la comunicación entre los miembros y la intervención de una parte externa; tal combinación se tradujo en un aumento de la tasa de provisión y una mejor coordinación de los actores, factores que les permitieron alcanzar un nivel eficiente de aportes individuales. Este hallazgo respalda la hipótesis H3: la cogestión fomenta una asociación de mineros más grande y bien establecida que les permite acceder a tecnologías más limpias y productivas.

Así también tenemos a Kilosho Buraye et al., (2017a) donde mantiene la misma dirección de estudio con el cuidado de los derechos de los mineros con una propuesta de revisión del Código de Minería. Alrededor de la mesa están el Estado, las Empresas Mineras y organizaciones de la Sociedad Civil, trabajando juntos para encontrar puntos en común en el proceso de revisión. Las revisiones propuestas dan cabida a MdE formulados más precisos y oportunos. Como tal, el art. 285 del proyecto de ley de revisión requiere que el titular de los derechos mineros debe contribuir a la definición e implementación de proyectos de desarrollo socioeconómico para las comunidades locales afectadas con el fin de mejorar sus condiciones de vida.

Ming-yin et al. (2009) determinó que el mecanismo de incentivos para la minería verde del carbón en el extranjero tiene muchos beneficios en el lugar, por ejemplo, la ley en la industria del carbón es bastante buena; precaución la regulación del dinero se lleva a cabo

a fondo; la supervisión del gobierno es severa; el sistema de recuperación de la tierra es rígido; las organizaciones de protección ambiental supervisan las empresas de carbón en nombre del público, marcando la diferencia entre las empresas respetuosas con el medio ambiente y las que no lo son. Se refirieron a la política y sistema avanzados en la construcción de mecanismos de incentivos de la minería verde; especialmente aquellos que ya han cosechado los frutos. Pero también tenemos que prestar atención a la realidad de nosotros mismos.

Los obstáculos para implementar la minería verde del carbón incluyen barreras de mercado, barreras organizativas y barreras tecnológicas. Desde la perspectiva de la tasa de ganancia, llegamos a la conclusión de que la minería tradicional ofrece una alta ganancia y, por lo tanto, expulsa a la minería verde del mercado. Las barreras organizacionales se elaboran desde el público, el gobierno y la corporación. Finalmente, las barreras tecnológicas indican que la minería verde requiere más investigación y tecnología más avanzada del exterior. Esta investigación acepta la hipótesis 1 sobre no contaminar el medio ambiente y cooperar para obtener mejores beneficios en el sector de la minería sin embargo no cooperar también es una opción.

Los departamentos de supervisión del gobierno, como supervisor de la producción de seguridad, deben mejorar la innovación del sistema. Los departamentos de supervisión deben establecer un sistema de seguimiento efectivo para la supervisión por segunda vez, así como la combinación del mecanismo de evaluación del desempeño y la supervisión por segunda vez. No solo puede motivar a los supervisores a trabajar más duro, sino que también puede evitar su omisión. Los departamentos de supervisión también deberían establecer un sistema de controles aleatorios. Por lo tanto, la compañía minera no puede predecir la probabilidad de una nueva supervisión. También se pueden establecer premios anuales especiales de seguridad para alentar a la destacada empresa minera. El premio especial anual de seguridad se distribuye en forma de premios en efectivo, otorgando incentivos fiscales en el próximo año, dando prioridad a los incentivos gubernamentales a las empresas mineras, etc. Exigir a las empresas mineras que cumplan con los sistemas de producción conscientes de la seguridad. Los resultados muestran que la actividad minera en la Amazonía ecuatoriana se ha incrementado en las últimas cuatro décadas. En un principio fue una actividad minera artesanal y de subsistencia, complementaria a otras actividades, pero entre 1980 y 2000, un mayor número de grupos familiares llegaron a esta región tentados por los relatos de las grandes cantidades de oro disponible. Desde entonces, las actividades ilegales se han incrementado, con un mayor porcentaje en el sur (Zamora Chinchipe y Morona Santiago) y

el norte (Sucumbíos y Napo). Por otro lado, es importante señalar que durante el gobierno de Rafael Correa (2007-2017), es decir, en la última década, se normalizó y fortaleció la minería a gran escala. Así, en la actualidad, el total de concesiones legalizadas en todas sus formas asciende a 1462 en la región amazónica. Ante este aumento la minería aurífera a gran escala, el gobierno ha impulsado la creación de nuevas instituciones, políticas y leyes con el objetivo de controlar la actividad minera y reducir los impactos socioambientales. Sin embargo, a la hora de evaluar y en la realidad, se evidencia que la cantidad de personal de los gobiernos provinciales y locales para el control y seguimiento de estas actividades, incluyendo directivos y técnicos, no supera las 10 personas por provincia en la región amazónica. En otras palabras, hay evidencia de un problema grave: el estado es incapaz de controlar y monitorear adecuadamente las actividades ilegales de minería a gran escala. Desde la perspectiva de los líderes comunitarios y sectoriales, consideran que el Estado no es capaz de asegurar la conservación y el buen vivir de las personas vinculadas a la actividad minera.

Establecer un mecanismo de supervisión de terceros. El departamento de supervisión del gobierno es objeto de supervisión, pero los medios de comunicación, las asociaciones y otros controles de terceros son esenciales. No solo promueve las empresas mineras en autocontrol, sino que también reduce el trabajo de supervisión gubernamental. Mediante el establecimiento de organizaciones sociales, se convierte en el papel de supervisión social. Puede exponer el comportamiento de la producción ilegal de empresas mineras al público a través de entrevistas e informes en los medios, para que las empresas mineras encuentren su conciencia en la seguridad de sus trabajadores y del medio ambiente. Finalmente, la educación sobre seguridad de los mineros y el cuidado ambiental es la parte clave. La poca conciencia legal de los mineros, los bajos niveles de operaciones técnicas, la falta de familiaridad con los procedimientos operativos y otras razones contribuyeron a los accidentes de la mina. Deberíamos convertirlo en un sistema, no en una mera formalidad para llevar a cabo la educación en seguridad, desde el liderazgo hasta todo el personal de trabajo. Los mineros deben sobresalir en tecnología y estar familiarizados con los procedimientos operativos. Jugando un liderazgo en el liderazgo, las empresas mineras deberían mejorar la conciencia de seguridad de los mineros. Esta es una medida importante para proteger su seguridad personal.

En los dos juegos establecidos los agentes cooperan, esto quiere decir que, de acuerdo a la Constitución de la República del Ecuador, en el artículo 407 establece que: "Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas

declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular" (Núñez, s. f.) si esto es aceptado las empresas mineras podrían recibir créditos de reducción de emisiones (ERC) que son sistemas comerciales sin límite, lo que significa que no hay un límite establecido en el nivel máximo permitido de contaminación dentro de un área regulada. En cambio, los límites de contaminación se basan en tasas, lo que significa que los contaminadores no pueden exceder una tasa de emisiones o contaminación de un porcentaje de los ríos cercanos. Los contaminadores obtienen créditos al reducir las emisiones por debajo de su tasa especificada. Mejorar la asimetría de la información entre los clientes y las empresas mineras promoverá efectivamente el nivel de estimulación del mercado. Los pasos incluyen mejorar el entorno competitivo, etc. En cuanto a las empresas, es necesario difundir su información relevante sobre la minería verde a través de varios medios para formar el efecto de marca y permitir que los clientes sepan si el mineral es verde o no, con coste mínimo o cero. Entre los incentivos para las empresas verdes son:

- a) La minería tradicional tiene un exterior negativo manifiesto, que solo puede ser interiorizado mediante la aplicación de tecnología de minería verde. La tecnología clave de minería verde requiere la inversión de los gobiernos centrales y locales. Los gobiernos podrían invertir directa o indirectamente mediante la reducción de impuestos, subsidiando y desembolsando el programa de minería verde de las empresas.
- b) Las empresas mineras pueden cooperar con el departamento de investigación científica (Ministerio de Energía y Minas) para innovar en tecnología de minería verde y reducir el riesgo de innovación y la contribución de ambas partes. Dado que las empresas de pueden proporcionar una plataforma de investigación para el departamento de investigación científica y existe soporte técnico en el departamento de investigación científica, los dos pueden complementarse entre sí. La cooperación mejorará el enfoque y la adaptación de la innovación de la tecnología en el cual el incentivo en ganancias serial del 10% mensual.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Una vez estudiado la interacción entre el gobierno y el sector minero en el Ecuador podemos señalar que la situación actual de la minera en el país tiene un fuerte impacto tanto positivo como negativo, debido que genera fuentes de trabajo en los sectores donde se los desarrolla, ingresos a nivel tributario y de exportaciones, sin embargo, por otra parte el incremento desmedido y sin un verdadero control por parte de las autoridades han conllevado a que se convierta en una actividad económica que afectan a la salud de las personas y de la naturaleza. Entonces, analizando el contexto ecuatoriano es imposible dejar de lado la minería y aún peor no intervenir, es un escenario complicado pero que las autoridades deben encontrar un punto medio con las políticas públicas de control y regulación para fomentar una minería más sustentable y sostenible.
- Expuestos los supuestos, plan de acción, estrategias y pagos de los jugadores dentro de los juegos no cooperativos y repetidos, se puede concluir que de manera general la teoría de juegos es un camino viable para analizar el contexto del Ecuador, especialmente en el tema de la minería y su impacto dentro del gobierno, la sociedad y la naturaleza. Lo que sin duda alguna nos ha llevado a diagnosticar, identificar problemáticas y políticas que influyen en los involucrados y aún más conociendo como puede llegar a ser la minería en un futuro si la interacción no es intervenida a tiempo para que esta actividad económica sea viable económica, social y ambientalmente.
- Al ejecutar la investigación y determinar los puntos críticos del sector minero en el Ecuador utilizando el Equilibrio de Nash y el Tit for Tat se puede proponer políticas que fortalezcan el cuidado medioambiental, sin dejar de lado la parte económica y social. En este caso las actividades de supervisión juegan un papel fundamental para ir escalando en un control adecuado sobre los mineros, asimismo, se debe considerar acciones que incentiven la conservación como en la parte tributaria, importación de tecnologías, dirección de inversiones, nuevos mercados, etc., que afecten directamente en los costos de producción y sea atractivo a corto y largo plazo la maximización en la coalición o agrupación para mejor control y seguridad en la producción.

## 5.2. Recomendaciones

- Se espera que el trabajo de investigación ejecutado sea imprescindible para atraer el interés de la academia en generar nuevos procesos de indagación que se concentren en estudiar la interacción entre el gobierno y el sector minero en el Ecuador, ya que se ha convertido en un encabezado de polémicos debates de importancia políticas, económica, social y ambiental. Se recomienda que los futuros interesados en este tema se integren a equiparar las cosas positivas y negativas que tienen las actividades económicas de manera más detallada por sector, tomando en cuenta que de manera general la minería sí es un problema, pero también una solución para otros aspectos dentro de la economía nacional.
- En contexto a la anterior recomendación, exponer los supuestos, plan de acción, estrategias y pagos de los jugadores dentro de los juegos no cooperativos y repetidos que se ha ejecutado en el presente estudio se puede recomendar aplicarlo en zonas más concretas de las diferentes provincias afectadas por la minería, ya que la teoría de juegos es replicable e incluso siendo una metodología que permitiría a solucionar problemas más específicos a nivel local, lo que podría llegar a provocar un impacto más radical sobre los agentes de gobierno, sociedad y naturaleza.
- Como todo trabajo investigativo es solo un eje o guía de referencia para diferente toma de decisiones, se puede recomendar proponer nuevos incentivos que fortalezcan las políticas del cuidado medio ambiental, ya que con el paso del tiempo la reacción de los agentes puede irse transformando, pueden surgir incluso nuevas teorías o necesidades que afecten a las políticas, pueden que en la actualidad sean las de control para iniciar un proceso adecuado que consolide la maximización de la producción y de la coalición, pero en un futuro pueden incluso volverse inútiles puesto que las empresas llegan a ser social y ambientalmente responsables o caso contrario las políticas se verían convertidas necesariamente en políticas radicales y enfocadas en obligar más que incentivar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adler Miserendino, R., Bergquist, B. A., Adler, S. E., Guimarães, J. R. D., Lees, P. S. J., Niquen, W., Velasquez-López, P. C., & Veiga, M. M. (2013). Challenges to measuring, monitoring, and addressing the cumulative impacts of artisanal and small-scale gold mining in Ecuador. *Resources Policy*, 38(4), 713-722. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.03.007>
- Aumann, R. J. (1965). Integrals of set-valued functions. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 12(1), 1-12. [https://doi.org/10.1016/0022-247X\(65\)90049-1](https://doi.org/10.1016/0022-247X(65)90049-1)
- Aumann, R. J. (1966). Existence of Competitive Equilibria in Markets with a Continuum of Traders. *Econometrica*, 34(1), 1-17. <https://doi.org/10.2307/1909854>
- Bank, M. S., Vignati, D. A. L., & Vigon, B. (2014). United Nations Environment Programme's Global Mercury Partnership: Science for successful implementation of the Minamata Convention. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(6), 1199-1201. <https://doi.org/10.1002/etc.2592>
- Barry, M. [editor. (1996). *Regularizing informal mining—A summary of the proceedings of the international roundtable on artisanal mining*. <https://policycommons.net/artifacts/1460463/regularizing-informal-mining/2101445/>
- Bozigar, M., Gray, C. L., & Bilsborrow, R. E. (2016). Oil Extraction and Indigenous Livelihoods in the Northern Ecuadorian Amazon. *World Development*, 78, 125-135. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.035>
- Bridge, G. (2004). CONTESTED TERRAIN: Mining and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 29(1), 205-259. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.011503.163434>
- Calderón Robles, P. V. (2020). *Estado actual de la minería de oro en Ecuador: Gran minería vs minería artesanal*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/335984>
- Cárdenas, M. N. (1990). *Investigación histórica de la minería en el Ecuador*. Dirección de Industrias del Ejército.
- Cepeda Archila, D., & Hernández, L. P. (2020). Propuesta de protocolo de incautación, transporte y almacenamiento de mercurio en cumplimiento de la Ley 1658 de 2013 para la DICAR. *Ingeniería Ambiental y Sanitaria*. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1859](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1859)



- Eftimie, A., Heller, K., Strongman, J., Hinton, J., Lahiri-Dutt, K., & Mutemeri, N. (2012). *Gender Dimensions of Artisanal and Small-Scale Mining: A Rapid Assessment Toolkit*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2731>
- Eggert, R. (2020). *What Sustainability and Sustainable Development Mean for Mining*. <https://drive.google.com/file/d/1cCcPz1-pId-gFj8SnqXfddnU4bG31gtL/view>
- Estupiñan, R., et al, 2021. La minería en Ecuador. Pasado, presente y futuro, 132 (4): 533-549
- Fan, K. (1952). Fixed-point and minimax theorems in locally convex topological linear spaces. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 38(2), 121-126.
- Garzón-Gutiérrez, J. M., & Rodríguez-Miranda, J. P. (2015). Gestión ambiental de aguas residuales industriales con mercurio proveniente de la minería aurífera a nivel mundial: Estado del arte. *Universidad y Salud*, 17(1), 132-144.
- Gibaja, D., Pérez, I., Guadalupe, J., & Mares, P. (2017). *Cooperation and Memorable Experiences in Rural Tourism: A Game Theoretic Approach*. 2, 0.
- Giovannoni, E., & Fabietti, G. (2013). What Is Sustainability? A Review of the Concept and Its Applications. En C. Busco, M. L. Frigo, A. Riccaboni, & P. Quattrone (Eds.), *Integrated Reporting: Concepts and Cases that Redefine Corporate Accountability* (pp. 21-40). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02168-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02168-3_2)
- Glicksberg, I. L. (1952). A further generalization of the Kakutani fixed point theorem, with application to Nash equilibrium points. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 3(1), 170-174.
- González-Vicente, R. (2013). Development Dynamics of Chinese Resource-Based Investment in Peru and Ecuador. *Latin American Politics and Society*, 55(1), 46-72. <https://doi.org/10.1111/j.1548-2456.2013.00183.x>
- Guerra, M., & Zaldumbide, D. (2010). La agonía del Puyango: Agua, minería y contaminación. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 7, 35-37. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.7.2010.885>
- Guesnerie, R. (1998). *A contribution to the pure theory of taxation*. Cambridge University Press.
- Gul, F., & Postlewaite, A. (1992). Asymptotic efficiency in large exchange economies with asymmetric information. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1273-1292.

- Hentschel, T. (2003). *Artisanal and Small-scale Mining: Challenges and Opportunities*. IIED.
- Herdoíza, D. L., Fierro-Renoy, V., & Fierro-Renoy, C. (2017). Minería a Gran Escala, Una Nueva Industria para Ecuador. *Polémika*, 5(12), Article 12.  
<https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/956>
- Hinton, J., Veiga, M. M., & Beinhoff, C. (2003). Women and artisanal mining: Gender roles and the road ahead. *The socio-economic impacts of artisanal and small-scale mining in developing countries*, 149-188.
- Imhof, L. A., Fudenberg, D., & Nowak, M. A. (2007). Tit-for-tat or win-stay, lose-shift? *Journal of Theoretical Biology*, 247(3), 574-580.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2007.03.027>
- International Institute for Sustainable Development, & Mining, Minerals and Sustainable Development (Project) (Eds.). (2002). *Seven questions to sustainability: How to assess the contribution of mining and minerals activities*. International Institute for Sustainable Development.
- Kilosho Buraye, J., Stoop, N., & Verpoorten, M. (2017a). Defusing the social minefield of gold sites in Kamituga, South Kivu. From legal pluralism to the re-making of institutions? *Resources Policy*, 53, 356-368.  
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.07.009>
- Kilosho Buraye, J., Stoop, N., & Verpoorten, M. (2017b). Defusing the social minefield of gold sites in Kamituga, South Kivu. From legal pluralism to the re-making of institutions? *Resources Policy*, 53, 356-368.  
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.07.009>
- Latorre Tomás, L. (2013). *El movimiento ecologista popular anti-minero en el Ecuador*.  
<http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/5122>
- Lessmann, J., Fajardo, J., Muñoz, J., & Bonaccorso, E. (2016). Large expansion of oil industry in the Ecuadorian Amazon: Biodiversity vulnerability and conservation alternatives. *Ecology and Evolution*, 6(14), 4997-5012.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.2099>
- Long, R. N., Renne, E. P., & Basu, N. (2015). Understanding the Social Context of the ASGM Sector in Ghana: A Qualitative Description of the Demographic, Health, and Nutritional Characteristics of a Small-Scale Gold Mining Community in Ghana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(10), 12679-12696. <https://doi.org/10.3390/ijerph121012679>

- Luo, W., Lu, Y., Zhang, Y., Fu, W., Wang, B., Jiao, W., Wang, G., Tong, X., & Giesy, J. P. (2010). Watershed-scale assessment of arsenic and metal contamination in the surface soils surrounding Miyun Reservoir, Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 91(12), 2599-2607.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.023>
- Medina Gutiérrez, A. L. (2017). *La explotación minera a cielo abierto y su incidencia en los Derechos de la Naturaleza en el cantón Quito, parroquia Pintag, año 2015*.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8943>
- Ming-yin, L., Zhen-fang, Z., Xing, M., & Dai, L. (2009). Study on incentive mechanisms of coal green mining. *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 211-218.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeps.2009.09.035>
- Ministerio de Economía y Finanzas del Ecuador. (2020). *USD 3.800 millones de inversión minera hasta 2021 darán Más Prosperidad al Ecuador – Ministerio de Economía y Finanzas*. <https://www.finanzas.gob.ec/usd-3-800-millones-de-inversion-minera-hasta-2021-daran-mas-prosperidad-al-ecuador/>
- Mora, A., Jumbo-Flores, D., González-Merizalde, M., Bermeo-Flores, S. A., Alvarez-Figueroa, P., Mahlknecht, J., & Hernández-Antonio, A. (2019). Heavy Metal Enrichment Factors in Fluvial Sediments of an Amazonian Basin Impacted by Gold Mining. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102(2), 210-217. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02545-w>
- Muñoz, D. J. E. (2014). *TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS SOCIALES CON MENCIÓN EN GOBERNANZA ENERGÉTICA*. 102.
- Nathan, J. (2018). Is The Natural Step's Theory about Sustainability Still Sustainable? A Theoretical Review and Critique. *Journal of Sustainable Development*, 11(1), p125.  
<https://doi.org/10.5539/jsd.v11n1p125>
- Núñez, L. T. (s. f.). *Acuerdo Ministerial 37 Registro Oficial Suplemento 213 de 27-mar.-2014 Última modificación: 23-nov.-2018 Estado: Reformado*. 52.
- Orimoloye, I. R., Mazinyo, S. P., Kalumba, A. M., Nel, W., Adigun, A. I., & Ololade, O. O. (2019). Wetland shift monitoring using remote sensing and GIS techniques: Landscape dynamics and its implications on Isimangaliso Wetland Park, South Africa. *Earth Science Informatics*, 12(4), 553-563. <https://doi.org/10.1007/s12145-019-00400-4>
- Osborne, M. J. (2004). *An introduction to game theory* (Vol. 3). Oxford university press New York.

- Osei-Kojo, A., & Andrews, N. (2020). A Political Economy of Regulatory Policy: The Case of 'Illegal' Small-Scale Mining in Ghana. En S. O. Oloruntoba & T. Falola (Eds.), *The Palgrave Handbook of African Political Economy* (pp. 433-447). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38922-2\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38922-2_23)
- Oviedo-Anchundia, R., Moína-Quimí, E., Naranjo-Morán, J., & Barcos-Arias, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura*. <http://revistabionatura.com/2017.02.04.5.html>
- Pardo, I. L. (2015). Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: Conceptualización y crítica. *Barataria. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, 20, 111-128. <https://doi.org/10.20932/barataria.v0i20.16>
- Porritt, J. (2012). *Capitalism as if the World Matters*. Routledge.
- Protschky, S., & Morgan, R. A. (2021). Historicising sulfur mining, lime extraction and geotourism in Indonesia and Australia. *The Extractive Industries and Society*, 8(4), 100881. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.02.001>
- Rivera-Parra, J. L., Beate, B., Diaz, X., & Ochoa, M. B. (2021). Artisanal and Small Gold Mining and Petroleum Production as Potential Sources of Heavy Metal Contamination in Ecuador: A Call to Action. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 2794. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062794>
- Roy, B. A., Zorrilla, M., Endara, L., Thomas, D. C., Vandegrift, R., Rubenstein, J. M., Policha, T., Ríos-Touma, B., & Read, M. (2018). Nuevas concesiones mineras podrían disminuir severamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Ecuador. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082918780427. <https://doi.org/10.1177/1940082918780427>
- Saldarriaga-Isaza, A., Villegas-Palacio, C., & Arango, S. (2015). Phasing out mercury through collective action in artisanal gold mining: Evidence from a framed field experiment. *Ecological Economics*, 120, 406-415. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.004>
- Sandoval, F. (2001). *La Pequeña Minería en el Ecuador*. 31.
- Scott B. MacDonald y Bruce Zagaris. (2022, enero 25). Illicit Gold Mining in Ecuador – Challenges and Considerations. *Global Americans*. <https://theglobalamericans.org/2022/01/illicit-gold-mining-in-ecuador-challenges-and-considerations/>

- Toapanta, A. R. R. (2017). Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 41-52. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.68>
- Tost, M., Bayer, B., Hitch, M., Lutter, S., Moser, P., & Feiel, S. (2018). Metal Mining's Environmental Pressures: A Review and Updated Estimates on CO2 Emissions, Water Use, and Land Requirements. *Sustainability*, 10(8), 2881. <https://doi.org/10.3390/su10082881>
- Veiga, M. M. (1997). *Introducing new technologies for abatement of global mercury pollution in Latin America*. CETEM/CNPq.
- Veiga, M. M., & Gunson, A. J. (2020). Gravity Concentration in Artisanal Gold Mining. *Minerals*, 10(11), 1026. <https://doi.org/10.3390/min10111026>
- Walser, G. (2002). *Economic impact of world mining*. 3.
- YING, Z. W. (1991). *Game Theory and Information Economics*.
- Zarroca, M., Linares, R., Velásquez-López, P. C., Roqué, C., & Rodríguez, R. (2015). Application of electrical resistivity imaging (ERI) to a tailings dam project for artisanal and small-scale gold mining in Zaruma-Portovelo, Ecuador. *Journal of Applied Geophysics*, 113, 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2014.11.022>