



PAGE PARTNERSHIP FOR ACTION
ON GREEN ECONOMY

ANÁLISIS TSA EN EL SECTOR DE LA MINERÍA ARTESANAL Y DE PEQUEÑA ESCALA DE ORO EN ECUADOR





PNUD (2021), Análisis TSA en el sector de la Minería Artesanal y de Pequeña Escala de oro en Ecuador.

Esta publicación se ha elaborado con el apoyo de los socios financiadores de PAGE. El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva de PAGE y de ninguna manera puede considerarse que refleja las opiniones de ningún gobierno. Las designaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de los socios de PAGE sobre la condición jurídica de cualquier país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, o sobre la delimitación de sus fronteras o límites. Además, las opiniones expresadas no representan necesariamente la decisión o la política declarada de los socios de PAGE, ni la citación de nombres comerciales o procesos comerciales constituye un respaldo.

Este documento fue elaborado con la ayuda financiera de la Unión Europea. Las opiniones expresadas en este documento no pueden en modo alguno tomarse como un reflejo de la opinión oficial de la Unión Europea.

Copyright © PNUD, 2021, en nombre de PAGE

Esta publicación puede reproducirse total o parcialmente y en cualquier forma para fines educativos o sin fines de lucro. No se requiere de un permiso especial del titular, siempre y cuando se haga un reconocimiento de la fuente. La secretaría de PAGE agradece se envíe una copia de cualquier publicación que utilice esta investigación como fuente.

No se puede utilizar esta publicación para la reventa ni para ningún propósito comercial, sin el permiso escrito previo de la Secretaría de PAGE.

El informe se publica como parte de la Asociación para la acción sobre la economía verde (PAGE) una iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización del Trabajo (OIT), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Instituto de las Naciones Unidas para Formación e Investigación (UNITAR).



AGRADECIMIENTOS

PAGE agradece el apoyo de todos los socios financieros que hicieron posible esta iniciativa liderada por PNUD Ecuador. Se reconoce de manera especial las contribuciones de:

Marlon Flores, asesor de Global de TSA, Green Commodities del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por su supervisión e insumos.

Equipo del Programa Nacional de Sustancias Químicas, Ministerio del Ambiente y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en particular a Mario Rodas, Luis Tapia, Diana Cabrera, Carolina Moncayo y Meivol Brito.

Servidores y servidoras del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables y Ministerio de Ambiente y Agua, así como a los y las participantes

del Taller de definición de escenarios y alcance del estudio TSA y de las entrevistas bilaterales realizadas durante la fase de arranque, en la que participó el sector empresarial; Sebastián Valdivieso y Galo Zapata, de WCS Ecuador; Colón Velásquez y el equipo del proyecto Transmape; Juan Carlos Dueñas y Marlon Lara de la Empresa Nacional Minera (Enami); representantes del Banco Central del Ecuador (BCE), Servicio de Rentas Internas (SRI) y al Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE),.

Thais Vilela, por su apoyo con análisis; y a todo el equipo de Conservation Strategy Fund.

INDICE

Resumen ejecutivo	8
1. Introducción	11
2. Caracterización de la minería artesanal y de pequeña escala en Ecuador	12
2.1 Contexto general	12
2.2 Legislación, normativa aplicable y política pública actual en la MAPE	14
2.3 Caracterización de los actores institucionales de la MAPE en Ecuador	15
2.3.1 El rol del MERNNR y sus entidades adscritas	15
2.3.2 Otros actores públicos y privados relevantes	16
2.4 La cadena de valor y los procesos en la MAPE	17
2.5 Principales problemáticas	19
2.5.1 La informalidad en la MAPE	19
2.5.2 Servicios ecosistémicos y la problemática ambiental de la MAPE	20
3. Metodología del estudio	23
3.1 Recolección de información	23
3.2 La metodología TSA	23
3.3 Enfoque del análisis	24
3.3.1 Propósito y alcance del TSA	24
3.3.2 Determinación de decisiones clave y del tomador de decisión	26
3.3.3 Alcance geográfico	26
3.4 Análisis del marco regulatorio	28
3.5 Escenario BAU e intervención PBR	29
3.5.1 Identificación y definición de escenarios	29
- Escenario Business as Usual (BAU)	29
- Intervención Programa de Beneficio Responsable (PBR)	31
3.5.2 Supuestos del análisis	33
3.5.3 Criterios de análisis	34
3.5.4 Indicadores	35
3.5.5 Horizonte temporal	36
3.6 Herramientas metodológicas	36
3.6.1 Modelos econométricos	36

INDICE

3.6.1.1	Modelo precio del oro	37
3.6.1.2	Modelo de crecimiento del sector minero	37
3.6.1.3	Modelo de inflación	38
3.6.2	Valoración económica del impacto del mercurio	38
3.6.3	Análisis de sensibilidad simple	39
4.	Análisis y resultados	39
4.1	Descripción de resultados del análisis	39
4.2	Resultados comparativos bajo BAU y bajo PBR según los indicadores seleccionado	39
4.2.1	Rentabilidad mineros artesanales	39
4.2.1.1	Rentabilidad mineros artesanales medianos (OEME)	40
4.2.1.2	Rentabilidad mineros artesanales pequeños (OEPE)	41
4.2.1.3	Rentabilidad plantas de beneficio	43
4.2.2	Recaudación por regalías	44
4.2.3	Impacto ambiental	45
4.2.3.1	Descargas de mercurio	45
4.2.3.2	Impacto económico de la contaminación por mercurio	46
4.3	Distribución de impactos a nivel público y privado	48
4.4	Costos de la transición BAU a PBR	49
4.5	Alcance potencial del programa	51
4.6	Análisis de sensibilidad simple	53
4.7	Otras consideraciones importantes para la transformación de la MAPE	55
5	Conclusiones y recomendaciones	57
5.1	Conclusiones	57
5.2	Recomendaciones de política y próximos pasos	61
5.2.1	Políticas de soporte	61
5.2.2	Políticas normativas	63
5.2.3	Plan de trabajo	65
6.	Referencias	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	La cadena de procesos en la MAPE	20
Figura 2	Costos de las actividades mineras	22
Figura 3	Uso de mercurio en el proceso de amalgamación	23
Figura 4	Distribución de la población dedicada a la explotación de minas y canteras	27
Figura 5	Escenario Business As Usual para mineros pequeños	30
Figura 6	Escenario Business As Usual para mineros medianos y plantas de beneficio	31
Figura 7	Programa de Beneficio Responsable para mineros artesanales pequeños	32
Figura 8	Programa de Beneficio Responsable para mineros medianos y plantas de beneficio.	33
Figura 9	Ganancias anuales correspondientes a mineros medianos	40
Figura 10	Ganancias por tonelada correspondientes a mineros medianos	41
Figura 11	Ganancias netas anuales correspondientes a mineros artesanales pequeños.	42
Figura 12	Ganancias por tonelada correspondientes a mineros pequeños	42
Figura 13	Ganancias anuales correspondientes a las plantas de beneficio	43
Figura 14	Ganancias por tonelada correspondientes a plantas de beneficio	44
Figura 15	Regalías pagadas correspondientes a plantas de beneficio	45
Figura 16	Descargas de mercurio correspondientes a mineros pequeños	45
Figura 17	Descargas de mercurio correspondientes a plantas de beneficio	46
Figura 18	Impacto económico de la contaminación por mercurio correspondiente a mineros pequeños	47
Figura 19	Impacto económico de la contaminación por mercurio correspondiente a plantas de beneficio	47
Figura 20	Alcance potencial del programa	52
Figura 21	Ganancias netas agregadas de mineros y plantas en programa con compras del BCE por USD 30 millones	53
Figura 22	Ganancias por tonelada de mineral correspondientes a las plantas de beneficio en configuración de precios alternativa	54
Figura 23	Ganancia por tonelada de mineral correspondientes a mineros pequeños en configuración de precios alternativa	54
Figura 24	Ganancia por tonelada de mineral correspondientes a mineros medianos en configuración de precios alternativa	55
Figura 25	Plan de trabajo	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Principales variables que difieren entre el escenario BAU y la intervención PBR	33
Tabla 2	Impactos de la transición BAU a PBR y escala y administra las transacciones del metal según los precios internacionales oficiales.	49

- ANEXO A. Normativa relevante para el modelo PBR.
- ANEXO B. Política Pública en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE) en Ecuador.
- ANEXO C. Síntesis de reuniones bilaterales.
- ANEXO D. Experiencia de Enami en Chile.
- ANEXO E. Variables utilizadas en los modelos econométricos.
- ANEXO F. Costos operativos.
- ANEXO G. Ciclo de teleconferencias para verificación de información y retroalimentación respecto de los resultados preliminares por parte de actores mineros.

GLOSARIO DE SIGLAS

- **APROPLASMIN** Asociación de Propietarios de Plantas de Beneficio, Fundición y Refinación de sustancias Minerales de la Provincia de El Oro
- **ARCOM** Agencia de Regulación y Control Minero
- **BAU** Business as Usual
- **BCE** Banco Central del Ecuador
- **CAPEMINE** Cámara de Pequeña Minería del Ecuador
- **CIMA** Compañía Industrial Minera Asociada
- **ENAMI** Empresa Nacional de Minería
- **IIGE** Instituto de Investigación Geológica y Energética
- **INEC** Instituto Nacional de Estadística y Censos
- **MAAE** Ministerio del Ambiente y Agua de Ecuador
- **MAPE** Minería Artesanal y de Pequeña Escala
- **MERNNR** Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- **MIES** Ministerio de Inclusión Económica y Social
- **MSP** Ministerio de Salud Pública
- **OEME** Operaciones Extractivas de Mediana Escala
- **OEPE** Operaciones Extractivas de Pequeña Escala
- **OIT** Organización Internacional del Trabajo
- **PAGE** Partnership for Action on Green Economy
- **PBR** Programa de Beneficio Responsable
- **PIB** Producto Interno Bruto
- **PNDSM** Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero
- **PNUD** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- **PPNM** Política Pública Nacional Minera
- **RAAM** Reglamento Ambiental de Actividades Mineras
- **SEM** Sustainable Ecosystem Management
- **SRI** Servicio de Rentas Internas
- **TSA** Targeted Scenario Analysis
- **USD** Dólares

RESUMEN EJECUTIVO

La Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE) de oro en Ecuador es una actividad de la que dependen directamente cerca de 100 mil personas e indirectamente un número cuatro veces mayor. En el Ecuador, entre los recursos minerales estratégicos, el oro representa el principal producto de exportación. La MAPE produce al menos el 85% del oro ecuatoriano, que corresponde a más de USD 300 millones anuales en ingresos. La población más vulnerable, que opera sobre todo en la informalidad, acude a las oportunidades que ofrece la tendencia al alza del precio del oro, lo cual explica la creciente y acelerada expansión del sector en años recientes, y también sus afectaciones ambientales.

Un aspecto preocupante dentro de la MAPE en Ecuador es el uso del mercurio (Hg), aún muy extendido a pesar de su prohibición desde 2015. Este es liberado al ambiente durante la separación y recuperación del oro, lo que contamina el aire, el suelo y el agua, y deteriora los servicios ecosistémicos -como la provisión de aire limpio, agua y comida- al ser inhalado o consumido por medio de peces y crustáceos, impactando significativamente en la salud. Esto afecta la calidad de vida, la longevidad y la productividad,

además que ocasiona costos indirectos para el Estado y la sociedad a escala global, y que a largo plazo pueden ser muy elevados.

El Análisis Focalizado de Escenarios (TSA¹ por sus siglas en inglés) provee información económica para apoyar una toma de decisiones informadas sobre políticas y/o inversiones dentro de sectores productivos. El TSA promueve la integración de la gestión de servicios ecosistémicos en los sistemas productivos e informa si las políticas de desarrollo e inversión sectorial tienen sustento económico adecuado.

El TSA presenta información y datos relevantes basados en evidencia. Estos datos pueden sustentar la necesidad de optar por mejores políticas e incrementar las inversiones necesarias para lograr una gestión adecuada de los ecosistemas en el sector de la MAPE; y consecuentemente, la incorporación de la gestión de ecosistemas en la planificación y gestión de la MAPE podría lograr beneficios económicos más altos y trazables en el largo plazo.

El estudio TSA exploró un modelo alternativo de organización y beneficio que se denomina Programa de Beneficio Responsable (PBR) y lo compara con la trayectoria productiva actual (BAU).

El PBR consiste en: 1) una inversión en procesos destinados a mejorar la operación de las plantas de beneficio y promover la implementación de buenas prácticas; 2) generar una conexión entre las plantas con mejores prácticas y el programa de compras del BCE, para que este último priorice las compras de oro a estas plantas; 3) un incentivo a la formulación de contratos de venta de mineral de mineros artesanales a las plantas, logrando que los mineros pasen a vender su mineral a un precio estándar en lugar del pago en especie que realizan por el servicio de separación y amalgamación provisto por la planta de beneficio; 4) la integración de las externalidades asociadas con el uso del mercurio a los diferentes procesos de beneficio, empleando costos de salud como referencia de la magnitud de este impacto.

¹ TSA es la abreviación de Targeted Scenario Analysis.

² Explicación del PBR y SEM y su modelo propuesto.
<https://www.greencommodities.org/content/gcp/en/home/tools/TSA.html>

³ Esta proporción seguramente cambiará una vez que el proyecto Fruta del Norte de minería aurífera a gran escala funcione en su máxima capacidad.

El principal hallazgo del modelo es que al comparar los escenarios BAU y PBR, en este último se observa un incremento en los ingresos netos para los actores. Destacan los beneficios para los Mineros de Operaciones Extractivas de Pequeña Escala (OEPE), quienes al abandonar la separación en chanchas (tanques cilíndricos pequeños que utilizan barras para la molienda), duplican sus ganancias netas cada año. Un patrón similar, aunque en menor proporción, se obtiene para los Mineros de Operaciones Extractivas de Mediana Escala (OEME). Bajo el PBR, en comparación con el modelo BAU, las plantas de beneficio verán pérdidas durante los primeros años, por el impacto de las inversiones en el proceso productivo. Sin embargo, empezarán a percibir ganancias sustanciales a partir del cuarto año y estas se duplicarán en diez años.

Otro beneficio a escala pública son las ventas promedio para reservas internacionales que, en el caso de una sola planta a lo largo del período de diez años, llegarían a ser superiores a los USD 4 millones anuales. El PBR reduce el uso de mercurio en la MAPE, pues las plantas participantes ya no lo utilizan en su proceso de beneficio. En diez años, los mineros reducen el uso del mercurio en 80%, al igual que los costos de la contaminación en el proceso de extracción, por lo que los gastos evitados por contaminación resultante del proceso de recuperación serían de hasta USD 80 millones anuales.

El actual modelo productivo BAU genera ganancias para el sector y para el Estado, pero los impactos sociales y ambientales representan un costo de al menos USD 300 millones anuales. La vulnerabilidad socioeconómica de los mineros artesanales puede estimular un crecimiento exponencial de la actividad a corto plazo, con graves consecuencias ambientales. Sumado a la gran proporción sectorial que aún opera desde la informalidad, esto resulta inquietante al momento de evaluar la capacidad estatal para controlar la contaminación. Trasladar el proceso de mayor impacto ambiental hacia las plantas de beneficio, menos numerosas y geográficamente más concentradas que los mineros artesanales, permitirá al Estado ejercer un monitoreo efectivo y eficiente, propiciar un desarrollo responsable a través de buenas prácticas e incentivos económicos, y evitar que el costo de la contaminación se vea reflejado en el deterioro de la salud humana, en la pérdida de servicios de los ecosistemas y en la afectación a otras actividades productivas.

Sobre la base de estos resultados se pueden ofrecer múltiples recomendaciones, puesto que la implementación del PBR requerirá de incentivos que contrarresten los efectos económicos de las inversiones iniciales y que concedan beneficios adicionales a quienes apuesten por este modelo. Existen incentivos con gran potencial en este contexto: la Ley de Régimen Tributario Interno (arts. 9, 10, 55, 72 y 97) permite alivianar la carga impositiva en la minería artesanal; el Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería y Minería Artesanal (Decreto 120, arts. 8 y 18), fomenta incentivos a la MAPE con beneficios progresivos y proporcionales a las buenas prácticas demostradas y al cumplimiento de la normativa socio-ambiental aplicable; y, la Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, y Estabilidad y Equilibrio Fiscal (capítulo II, artículos 26 a 29), que ofrece incentivos tributarios para inversiones en sectores prioritarios. Por su parte, el Acuerdo Ministerial 048 del Ministerio del Ambiente y Agua, publicado el 19 de junio de 2019, autoriza el no pago del 100% de la depreciación de maquinaria usada para la producción más limpia dentro de las plantas. Además, se puede atenuar costos iniciales con créditos blandos desde la Ley de Economía Popular y Solidaria y extender créditos verdes, actualmente otorgados al sector agrícola. Finalmente, el Acuerdo Ministerial 140 del MAAE emite certificaciones por ecoeficiencia, reconocimientos por buenas prácticas y distintivos por la aplicación de modelos ambiental y socialmente incluyentes, los que son idóneos para extender los beneficios



del PBR a la población que subsiste del jancheo (recolección y acumulación del mineral que las operaciones descartan en depósitos), altamente realizado por mujeres en condiciones de vulnerabilidad.

Para esto, se debe acondicionar un sistema riguroso y accesible que permita analizar periódicamente la ley del mineral (cantidad de oro que contiene el mineral), regular su precio de venta y generar confianza en el modelo. Esto requiere impulsar el desarrollo de laboratorios acreditados o establecer alianzas a través de convenios con universidades que cuenten con la capacidad instalada para realizar estos análisis. Estos pueden ser costeados bajo un sistema de cobertura porcentual, donde plantas de beneficio y mineros invierten en un fondo común para fijar el precio del mineral basados en un solo resultado.

Además, será necesario el apoyo técnico y tecnológico en los aspectos operativos para apuntalar un correcto manejo de los nuevos procedimientos. Los planes de manejo ambiental (PMA), además de concentrar estratégicamente los esfuerzos de control y monitoreo en las plantas de beneficio, deben complementarse con guías de buenas prácticas ambientales (BPA), las que están basadas en procesos de recirculación, no afectación al caudal mínimo, y tratamiento previo a la descarga. Las BPA permitirán abordar los retos del uso racional del cianuro, el cuidado prioritario del agua, la disposición final de colas y relaves, y el manejo de impactos de los desechos tóxicos e industriales.

Se debe considerar que un programa de compras de oro diversificado será clave para



otorgar seguridad a la cadena de valor, y aplicar medidas de trazabilidad y cumplimiento de los estándares mínimos de producción. Un techo de USD 40 millones por parte del Banco Central del Ecuador (BCE) otorga a su Programa de Compras la capacidad de adquirir el 75% del total de lo producido por la MAPE. Es deseable un aumento progresivo del presupuesto anual para la compra de oro, para cubrir una proporción considerable de la producción que se va incorporando al PRB; de no ser posible, se debe buscar mantener un monto fijo anual para evitar inestabilidad en el mercado y asegurar precios competitivos y una adecuada planificación de las inversiones. La expansión de la capacidad de compra se lograría incorporando a la política pública iniciativas de certificación de oro como las que ofrecen el Responsible Jewellery Council, Fairtrade, Fairmined Standard y Better Gold Initiative.

Para la implementación del programa PBR no se requiere hacer cambios a la legislación

vigente, a excepción de la disposición transitoria tercera de la Ley Orgánica de Fomento Productivo, con el fin de extender el plazo para que los mineros se beneficien de la exoneración del impuesto a la renta en las inversiones de cambio de tecnología. Existe normativa suficiente y adecuada desarrollada desde el Ejecutivo para la aplicación de fuentes de financiamiento a varios niveles e incentivos de todo tipo, así como disposiciones que instan a desarrollar programas de capacitación técnica y la correcta aplicación de la normativa ambiental. En consecuencia, es necesario difundir ampliamente tanto las obligaciones como las oportunidades que ofrecen estos reglamentos, así como asegurar el financiamiento necesario para cumplirlas y aprovecharlas.

En este sentido, más que reformar se recomienda añadir artículos ampliatorios a los ya existentes en la normativa secundaria, que habiliten la posibilidad de reinvertir regalías, tributos, tasas, y derechos que provienen de la actividad minera en las actividades de capacitación, acompañamiento técnico, e implementación de un programa piloto. Es allí donde se pondrá a prueba el PBR. También se podrá insertar artículos y disposiciones ampliatorios en los Instructivos para Autorizaciones de Plantas de Beneficio y Fundición de Relaveras (Acuerdo

Ministerial 018) y en el Otorgamiento de Permisos para Minería Artesanal, para establecer de forma progresiva la exclusividad de procesamiento dentro de las plantas de beneficio y favorecer técnicas alternativas -como la cianuración- y el acceso a los incentivos disponibles. Se puede, además, crear líneas de compra preferencial desde los comercializadores autorizados, fortalecidas por resoluciones del BCE, con precios atractivos de compra y montos mínimos para el Programa de Compras.

Los potenciales resultados del modelo PBR justifican

una inversión estatal en la MAPE, disminuyendo considerablemente los impactos ambientales e incrementando de forma atractiva los ingresos de los actores más vulnerables de la cadena. El desarrollo de un plan piloto y la transición paulatina y ordenada hacia un modelo más responsable permitirá avanzar en el alcance de los objetivos de la Política Pública Nacional Minera, aportar al cumplimiento de la legislación vigente (en especial, los compromisos binacionales y el Convenio de Minamata), incrementar el aporte de la minería al PIB nacional y asegurar el acceso a servicios ecosistémicos de calidad.

1. INTRODUCCIÓN

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través de su Programa Green Commodities, contribuye a lograr la sostenibilidad en las cadenas de valor de productos verdes de alto consumo y de otros sectores cuya productividad está directamente ligada al uso de servicios ecosistémicos, a escala mundial. La Alianza para la Acción hacia una Economía Verde o Partnership for Action on Green Economy (PAGE, por sus siglas en inglés) con el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), acordó realizar un estudio económico basado en evidencia que apoye a la toma de decisiones que permitan lograr un modelo más sostenible, rentable, trazable y con menor impacto sobre los ecosistemas y el ambiente. Para conseguir esto, con apoyo técnico y financiero, se realizó este Análisis Focalizado de Escenarios o Targeted Scenario Analysis (TSA, en inglés).²

El sector minero de recursos no renovables, en Ecuador, incluye una amplia gama de minerales y subsectores, incluyendo la pequeña minería, la minería artesanal y la minería a mediana y gran escala. Cada uno de estos niveles incluye una gran variedad de procesos. Este estudio TSA apunta a un sector específico de la minería de oro, la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE).

Si bien este subsector beneficia a más de 100 mil personas de las zonas rurales, también genera uno de los más altos niveles de externalidades ambientales negativas. Como resultado de la falta de atención a la gestión de ecosistemas, el uso de mercurio y otros contaminantes en el proceso de extracción de oro causa daños ambientales graves y genera altos costos asociados a la restauración de estos ecosistemas naturales. El TSA no es un estudio de impactos ambientales, sin embargo, incorpora los costos de diferentes externalidades ambientales cuando construye los escenarios BAU y SEM, y los compara. Estos escenarios capturan y presentan el valor de las ganancias o pérdidas económicas en el sector MAPE bajo los dos escenarios BAU y SEM, a través de cada uno de los indicadores seleccionados para cada escenario. Sobre la base de los resultados de los análisis BAU y SEM, el TSA proporciona recomendaciones sobre opciones para mejorar las políticas e inversión en la MAPE. Estas recomendaciones buscan eliminar o minimizar las externalidades y generar beneficios económicos y ambientales en dicho subsector.

² <https://www.greencommodities.org/content/gcp/en/home/tools/TSA.html>

• BAU Business as Usual

•• SEM Sustainable Ecosystem Management

El objetivo del TSA es la provisión de datos relevantes, basados en evidencia, que sustenten la necesidad de optar por mejores políticas e incrementar las inversiones necesarias para lograr una gestión adecuada de los ecosistemas en el sector de la MAPE, así como lograr beneficios económicos mejor planificados y trazables en el largo plazo.

Con la información y datos generados por el TSA, quienes toman decisiones que conciernen a la MAPE pueden hacerlo de manera más informada, incluyendo decisores del sector público y privado, y de los mineros pequeños y artesanales.

Se debe subrayar que el objetivo del presente estudio TSA no es el de justificar el desarrollo

minero en general como el eje central del modelo de desarrollo del país. Por el contrario, se reconoce que el país requiere de un modelo diversificado y multisectorial de desarrollo económico y ambientalmente sostenible. Es necesario generar un modelo innovador que vaya más allá de la extracción y la exportación de materias primas y recursos no renovables.

Considerando que la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE) del oro en Ecuador es un subsector importante para la economía local, aunque resulta controversial por sus impactos ambientales y el grado de informalidad dentro del sector, se decidió enfocar el análisis TSA en el subsector minero (MAPE).



En este sentido, uno de los retos más importantes para el Estado, en particular para el sector de la minería, es alcanzar un equilibrio entre los beneficios económicos y la minimización de impactos ambientales. Para lograrlo será necesario explorar alternativas que tomen en cuenta la mejor información disponible sobre los impactos de la MAPE y emplear instrumentos de política pública, movilización de actores privados, construcción de capacidades e investigación y otras acciones indispensables para guiar hacia la toma de decisiones.

En este documento se presentan los resultados del TSA como un insumo técnico que contribuya en el avance hacia una MAPE más responsable en el Ecuador. Concretamente, se brinda información sobre la rentabilidad financiera de los actores en la cadena de extracción y separación de los minerales, posibles ingresos para el Estado, y mejoras relativas al impacto ambiental (sobre los servicios ecosistémicos) de la MAPE en diferentes sistemas de beneficio y comercialización del oro. Esto permitirá analizar la pertinencia de

implementar legislación, invertir en programas piloto y/o facilitar la vinculación de actores de la cadena en un futuro cercano.

Si bien hay muchos retos en el sector MAPE, existe también una oportunidad para aprovechar el potencial de las plantas de beneficio como dinamizadoras de un nuevo modelo de negocio a lo largo de la cadena de valor del oro. En el contexto actual de crisis económica global e incremento del precio del oro, se prevé que la MAPE se expanda agresivamente en el Ecuador, por lo que se trata de un momento oportuno para la intervención estatal. En este sentido, este TSA responde a la siguiente pregunta central:

¿Existe una justificación económica para que el Estado ecuatoriano y otros actores de la cadena de valor minera inviertan en un nuevo modelo de desarrollo sostenible para la MAPE?

Igualmente, este estudio aborda las siguientes preguntas complementarias:

- ¿Qué implicaciones sobre la rentabilidad de las operaciones tendría este modelo para los mineros y para las plantas de beneficio de la MAPE?
- ¿Qué beneficios de acumulación de reservas de divisas y disminución de impactos (costos) ambientales podrían esperarse en caso de implementar esta propuesta?
- ¿Qué incentivos tributarios, administrativos u otros deben acompañar la regulación para que estos sean atractivos y efectivos?

Estas preguntas son abordadas en este documento a través del modelamiento comparativo de la situación actual frente a un modelo que promueva: la inversión ambiental en plantas de beneficio; un nuevo relacionamiento entre los mineros y estas plantas; y, la compra de oro por el Estado a través del Banco Central del Ecuador. Los resultados

muestran que esta propuesta puede resultar ventajosa en términos financieros para todos los actores involucrados y generar, además, una disminución de los impactos ambientales relacionados con el uso del mercurio en el proceso de extracción del oro.

2. Caracterización de la minería artesanal y de pequeña escala en Ecuador

2.1 Contexto general

Los recursos minerales son considerados estratégicos en el Plan Nacional de Desarrollo de Ecuador. Dentro del sector minero, el oro representa la principal exportación de minerales del país (Ministerio de Minería, 2016). La minería artesanal y de pequeña escala es responsable de la producción de por lo menos el 85% del oro ecuatoriano³ (Veiga et al., 2009; Ministerio de Minería, 2016), es decir más de 7 toneladas métricas de oro y más de USD 300 millones anuales.⁴ Por tanto, la MAPE es un sector de gran importancia para la economía ecuatoriana y para el amplio segmento poblacional que depende de esta actividad.

En los últimos 30 años, el crecimiento de la MAPE en Ecuador se ha dado de manera acelerada y desordenada, dentro de un marco legal y regulatorio débil y difícil de aplicar, incluyendo los vacíos en la normatividad minera y lo relacionado con el control ambiental y el ordenamiento territorial,

aunque esto último no es parte de ámbito de este estudio. Tanto el Estado como los organismos internacionales y las instituciones académicas han realizado intervenciones en el sector minero (MAPE) para promover la planificación, la regularización, el uso de mejores tecnologías y la reducción de sus impactos negativos sobre el ambiente, pero estos esfuerzos han sido insuficientes. Así mismo, el incremento en el precio del oro después de la crisis financiera global de 2008 propició la expansión de actividades mineras de pequeña escala a nivel regional, y se esperan nuevas alzas después de la crisis de la covid-19. Si bien no existe información precisa, se estima que entre 30 y 100 mil personas trabajan directamente en la MAPE de oro y alrededor de cuatro empleos indirectos son generados por cada empleo directo (Velásquez-López et al., 2010; PNUMA, 2012).

³ Esta proporción seguramente cambiará una vez que el proyecto Fruta del Norte de minería aurífera a gran escala funcione en su máxima capacidad.

⁴ Esta es una estimación con base en los datos de oficiales de la Agencia de Regulación y Control Minero (Arcom) para el 2018, que señalan una producción de 8,2 toneladas métricas (TM) anuales (Arcom, 2019). Sin embargo, los datos oficiales no capturan el total de la producción. Según Gonçalves et al. (2017), la producción de oro en 2015, solo en Zaruma-Portovelo era de 7 a 8 TM. Por tanto, la producción nacional actual real debe estar bastante por encima de las 8,2 TM reportadas por Arcom. Según Veiga y coautores (2014), la producción total de oro de Ecuador sería de alrededor de 25 TM/año. Para la estimación de precios se utilizó el promedio de 2019 que fue de 44,76 dólares el gramo.

La MAPE se define en Ecuador, según la Ley Minera de 2009, como aquella actividad que procesa hasta 300 toneladas métricas de mineral por día (TM/día). En esta amplia definición se incluye a una gran diversidad de actores, desde mineros artesanales que extraen material con técnicas rudimentarias como la recolección manual en los ríos, hasta pequeñas plantas de beneficio formal que han realizado inversiones sustanciales. Se consideran artesanales las operaciones que procesan hasta 10 TM/día y pequeñas aquellas que procesan entre 10 y 300 TM/día. Aún dentro del subgrupo artesanal se puede encontrar una variedad pronunciada de actores, caracterizados por su capacidad de extracción, inversión y mercados. De la producción total metálica de oro en Ecuador en el año 2014, el 78% proviene de las actividades en pequeña minería y el restante 22% es generado por medio de la minería artesanal (PNDM, 2018), que cuenta con un alto grado de informalidad, lo que hace difícil su manejo y regulación, en especial en lo ambiental.

Históricamente, si bien la minería aurífera en Ecuador data de la era precolombina, el auge de la MAPE se dio a partir de 1978, con el desmantelamiento de la Compañía Industrial Minera Asociada (CIMA) en Zaruma-Portovelo (El Oro) (Sandoval, 2001; Thomas, 2019). En los años ochenta del siglo pasado, surgen cooperativas de pequeños mineros informales en Ponce Enríquez (Azuay) y Nambija (Zamora), resultado de la migración de poblaciones de la Costa después del fenómeno de El Niño de 1985 (Sandoval, 2001). Desde entonces, este sector ha ido evolucionando constantemente en sus formas de organización, procesos de extracción y beneficio, así como en sus relaciones con el Estado y otros actores (Sandoval, 2001).

La población que se dedica a la MAPE es muy diversa. Sin embargo, los mineros que extraen mineral artesanalmente son en su mayoría vulnerables socioeconómicamente. Más de la mitad de la población en las provincias con mayor presencia minera tiene sus necesidades básicas insatisfechas y pocas alternativas de empleo (Ministerio de Minería, 2016). Esto explica en parte el atractivo de la MAPE, que ofrece precios y mercados relativamente estables y el hecho de que un gran

número de personas entra y sale de la MAPE, en función a los precios del oro y sus oportunidades laborales. Por tanto, la actual crisis producto de la pandemia del covid-19 hace prever un incremento de esta actividad. A esto se suma que, a pesar de que la producción en estas zonas aún se considera rentable, se ha observado que el contenido de oro en los yacimientos es cada vez menor y, por tanto, se proyecta que su explotación deje de ser económicamente interesante en el largo plazo (Ministerio de Minería, 2016). Consecuentemente, la vulnerabilidad de los mineros artesanales y la constante fluctuación de sus economías repercuten en el resto de los eslabones de la cadena de valor.

Dentro de esta cadena de valor que incluye una multitud de actores, los operadores de plantas de beneficio son actores centrales y estratégicos. Ellos son capaces de promover un comportamiento más estable, mejor planificado y propenso a ser más fácilmente regulado, pues son quienes intermedian en el proceso de comercialización y de quienes depende el nivel de recuperación de oro en la fase de separación del mineral.



2.2 Legislación, normativa aplicable y política pública actual en la MAPE

En Ecuador, la legislación aplicable a la MAPE es clara, incluyente y explícita, tanto en lo técnico como en lo administrativo. Existen leyes orgánicas y ordinarias, instrumentos técnicos, documentos de planificación estratégica y acuerdos bilaterales firmados entre Ecuador y otros países (Anexo B - Documento de Política pública en la MAPE). Al menos un tercio de las normas han sufrido reformas en los últimos cinco años, lo cual es indicativo de la constante adaptación a las realidades y retos que enfrenta el sector. Además de los principios establecidos en la Constitución de 2008 y la Ley de Minería de 2009 (y sus reformas) existen convenios internacionales suscritos en los últimos años que son relevantes para este estudio: (i) los tratados bilaterales entre Ecuador y Perú (sobre descontaminación y conservación de nueve cuencas hidrográficas transfronterizas); y, (ii) el

Convenio de Minamata, cuyo objetivo es "proteger la salud y el ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio", a través de acciones que reduzcan y eliminen su uso y de un Plan Nacional de Acción iniciado en 2017.

La prohibición del uso de mercurio y la promoción de acciones encaminadas hacia ese objetivo están recogidas en el Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería y Minería Artesanal (2009), en el Reglamento Ambiental de Actividades Mineras (RAAM) (2014-2016) y en la Ley de Minería 45 (reforma de 2018).

La normativa específica que regula la dinámica entre la población involucrada y el Estado se encuentra distribuida en diferentes ámbitos de la gestión pública e incluye:



El Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero de 2016 (PNDSM, aprobado con Acuerdo Ministerial 018) y la Política Pública Nacional Minera de 2019 (PPNM), a cargo del Ministerio y sus entidades adscritas, en especial el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) y la Agencia de Regulación y Control Minero (Arcom) (Ministerio de Minería, 2016).



El Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería y Minería Artesanal y sus reformas (2009) y el RAAM y sus reformas (2014), a cargo del MERNNR y del Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE), respectivamente.



El Instructivo para Otorgar Licencias de Comercialización de Sustancias Mineras (Acuerdo Ministerial 028 de 2020), cuya observancia está a cargo de la Agencia de Regulación y Control Minero (Arcom).



La Ley de Régimen Tributario Interno, cuyo rector es el Servicio de Rentas Internas (SRI).



Las Resoluciones 091 de 2015 y 536 de 2019, que determinan que el Banco Central del Ecuador (BCE) tiene derecho preferente en la compra de oro no monetario proveniente de la MAPE y lo comercializa directa o indirectamente, por intermedio de agentes económicos públicos y privados.

Los siguientes instrumentos de planificación generados desde la Función Ejecutiva en los últimos años reglamentan el ciclo productivo y son aplicables al proceso de comercialización sobre el cual se enfoca este TSA:



El PNDSM recomienda como visión nacional minera a 2035 que “el sector constituye un pilar importante en la transformación de la matriz productiva (...) y garantiza el conocimiento y aprovechamiento soberano, tecnificado, ambiental y socialmente sostenible de sus minerales, para consolidarse (...) con una producción de alto valor agregado”. Para el efecto, una de las metas propuestas era la de “alcanzar al año 2020 el 4,00% de aporte del sector minero al PIB”, lo que representaría un aumento de 148% tomando en cuenta el aporte de 1,61% en 2015 (Ministerio de Minería, 2016).



La PPNM plantea “incrementar y diversificar la producción del sector minero” sobre la base de los siguientes lineamientos, entre otros:

“Elaborar un modelo económico (...) que identifique la rentabilidad para el Estado, y determine contribución al PIB, exportaciones, inversión nacional y extranjera, niveles de producción, costos ambientales y sociales, operativos y post operativos”; y, “Diseñar e implementar un modelo de desarrollo integral, en cumplimiento de la normativa minera, hídrica y ambiental, para la MAPE, a través de instrumentos como la asociatividad, la formalización y el escalonamiento”.



Un segundo objetivo estratégico de la PPNM es promover “la adopción de buenas prácticas ambientales y de seguridad ocupacional en la industria minera que garantice un aprovechamiento integral (...) de los recursos minerales (...), precautelando el cuidado del patrimonio natural y la vida humana con buenas prácticas ambientales y de seguridad ocupacional”, incluyendo las “externalidades y costos ambientales, hídricos y sociales en los proyectos mineros y sus planes de operaciones”.

Estos tres pilares de la política pública constituyen el ámbito conciso en el cual se inscribe el enfoque del TSA en la MAPE. Este último se articula directamente con los lineamientos que apuntalan la estrategia estatal y busca orientar la toma de decisiones hacia un incremento en la rentabilidad y mejoras significativas en el desempeño ambiental de los proyectos.

Particularmente llama la atención que a pesar de ser una parte central de la cadena de valor del oro, los operadores de las plantas de beneficio no son considerados como actores mineros dentro de la política pública ecuatoriana. La comercialización del mineral extraído y transportado a las plantas de beneficio para su

procesamiento, el beneficio económico que obtiene el minero, el operador de la planta y el Estado están solo parcialmente normados. La normativa secundaria aplicada a estos procesos es general en cuanto a los trámites administrativos que cada actor debe cumplir, mas no atiende de manera puntual los aspectos ambientales y económicos que de ella se derivan, es decir, de qué manera deben realizarse estas operaciones para obtener el mayor aprovechamiento del mineral procesado, para incrementar las rentas generadas y para mejorar el desempeño ambiental de los proyectos.

2.3 Caracterización de los actores institucionales de la MAPE en Ecuador

2.3.1 El rol del MERNNR y sus entidades adscritas

Como en otros sectores públicos, la minería ha sufrido cambios significativos desde que entró en vigencia la Constitución de 2008 y como respuesta al contexto económico nacional. Estos cambios han sido marcados por una expansión en la capacidad estatal para promover y regular la actividad, cuyo epítome fue la creación del Ministerio de Minas en 2013, seguida de un replanteamiento de la estrategia de intervención estatal en un contexto de marcada restricción del gasto público.

Actualmente, el MERNNR a través del Viceministerio de Minas (máxima autoridad minera), la Subsecretaría de Minería Artesanal y Pequeña Minería, y la Dirección de Minería Artesanal - es quien rige, regula, coordina y promueve la minería artesanal y las actividades que de

ella se derivan. Igualmente, articula la aplicación y desarrollo de la política pública minera junto con sus entidades adscritas (Arcom, IIGE) y las entidades públicas competentes en el ámbito económico (SRI y BCE), ambiental (MAAE) y social (MSP y MIES, principalmente).

No ha sido posible obtener información que refleje el estado de avance de la implementación de los puntos específicos que apuntalan el desarrollo de la MAPE dentro de la política pública actual. Sin embargo, se han venido anunciando posibles cambios a la normativa actual, los que podrían fortalecer la capacidad estatal para el alcance de los objetivos planteados.

2.3.2 Otros actores públicos y privados relevantes



El Ministerio del Ambiente y Agua es la autoridad ambiental a escala nacional. Entre otras atribuciones, genera y administra los procesos de prevención de la contaminación ambiental. En el caso de los mineros artesanales esto corresponde a los registros ambientales y en el caso de las plantas de beneficio a los permisos de operación. Por otra parte, administra los permisos de agua; ejerce el rol de control de los planes de manejo ambiental; promueve las buenas prácticas a través de incentivos ambientales, honoríficos y económicos; y es el principal responsable del cumplimiento del plan nacional de erradicación del mercurio (Convenio de Minamata).



El Instituto de Investigación Geológica y Energético (IIGE) genera, recoge y provee información prospectiva respecto del mineral a escala nacional. Adicionalmente orienta al tomador de decisiones en cuanto a aspectos técnicos aplicables a los procesos de exploración, extracción, recuperación, separación y tratamiento posterior de relaves y otros desechos minerales. Junto con el sector académico, estudia y provee información relativa a las técnicas aplicadas para mejorar la eficiencia en la recuperación del mineral, entre otras actividades.



El Servicio de Rentas Internas (SRI) se encarga de asegurar el cumplimiento de las obligaciones tributarias de las actividades relacionadas con la obtención y comercialización del oro en el país. La Cámara de Minería, liderada por medianos y grandes empresarios, aglomera a varios gremios y asociaciones con diversas escalas de producción y vinculados a actividades como el beneficio y la comercialización. Las organizaciones más reconocidas de la MAPE en el país son la Asociación de Propietarios de Plantas de Beneficio, Fundición y Refinación de sustancias Minerales de la Provincia de El Oro (Aproplasmin) y la Cámara de Pequeña Minería (Capemine), que concentra a los mineros artesanales y de pequeña escala, principalmente de conocidos distritos mineros como Zaruma-Portovelo y Ponce Enríquez.



El Banco Central del Ecuador (BCE) administra las reservas nacionales de oro y es el principal comprador de oro de origen legal en el país. Regula la comercialización de oro a escala nacional, y administra las transacciones del metal según los precios internacionales oficiales.

2.4 La cadena de valor y los procesos en la MAPE

Este estudio se enfoca en las primeras etapas de la cadena de valor del oro: la extracción del mineral, el beneficio y la comercialización de concentrado de oro (doré). La exploración y prospección son etapas muy importantes previas a la extracción. Igualmente, pueden realizarse procesos de refinación a partir del concentrado de oro para mejorar su pureza. Sin embargo, estos eslabones de la cadena están más allá del alcance de este estudio.

En cada una de las etapas de exploración, extracción, beneficio y comercialización (Figura 1), hay una gran variedad de actores interrelacionados con distintas prácticas, procesos y niveles de inversión: desde los mineros más artesanales hasta la minería de gran escala.

Las plantas de beneficio se encuentran en las provincias de Zamora, Azuay y El Oro (1%, 42% y 57%, respectivamente) y se estima que suman entre 116 y 142 legalmente vigentes, de las cuales solo un tercio poseen planes de manejo ambiental aprobados (Gonçalves, 2016; Veiga et al., 2014; Velásquez-López et al., 2010, PNDSM, 2016; MAAE, 2020). Se conoce como beneficio al proceso de separación y concentración del oro. En dichas provincias también hay cooperativas de mineros que extraen el mineral y comercializadores.

La extracción de mineral puede hacerse en los lechos de los ríos (aluvial) o de forma subterránea. Por lo general, la extracción aluvial es realizada por mineros con menor capital, mientras que para

la extracción subterránea se observa una gran diversidad de actores, con distintos niveles de inversión. Algunas cooperativas trabajan con poca maquinaria y cargando el mineral a mano, mientras que otras han invertido en rieles y maquinaria pesada. El alquiler de equipos es una práctica extendida. En la minería subterránea, la perforación y explosión (o voladura) son procesos importantes que determinan la productividad y enfoque de los procesos posteriores de beneficio (Velásquez-López et al., 2019).

Las plantas de beneficio tienen la infraestructura física donde se inician los procesos para la recuperación del mineral, los cuales contemplan etapas de trituración, molienda, fundición y refinación de los minerales principales y secundarios (PNDSM, 2016). Existe una amplia gama de métodos y procesos de separación del metal. Una de las técnicas más antiguas y aún utilizadas es la amalgamación con mercurio (Hg) (Harari et al., 2012). Los mineros artesanales, por lo general utilizan chanchas para este proceso, insertando el mercurio directamente en ellas durante la molienda (Veiga et al., 2014). Posteriormente, para eliminar el mercurio, se quema la amalgama. El resultado es un concentrado de oro que puede o no contener residuos de mercurio, según el proceso de separación usado. La tasa de recuperación de oro con este método es de 30-40% en promedio (García et al., 2015; Veiga et al., 2014; Tarras-Wahlberg, 2002).



⁵ Los lingotes de doré son aleaciones de oro y plata, con proporciones variables de los dos metales pero normalmente con mayor presencia de oro. Estos lingotes son posteriormente refinados para separar y obtener oro de alta pureza.

Con este método, el mercurio es liberado en el ambiente durante la quema de la amalgama (contaminación del aire) o a través de las "colas" o los relaves (contaminación de suelos y agua) (García et al., 2015).

Estas pérdidas de mercurio pueden reducirse si se añade el mercurio después de haber hecho un proceso previo de concentración gravimétrica (Veiga et al., 2014). Podrían disminuir también si se usan retortas durante la quema de la amalgama para condensar, recuperar y reciclar el mercurio (García et al., 2015). A pesar de los esfuerzos realizados por agentes de extensión para difundir estas prácticas, estas siguen siendo muy poco frecuentes entre los mineros artesanales que procesan ellos mismos el mineral que extraen (Hilson, 2006; Jønsson, Charles y Kalvig, 2013).

Desde la década de 1990 han surgido plantas de beneficio que prestan servicios de procesamiento a los mineros (Veiga et al., 2014). Estas plantas pueden tener sus propias operaciones mineras o no y por la cantidad de mineral que procesan pertenecen a la pequeña minería. Si bien la capacidad que pueden tener estas plantas varía, la gran mayoría procesa menos de 50 TM/día (Gonçalves et al., 2017). El servicio más común consiste en realizar el beneficio por un pago simbólico

más un porcentaje del oro que queda en los relaves después de la amalgamación. En las plantas se utilizan molinos chilenos⁷ (abiertos) para la molienda del mineral y liberación del oro; el producto intermedio tiene una mayor concentración de oro y es amalgamado con mercurio en una fase posterior. Los mineros se quedan con la amalgama para quemarla (en la propia planta o en sus casas) y los relaves pasan a ser propiedad de las plantas. Posteriormente, las plantas aplican por lo general un proceso de cianuración Carbon-in-Pulp (CIP) o Merrill-Crowe a los relaves (Velásquez-López et al., 2010). La cianuración es mucho más eficiente que la amalgamación con mercurio, con una tasa de recuperación de 70-80% en promedio (Veiga et al., 2014). Existen diversos procesos para eliminar el cianuro de los relaves finales, pero estos frecuentemente no son implementados. Con relativa frecuencia, las plantas liberan residuos contaminados con mercurio y cianuro al ambiente (Gonçalves et al., 2017).

Respecto a la comercialización, los mineros artesanales que menos producen venden su oro principalmente a intermediarios en condiciones desfavorables (Thomas, 2019).

Solo los actores de la MAPE formalmente establecidos pueden acceder a canales de venta formales de aprovisionamiento al BCE para las reservas nacionales o a comercializadores autorizados. Aun así, la gran mayoría del oro se destina al mercado informal. Se estima que solo el 30% del oro producido se reporta al BCE y a la Arcom, mientras que el resto se comercializa de forma ilegal (Torres López, 2015).

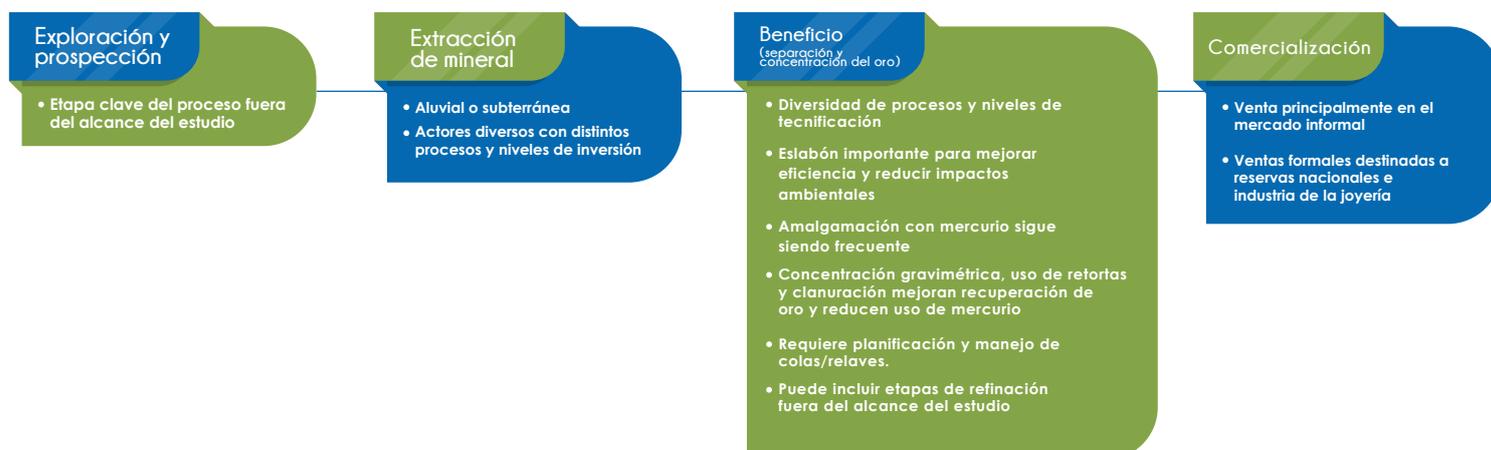
Finalmente, existe un grupo poblacional que no será considerado en el análisis, pero al que es importante reconocer debido a su particular situación de vulnerabilidad. Se trata de las jancheras, mujeres que se especializan en recoger y acumular el mineral que las operaciones descartan en escombreras. Este mineral es posteriormente vendido a operaciones mineras pero normalmente a precios menores a los obtenidos por otros actores.

⁶ Material granulado que queda una vez que el mineral sale del proceso de molienda

⁷ Equipo usado para molienda y reducción de tamaño del mineral, mediante el uso de ruedas de cemento alojadas en un contenedor de alrededor de 3 metros de alto y 2 de diámetro, alimentadas por un motor eléctrico.



Figura 1: La cadena de procesos de la MAPE



Fuente: Elaboración propia.

2.5 Principales problemáticas

2.5.1 La informalidad en la MAPE

Pese a que son conceptos distintos, se utilizan frecuentemente de forma intercambiable los términos informal e ilegal para referirse a la MAPE. El más adecuado es informalidad, que hace referencia a las actividades económicas que no están registradas y operan al margen de los sistemas económicos formales. Hay que considerar que la informalidad no es el enfoque central de este estudio, sin embargo, incide de forma indirecta pero ostensible en su problemática, además que constituye uno de los desafíos más importantes de regulación en el sector.

En la MAPE de oro en Ecuador, de forma muy simplificada, la informalidad se da cuando las operaciones mineras no están registradas en el catastro minero, no cuentan con los permisos ambientales correspondientes, o ambas. Por tanto, estos emprendimientos no entran en las cuentas oficiales, no pagan impuestos al Estado, son más difíciles de controlar y operan fuera de la normativa ambiental. Por lo tanto, son informales y en algunos casos realizan actividades ilegales.

La informalidad nace, por un lado, de una insuficiencia en la generación de empleo formal para absorber la cantidad de mano de obra que necesita trabajar y generar ingresos, y, por otro lado, por la paulatina descentralización de los procesos productivos (subcontratación, maquilas, etc.) (Mosquera, 2006). En Ecuador, los datos oficiales del INEC sitúan el

porcentaje de informalidad entre la población económicamente activa ocupada en un 46,7% (INEC, 2019), mientras la Organización Internacional del Trabajo (OIT) estima el porcentaje de empleo informal en sectores no agrícolas para 2018 en 65%.⁸

En la MAPE solo un pequeño porcentaje de mineros tiene operaciones y empleos plenamente formales (Thomas, 2019). Dada la amplitud de la informalidad y sus consecuencias, muchas iniciativas de cooperación internacional y políticas nacionales se han enfocado en la formalización como un factor central para enfrentar los desafíos económicos, sociales y ambientales del sector (Mosquera, 2006).

Sin embargo, han surgido a la par múltiples cuestionamientos sobre su efectividad (Marshall y Veiga, 2017). La formalización es difícil de lograr y no es una condición suficiente para resolver los problemas de la MAPE, especialmente en contextos en los que frecuentemente se incumple la ley. En consecuencia, algunos autores sugieren empezar con una revisión del marco normativo de la MAPE para: mejorar la identificación del sector y sus prácticas, facilitando así su reconocimiento y regulación; hacer menos burocrático el proceso de formalización; promover formas innovadoras para educar y organizar a los actores de la MAPE; y proveer asistencia técnica de largo plazo (Marshall y Veiga, 2017; Güiza Suárez, 2015).

⁸ <https://data.worldbank.org/indicator/SL.ISV.IFRM.ZS?view=map>

2.5.2 Servicios ecosistémicos y la problemática ambiental de la MAPE

La MAPE es una actividad económica atractiva, pues provee de ingresos significativos en un plazo relativamente corto. Sin embargo, la minería, sin una gestión adecuada, puede ser causante de considerables impactos ambientales, los cuales no siempre se perciben como costos de producción por parte de los actores privados que están dentro de la cadena productiva, conocidas como externalidades.

En los procesos de extracción y recuperación de oro, la MAPE utiliza servicios ecosistémicos como el agua (servicio de abastecimiento) de cuerpos superficiales como ríos, lagunas y pantanos, el cual es un recurso crítico para la producción y al que se accede fácilmente sin un costo. Sin embargo, se podría hacer un uso excesivo y no adecuado (contaminación, erosión) de este recurso, alterando el ecosistema y afectando al servicio de abastecimiento para consumo humano y agrícola. Las actividades mineras mal planificadas y ejecutadas provocan, en muchos casos, pérdida o fragmentación de hábitats, pérdida de biodiversidad, contaminación del agua y del ambiente, y consecuencias a las personas y sus medios de vida. Por ejemplo, un mal uso de los servicios ecosistémicos podría afectar a la gran biodiversidad que existe en las zonas del estudio, incluyendo especies que se encuentran amenazadas de extinción, como el jaguar (*Panthera onca*) y el armadillo gigante (*Priodontes maximus*) en la provincia de Zamora; la pava barbada (*Penélope barbata*) en la provincia del Azuay y el zorro de sechura (*Pseudalopex sechurae*) en la provincia de El Oro. Sin embargo, es necesario indicar que el estudio de TSA no se enfoca en analizar los impactos de la minería en cuanto a la pérdida de biodiversidad.

Al momento, no existe un costo definido para el uso del agua de ríos y no se paga por emisión de mercurio o cianuro al

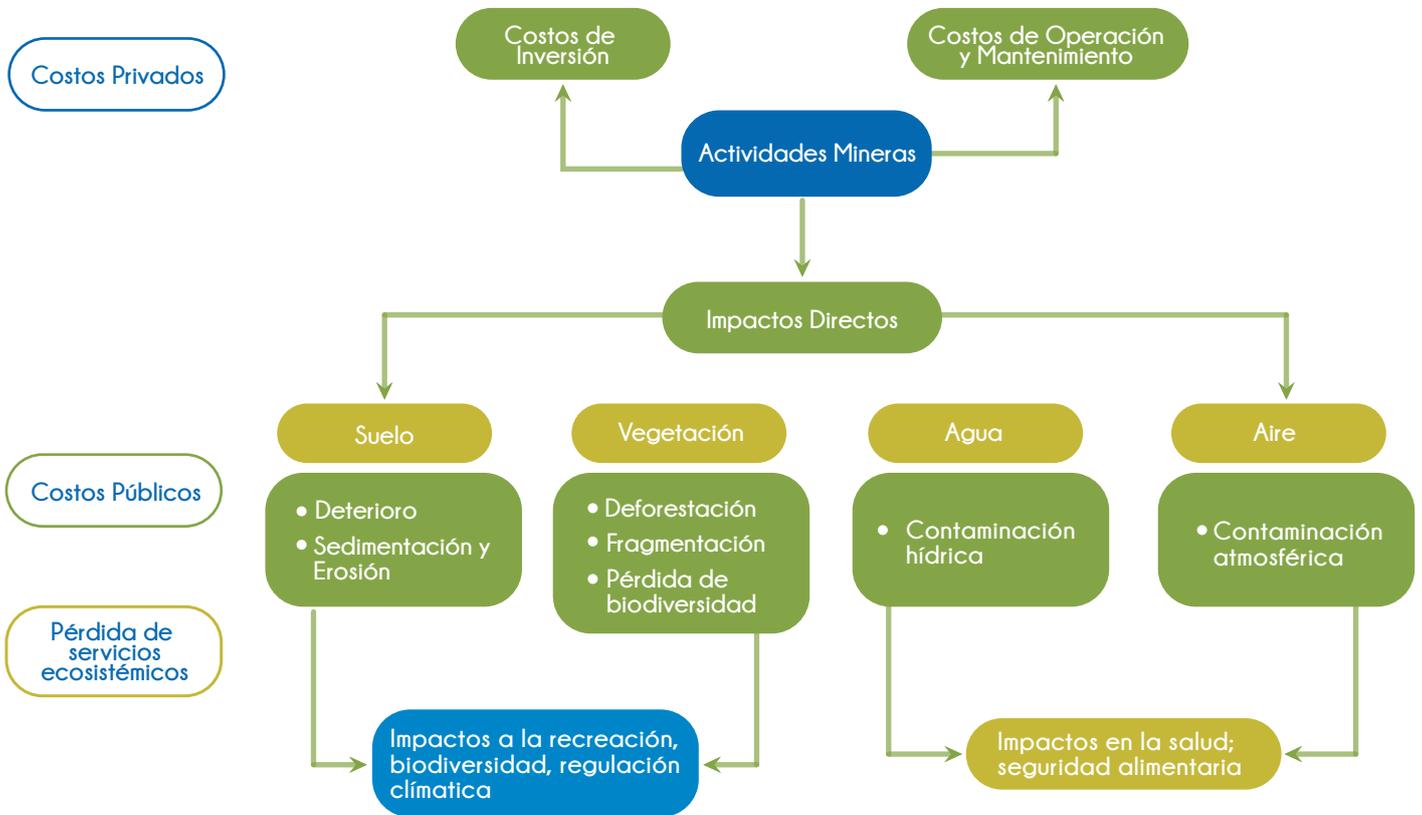
aire, al suelo o a los ríos. Los servicios ecosistémicos proporcionan beneficios a las actividades humanas, entre ellas a la minería. Al ser recursos de libre acceso, se utilizan de manera subóptima y se agravan con la presencia de factores como la informalidad, lo que hace más difícil la regulación y el monitoreo de las actividades en la MAPE e incrementan el riesgo de generar externalidades provocadas por el uso ineficiente e irresponsable de los servicios ecosistémicos.

La relación entre los servicios ecosistémicos y las actividades mineras se caracteriza por el uso de recursos (insumos) para la producción que provocan cambios en la cobertura vegetal y el suelo (hábitat) y, en algunos casos, en la contaminación de suelo, agua y aire. Estas pérdidas generalmente no se consideran directamente en la contabilidad de los propios mineros (Figura 2) y pasan a ser costos públicos. Sin embargo, la actividad minera en sí y sus impactos implican costos económicos reales, como aquellos asociados a la pérdida de ingresos tributarios y de divisas por las afectaciones a la salud de las personas y a los medios de vida que se desarrollan en comunidades aledañas, generando altos costos a mediano y largo plazo. El Estado es el veedor y administrador de los costos públicos, aunque en algunos casos, puede delegar esta responsabilidad al minero en forma de obligaciones o sanciones ambientales. Los costos también pueden ser absorbidos de forma subsidiaria por la población (a través de la reinversión de los impuestos asignados a gobiernos autónomos locales), o por el gobierno central, si se cumplen condiciones excepcionales (sanitarias, ambientales o judiciales) que le exijan intervenir con la reparación subsidiaria (Acuerdo Ministerial 001 de 2009, PRAS-MAAE).



⁹ Los servicios de los ecosistemas han sido definidos básicamente como las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas y la biodiversidad al bienestar humano. Esta definición distingue claramente entre servicios y beneficios, y reconoce que los servicios pueden beneficiar al ser humano en varias dimensiones, ya que un mismo servicio puede generar múltiples beneficios (Martín-López et al., 2012).

Figura 2: Costos de las actividades mineras



Fuente: Elaboración propia.

El aspecto más problemático que se ha destacado con la MAPE en Ecuador es el uso del mercurio (Mosquera, 2006; Fundación Natura, 1990; Harari et al., 2012; BCE, 2017), aún muy extendido pese a su prohibición desde mediados de 2015. El mercurio es un elemento natural pero su uso en la minería lo dispersa de tal manera que crea impactos ecológicos y humanos significativos. El manejo controlado de residuos de mercurio es difícil de implementar y sin un plan de manejo adecuado, la MAPE suele liberar mercurio al aire, al agua y al suelo. Estos vertimientos se hacen en su mayoría durante el proceso de beneficio. Una vez en el ambiente, puede ser inhalado directamente o formar compuestos orgánicos (metilmercurio) que se acumulan en los tejidos de

diversas especies de la cadena alimentaria (desde peces y crustáceos hasta los humanos que los consumen), causando impactos significativos en los servicios ecosistémicos, como la provisión de agua y comida, que a su vez se traducen en impactos a la salud (Figura 3). Los impactos de la bioacumulación se extienden en el largo plazo, haciendo más difícil su mitigación. Los daños a la salud causados por el mercurio repercuten como impactos económicos al afectar la calidad de vida, la longevidad y la productividad, además de traducirse en costos médicos para el individuo y la sociedad. Las externalidades asociadas a la contaminación con mercurio son preocupantes y alcanzan una escala global.

Figura 3: Uso de mercurio en el proceso de amalgamación



Fuente: Elaboración propia.

3. Metodología del estudio

3.1 Recolección de información

La información usada en este análisis fue recolectada de fuentes primarias y secundarias. La información primaria provino de 11 entrevistas semiestructuradas, realizadas a expertos a lo largo del estudio, y a través de grupos focales con actores públicos y privados del sector minero, desarrolladas durante el taller de arranque del proyecto.¹⁰ Por su parte, la recolección de información secundaria implicó la revisión de 179 documentos publicados en distintos formatos: artículos académicos, informes de proyectos, bases de datos oficiales, documentos técnicos del sector, entre otros.

3.2 La metodología TSA

El TSA es una metodología elaborada por el PNUD para integrar el valor de los servicios de los ecosistemas dentro de decisiones políticas y evaluar inversiones que busquen promover sistemas más sostenibles (Alpizar y Bovarnick, 2013). Debido a su enfoque, el Programa Green Commodities está impulsando el uso de esta herramienta para promover la reforma de políticas específicas y/o la implementación de planes sectoriales de desarrollo en Ecuador y en otros países. Este estudio utiliza el TSA para explorar las consecuencias económicas y ambientales de un programa enfocado en el giro de negocio de las plantas de beneficio que implementen buenas prácticas y que promuevan una producción de oro más responsable. El TSA compara diferentes enfoques de gestión de

ecosistemas a nivel de sector para evaluar posibles pérdidas o ganancias económicas y ambientales, en términos de producción sectorial. El enfoque del TSA se centra en el cliente, en el sector y en el tomador de decisiones específico de un sector seleccionado, con capacidad para liderar decisiones de reforma de políticas e inversión. El producto del TSA es una presentación equilibrada y limitada en el tiempo de evidencia económica y financiera, dirigida al tomador de decisiones que sopesa los pros y los contras de continuar con las actividades habituales (BAU) o de seguir un camino de desarrollo sostenible, en el que los ecosistemas son gestionados de manera más eficaz y se enfocan en una producción más rentable, trazable y ambiental y económicamente sostenible.

¹⁰ Los servicios de los ecosistemas han sido definidos básicamente como las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas y la biodiversidad al bienestar humano. Esta definición distingue claramente entre servicios y beneficios, y reconoce que los servicios pueden beneficiar al ser humano en varias dimensiones, ya que un mismo servicio puede generar múltiples beneficios (Martín-López et al., 2012).

* En el Anexo C se puede consultar la lista de personas entrevistadas.

Este camino alternativo se denomina gestión sostenible de ecosistemas (SEM). Esto aumenta la probabilidad de que estos datos se utilicen para tomar decisiones informadas que optimicen la gestión, las políticas y las inversiones sectoriales.

La metodología del TSA comienza con la identificación de actores clave o tomadores de decisiones dentro del sector, quienes contribuyeron a la focalización del estudio en la etapa inicial. El TSA informa el proceso de toma de decisiones a través de la identificación de

políticas cuyos impactos económicos puedan proyectarse en los escenarios BAU Y SEM. Los indicadores económicos que se proyectan para los dos escenarios luego se traducen en recomendaciones para la toma de decisiones puntuales.

La metodología, en general, conlleva cinco pasos, los que se enumeran a continuación y se detallan a lo largo del resto del documento:

- 1 Definición del propósito, alcance y objetivo;
- 2 Definición de la línea base BAU y la intervención SEM;
- 3 Selección de criterios e indicadores;
- 4 Análisis y formulación de escenarios BAU y SEM; y,
- 5 Presentación de resultados y recomendaciones.

3.3 Enfoque del análisis

3.3.1 Propósito y alcance del TSA

El objetivo del TSA es la provisión de datos relevantes, basados en evidencia, que puedan sustentar la necesidad de optar por mejores políticas e incrementar las inversiones necesarias para lograr una gestión adecuada de los ecosistemas en el sector de la MAPE, alcanzando beneficios económicos mejor planificados y trazables.

Con la información y datos generados por el TSA, quienes toman decisiones que conciernen a la MAPE pueden hacerlo de manera más informada. Esto incluye a decisores del sector público y privado, y a los mineros pequeños y artesanales.

Se debe subrayar que el objetivo del presente estudio TSA no es el de justificar el desarrollo minero como el eje central del modelo de desarrollo del país. Por el contrario, se reconoce que el país requiere de un modelo diversificado, multisectorial y ambientalmente sostenible de desarrollo económico. Se necesita un modelo innovador que vaya más allá de la extracción y exportación de materias primas y recursos no renovables.

Este estudio se enfoca en visibilizar el uso de incentivos económicos en

combinación con mejoras de tipo institucional para lograr: i) mejorar los ingresos de los actores formales de la MAPE, especialmente los mineros más vulnerables; ii) integrar los impactos ambientales de la MAPE en las decisiones de planificación del sector; iii) mejorar el acceso del Estado a reservas de oro que puedan ser adquiridas por el Banco Central; e, iv) incentivar la discusión y reforma de regulaciones para impulsar buenas prácticas y gestión de ecosistemas, incluidos mejores vínculos entre actores de la cadena e incentivos económicos.

Este enfoque se definió sobre la base de los insumos recolectados durante el taller de lanzamiento del proyecto, realizado en Quito el 13 de diciembre de 2019. Esta información fue complementada con entrevistas a siete expertos, elaboradas a lo largo de diciembre del mismo año. Tanto en el taller como en las entrevistas, se identificaron los retos del sector y, considerando el ámbito de aplicación de la metodología TSA, el equipo consultor decidió concentrarse en aquellos puntos clave de la cadena de producción

que son responsables de emisiones y descargas de mercurio. Lastimosamente, se tuvo que dejar de lado temáticas importantes, pero fuera del alcance del método, como la informalidad o la participación de las mujeres en la MAPE.

Para propósitos de mayor claridad y con el fin de reflejar la intención y el espíritu de la transición propuesta, de ahora en adelante la intervención SEM será nombrada como Programa de Beneficio Responsable (PBR) en el documento. La intervención PBR aquí modelada se inspira en un proyecto impulsado por el Programa Nacional de Gestión de Sustancias Químicas del PNUD en Ecuador, para la implementación de buenas prácticas en el sector de la MAPE. Este proyecto generará una prueba piloto inspirada en las experiencias exitosas de países como Chile y Colombia, que trabajan con modelos similares (Carrasco Matas, 2019; García et al., 2015) (Anexo D para más información sobre la experiencia chilena).

La intervención PBR consiste en:



Invertir en procesos destinados a mejorar la operación de las plantas de beneficio y promover la implementación de buenas prácticas: eliminar la amalgamación con mercurio; incrementar capacidades de cianuración y gravimetría; y mejorar el manejo de relaves.



Generar una conexión entre las plantas con mejores prácticas y el programa de compras del BCE para que este último priorice las compras de oro a estas plantas. Esto garantizará el mercado y la obtención de buenos precios por el oro para las plantas, motivando a otras plantas a replicar el modelo en una lógica de "ganar-ganar".

La existencia de un comprador de oro que pague precios competitivos y que genere menor impacto ambiental y estabilidad en la economía local es fundamental para la viabilidad de la propuesta. El programa de compras de oro del BCE, lanzado en 2016, tiene las bases para cumplir este rol.



Incentivar la formulación de contratos de venta de los mineros artesanales a las plantas. Los mineros pasarían a vender su mineral a un precio estándar en lugar del pago en especie que realizan por el servicio de separación y amalgamación provisto por la planta de beneficio. Así, se reducirían las prácticas contaminantes y los riesgos a la salud del proceso rudimentario realizado in situ, que se basa en la quema de amalgamas de oro y mercurio. En el modelo propuesto, el monto para la compra del mineral deberá ser justo para ambas partes, lo cual crea un incentivo económico dentro del sector para unirse al modelo.



Integrar las externalidades asociadas con el uso del mercurio a los diferentes procesos de beneficio usando costos de salud como referencia de la magnitud de este impacto. Esto generará una disminución en las descargas de mercurio de los procesos de amalgamación, lo que a su vez reducirá todos los efectos ocasionados por la contaminación por mercurio en el ecosistema circundante y en las cuencas afectadas: acumulación de metales pesados en fauna acuática; daños a la salud humana por ingesta de especies contaminadas y por inhalación de gases en proceso productivo; pérdida de calidad en fuentes de agua y otras.

El estudio se centrará en modelar los probables efectos de este proyecto piloto y de su posible expansión. También se reflexionará sobre las posibilidades de escalar este esfuerzo a zonas estratégicas en el país, las implicaciones de esto y los requerimientos legales y de tipo económico. Sin embargo, es importante considerar que debido a que los actores mineros son muy diversos y que el modelo aquí analizado se enfoca en unos casos tipo, se debe ser muy cauto con las extrapolaciones de los resultados a toda la MAPE.



3.3.2 Determinación de decisiones clave y del tomador de decisión

El estudio va dirigido a aquellos tomadores de decisión (públicos y privados) competentes en la promoción de prácticas más sostenibles, y a aquellos capaces de utilizar la información generada para proponer reformas en las políticas y planificar alrededor de los impactos y ganancias esperadas. Específicamente, dado el objetivo de este estudio, las recomendaciones aquí expuestas son aplicables por las entidades que están a cargo del control y monitoreo de la MAPE y, en especial, de los procesos de separación (promoción de mejores prácticas en este punto de la cadena de valor) y de comercialización (promoción de precios justos que incentiven las prácticas). El modelo recomienda la separación del mineral a cargo de la planta de beneficio con el fin de facilitar el control y monitoreo por parte de

las autoridades. También busca disminuir los riesgos a la salud de los mineros, generar estabilidad económica para los actores de la MAPE e incrementar los ingresos del Estado.

En este sentido, el TSA identificó al MERNNR como principal tomador de decisiones sobre la rentabilidad financiera de los actores de la cadena, posibles ingresos para el Estado y mejoras en los esfuerzos para disminuir el impacto ambiental de la MAPE. Otros actores secundarios que podrán hacer uso de los resultados son el Banco Central del Ecuador (BCE), el MAAE y los actores productivos de la cadena MAPE. Esta información les permitirá tomar decisiones respecto a su potencial participación en el programa propuesto y dialogar con los promotores de este.



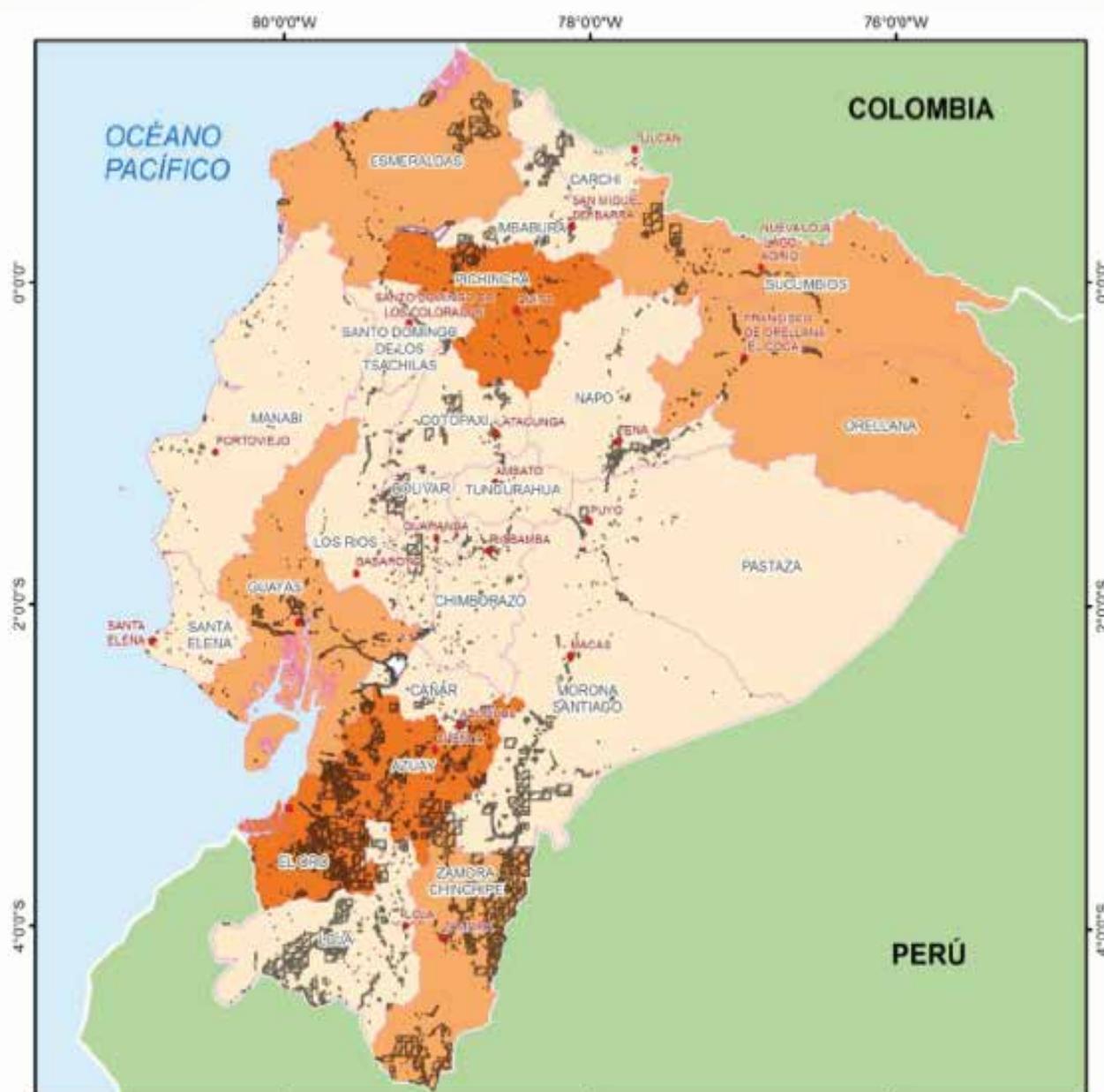
3.3.3 Alcance geográfico

La minería metálica de oro a escala artesanal se practica a nivel nacional, principalmente en las estribaciones occidental, central y oriental de la cordillera andina (donde predomina la minería subterránea) y en las cuencas hídricas que reciben las descargas de la región andina (donde se practica la minería aluvial). Sin embargo, la información oficial sobre la minería artesanal practicada en el país es muy escasa, en parte porque se trata de una actividad predominantemente informal y porque el último censo minero con el que se cuenta fue realizado hace diez años (2010). Por ello, este estudio se basó en caracterizaciones de mineros artesanales y plantas de beneficio formales de los distritos mineros de Zaruma–Portovelo (ZP), en la provincia de El Oro, y Ponce Enríquez (PE), en la provincia de Azuay, al Sur del Ecuador.

En ambas regiones se experimentó una "fiebre" minera entre 1970 y 1990. Su desarrollo fue promovido inicialmente por las primeras empresas extranjeras que invirtieron en el país a inicios de los años setenta, y luego por mineros artesanales y de pequeña escala que, habiendo ganado experiencia trabajando para esas empresas, vieron la oportunidad de desarrollar sus propias concesiones y plantas de beneficio. Estos "distritos mineros" han sostenido durante más de cuatro décadas una buena parte de las economías locales. Posteriormente han sufrido una evolución significativa en cuanto a aspectos laborales y ambientales, aunque el uso del mercurio en estas y otras áreas aún genera preocupación. Por otra parte, son zonas que ya han sido estudiadas, por lo que se dispone de mayor cantidad y calidad de información.



Figura 4: Uso de mercurio en el proceso de amalgamación



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ARCOM (2015). Catastro minero del 19/11/2015
- INEC (2012) División Política del Ecuador
- INEC (2010) Censo de población y vivienda

Elaborado por

- INIGEMM

SIGNOS CONVENCIONALES

Capital Provincial
Límite provincial

LEYENDA # PERSONAS DEDICADAS A LA EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CARRETERAS

- 78 - 1000
- 10001 - 2668
- 2669 - 6745
- ZONAS NO DELIMITADAS
- CONCESIONES MINERAS

Los distritos mineros de ZP y PE son zonas en las que la minería en todas sus escalas es uno de los pilares de la economía local. Actualmente cuentan con cerca de 500 registros vigentes en minería artesanal y más de 60 plantas de beneficio formales (MAAE, 2020). En los cantones más del 30% de la población local se beneficia de manera directa o indirecta de la MAPE, a pesar de que la actividad se concentra en zonas muy específicas del territorio y que en algunos casos se desarrolló exclusivamente en torno a esa actividad (ver Figura 4. Mapa extraído del PNDSM, 2016). Según el INEC, el 2,65% de la PEA de la provincia de El Oro (6.745 personas) se dedica a la explotación de minas y canteras, concentradas en su mayoría en los cantones de Portovelo y Zaruma. En Azuay, este grupo poblacional corresponde al 1,49% de la PEA provincial (4.728 personas), de las cuales 4.038 se encuentran en el cantónes Zaruma, Portovelo y Camilo Ponce Enríquez. Finalmente, en

Zamora Chinchipe, 2.242 habitantes realizan esta actividad productiva (6,19% de la PEA provincial) (PNDSM, 2016).

El comportamiento, tendencias, y estadísticas que hemos obtenido de las provincias de Azuay y El Oro han sido usados como referencia para caracterizar el modelo BAU de este TSA. Sin embargo, es imprescindible reconocer que estos datos representan un promedio dentro de un universo geográfica y socioeconómicamente diverso por: las variaciones en distancias (costos de transporte); características del terreno (minas nuevas en zonas de riesgo versus minas muy desarrolladas en áreas orográficamente más estables); clima (zonas particularmente lluviosas con grandes procesos erosivos en las estribaciones orientales); y presencia o ausencia de otras actividades económicas a escala local.



3.4 Análisis del marco regulatorio

Se estudió el marco regulatorio aplicable a la MAPE en los ámbitos económico, técnico, ambiental y tributario. Posteriormente se integró a un análisis comparativo de la política pública de otros países de la región y el mundo. De aquí se obtuvieron propuestas útiles para los objetivos del presente estudio, particularmente de Chile, donde existe un modelo de compra estandarizada de mineral a la MAPE y que ha dado buenos resultados (Valdés, Reyes y Ortiz, 2017). Para el efecto, se revisó de manera exhaustiva: (i) la Constitución de la República de 2008; (ii) los treinta y tres (33) acuerdos bilaterales firmados entre Ecuador y otros países en temas de minería (particularmente con Perú y Colombia); (iii) el proceso de firma, ratificación y estado de ejecución del Convenio de Minamata; (iv) las catorce (14) leyes orgánicas y ordinarias aplicables al sector; (v) los treinta (30) instrumentos legales que regulan aspectos económicos, ambientales, sociales, o administrativos de la MAPE; y, (vi) dos (2) documentos de planificación y priorización

estratégica en el sector minero (Anexo B – Documento de Política Pública).

De esta revisión se extrajeron todos los artículos y secciones aplicables a la minería artesanal y a la fase de beneficio. Se realizó un análisis cualitativo del alcance y la especificidad que tenían cada uno de los extractos en relación con la política pública de 2019, las preguntas iniciales del estudio y los escenarios focalizados. Finalmente, se realizaron comparaciones cualitativas con la normativa internacional, particularmente de Colombia, Perú y Chile (por las similitudes y cercanía regional), así como de Ghana (por la similitud en cuanto a ciertas dinámicas y lecciones aprendidas).

Finalmente, estos análisis permitieron identificar vacíos y áreas de la normativa que se encuentran incompletas o que merecen atención inmediata para ser mejoradas, relacionadas directa o indirectamente con el foco del estudio. Estas son descritas en las conclusiones y recomendaciones.

3.5 Escenario BAU e intervención PBR

3.5.1 Identificación y definición de escenarios

El estudio se enfocó en modelar la vinculación de los diversos actores de la MAPE y la inversión para el fortalecimiento del desempeño ambiental de plantas de beneficio. Todos los actores considerados en el análisis son formales, habiéndose optado por no incluir a la población que opera informalmente. Esta exclusión se debió a que se consideró que la problemática de la informalidad debe abordarse en otros espacios, mediante distintos instrumentos que van

más allá de los planteados aquí, y por la razón de que no existe suficiente información certera sobre esta población que permita llevar adelante su modelización. Si bien estos actores representan a un importante porcentaje del sector, la alta diversidad en modelos de producción y escalas productivas en el sector hace que muchos mineros no se veían completamente reflejados en estos modelos.

Se definieron tres actores distintos:



A continuación, se describe lo que el modelo significa para estos actores y sus relaciones en el escenario BAU y la intervención PBR.

Escenario Business as Usual (BAU)

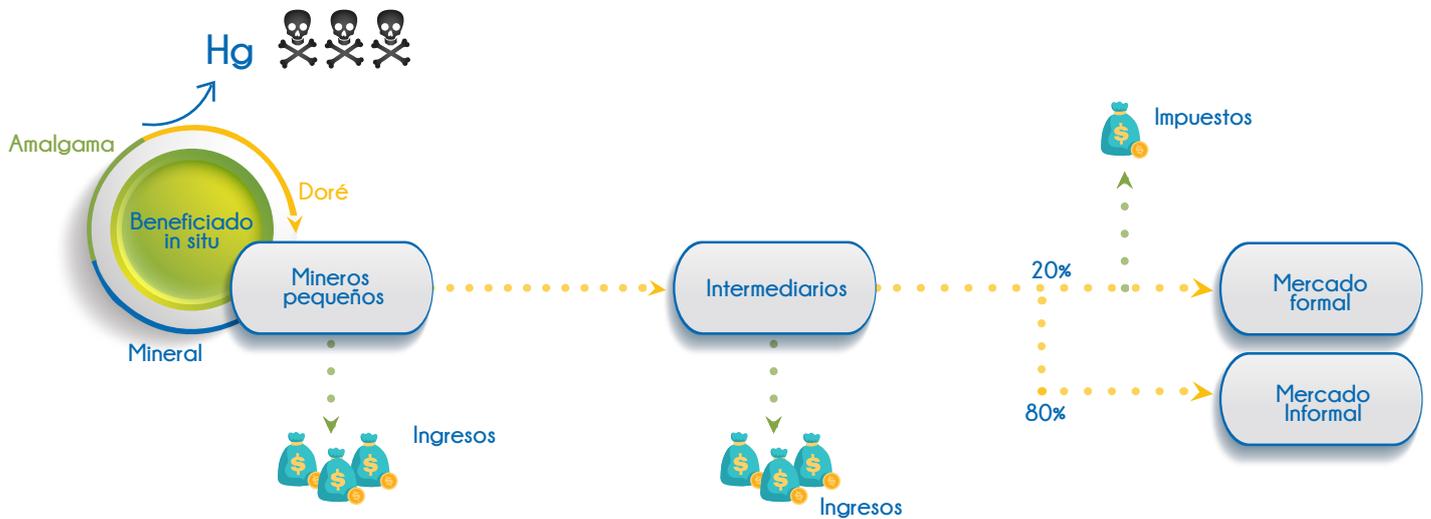
Mineros artesanales pequeños (OEPE). Estos mineros realizan tanto la extracción como la recuperación del mineral. Suelen formar asociaciones de alrededor de cuatro personas y ocasionalmente personal contratado. En promedio, extraen y procesan 2 TM/día de yacimientos con un contenido de 12 gr Au/TM (Gonçalves, 2016; Velásquez-López, 2019; Tarras-Wahlberg, 2002). Realizan procesos rudimentarios de beneficio in situ por amalgamación con mercurio en chanchas (Veiga et al., 2014). Utilizan 250 gr de mercurio por TM de mineral (FMAM, 2019; Luis Tapia, PNUD, comunicación personal). Aproximadamente el 58% del mercurio utilizado es recuperado (Velásquez-López, Veiga y Hall, 2010). El resto se libera en el ambiente y

suma 71 kg/año; es decir, casi 27 kg de mercurio por kg de oro producido (29% son descargas atmosféricas y 71% son residuos en los relaves) (Velásquez-López, 2010). Mediante el beneficio en chanchas, recuperan aproximadamente 40% del oro contenido en el mineral. Venden 80% del doré que obtienen en el mercado informal (Sandoval, 2001) a 38,42 USD/g, que equivale al 80% del precio internacional (Gonçalves, 2016). El 20% restante se vende en el mercado formal (10% al programa de compra de oro del BCE a 46,72 USD/g, que equivale al 97% del precio internacional; 10% a otros compradores formales vinculados a la industria de la joyería, también a 38,42 USD/g) (Figura 5).

¹¹ Según Thomas (2019), menos del 1% de los mineros artesanales en Ecuador son plenamente formales. Muchos de ellos trabajan informalmente con títulos mineros de terceros.

¹² El precio internacional usado es el promedio de los 12 meses previos al estudio. Estos precios cambian en periodos posteriores en la misma medida que cambia el precio internacional proyectado. Este mismo tratamiento ocurre en los tres actores modelados

Figura 5: Escenario Business As Usual para mineros pequeños



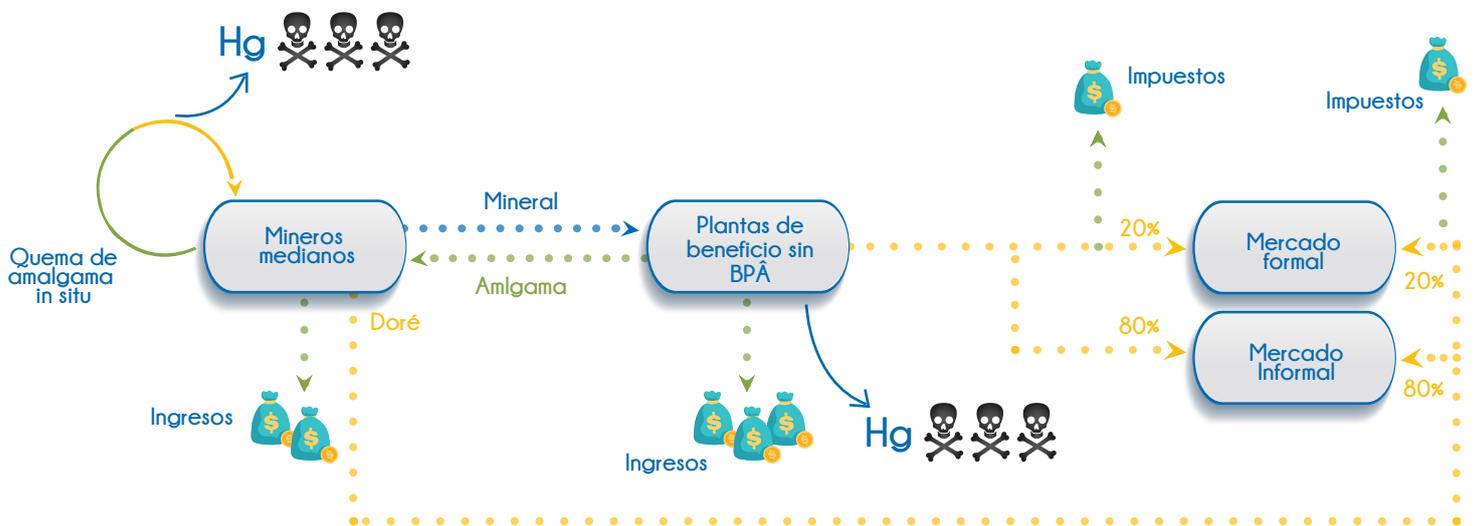
Fuente: Elaboración propia.

Mineros artesanales medianos (OEME). Se trata de asociaciones de mineros artesanales que contratan un pequeño número de trabajadores (nueve trabajadores entre socios y contratados). Extraen 5 TM/día de yacimientos con un contenido de 10 gr Au/TM y llevan el mineral a plantas de beneficio cercanas en promedio una vez al mes (Velásquez-López, 2019). El mineral es amalgamado en la planta después de ser concentrado en molinos chilenos (Veiga et al., 2014; Gonçalves et al., 2017; Velásquez-López, Veiga y Hall, 2010). Los mineros se llevan la amalgama, pagan una suma simbólica por el servicio (12 USD/TM) y dejan en la planta, como parte de pago, el resto del mineral que aún contiene el 60% de oro (Gonçalves, 2016). Aunque son los mineros quienes queman la amalgama, el mercurio utilizado es provisto por las plantas y por tanto se contabiliza en el balance de estas. Los mineros artesanales OEME también venden el 80% de su oro en el mercado informal a 38,42 USD/gr y 20% en el mercado formal (10% al programa de compra de oro del BCE a 46,72 USD/gr; 10% a otros compradores formales vinculados a la industria de la joyería, también a 38,42 USD/gr) (Figura 6).

Plantas de beneficio. El perfil de las plantas que se modeló es uno en el cual proveen el servicio de separación, concentración y amalgamación a los mineros artesanales medianos arriba descritos, aunque también existen plantas que operan con el mineral que obtienen de sus propias concesiones. Las plantas reciben el mineral y utilizan molinos chilenos para concentrarlo antes de amalgamarlo, disminuyendo considerablemente el uso de mercurio y mejorando su eficiencia en la obtención de oro, con relación a las chanchas (Gonçalves et al., 2017; Veiga et al., 2014). Entregan las amalgamas a los mineros a cambio de un pago simbólico y a cambio del oro remanente que queda en las "colas" y relaves después de la amalgamación (Gonçalves, 2016). Aplican un proceso subsecuente de cianuración, recuperando así 80% del oro restante en los relaves, es decir, 50% del oro inicialmente presente en el mineral (un promedio de 5 gr Au/TM) (Veiga et al., 2014). Utilizan 35 gr de mercurio por TM de mineral concentrado y aproximadamente 58% de este es recuperado (Velásquez-López, Veiga y Hall, 2010). El resto se libera

en el ambiente y suma 208 kg por año, es decir, 2,8 kg de mercurio por kg de oro producido (96% son descargas atmosféricas y 4% son residuos en los relaves) (Velásquez-López, Veiga y Hall, 2010). Al igual que los demás, venden 80% de su oro en el mercado informal, a 38,42 USD/gr, y 20% en el mercado formal (10% al programa de compra de oro del BCE a 46,72 USD/gr; 10% a otros compradores formales vinculados a la industria de la joyería, también a 38,42 USD/gr) (Figura 6). Si bien existe un nivel de manejo ambiental en estas plantas, en su mayor parte no está a la altura de la reglamentación o de los lineamientos de Buenas Prácticas Ambientales (BPA), impulsadas para mejorar las condiciones del sector.

Figura 6: Escenario Business As Usual para mineros medianos y plantas de beneficio



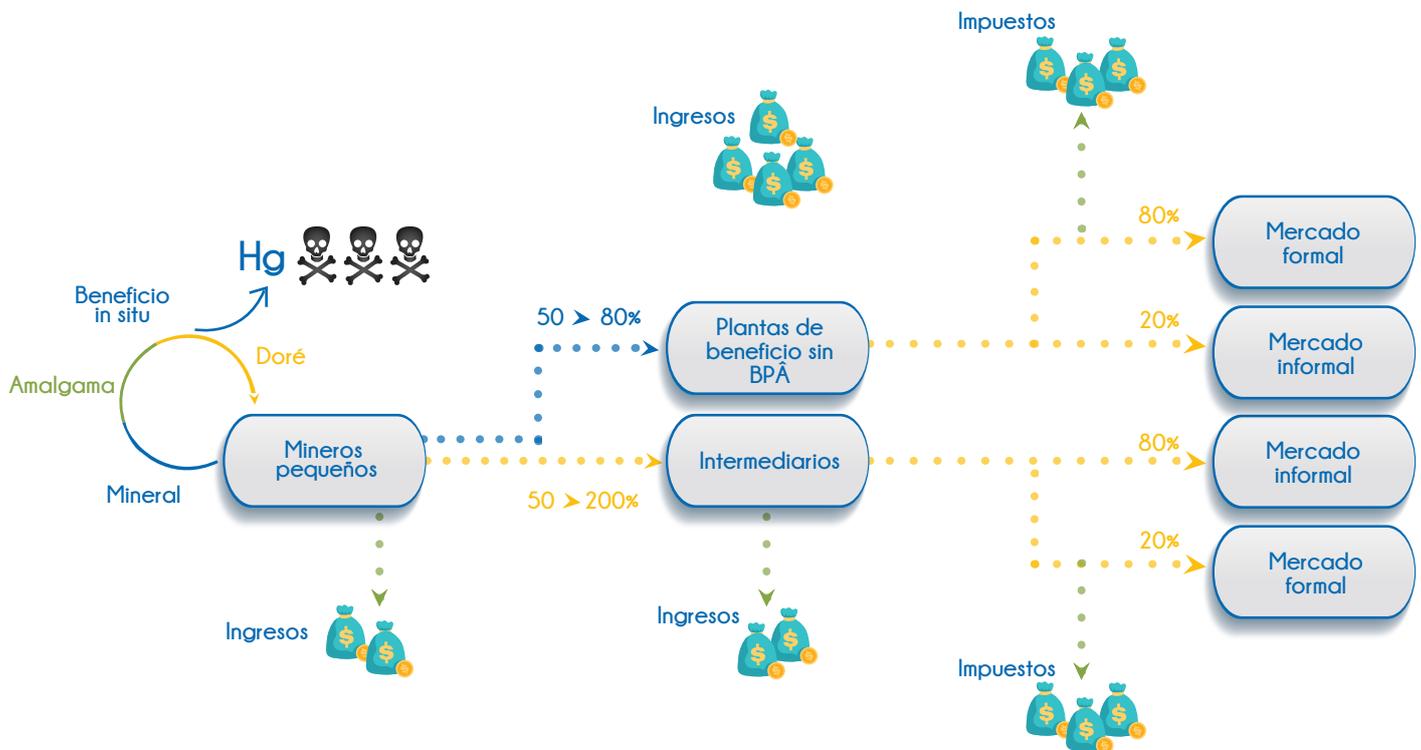
Fuente: Elaboración propia.

Intervención Programa de Beneficio Responsable (PBR)

Mineros artesanales pequeños (OEPE). Con la intervención PBR, estos mineros pasarían a vender una parte de su mineral a las plantas de beneficio con prácticas ambientales mejoradas (50% el primer año e incremento progresivo hasta 80%).¹³ Procesarían y venderían el resto como en el escenario BAU. Antes de vender el mineral a la planta, los mineros hacen un análisis de laboratorio para determinar la riqueza en oro

del mineral. Al recibir el mineral, la planta también hace un análisis. Sobre esta base, se estima la cantidad de oro y las plantas pagan 38,42 USD/g a los mineros, por el equivalente de 40% del oro contenido en el mineral. El uso de mercurio se reduce porque las plantas de beneficio con prácticas ambientales mejoradas solo aplican procesos de cianuración (Figura 7).

¹³ Estos niveles de venta se estiman con base en los resultados de los programas de compra de Gran Colombia Gold Corporation en Colombia (García et al., 2015) y Enami de Chile (Valdés, Reyes y Orfíz, 2017).



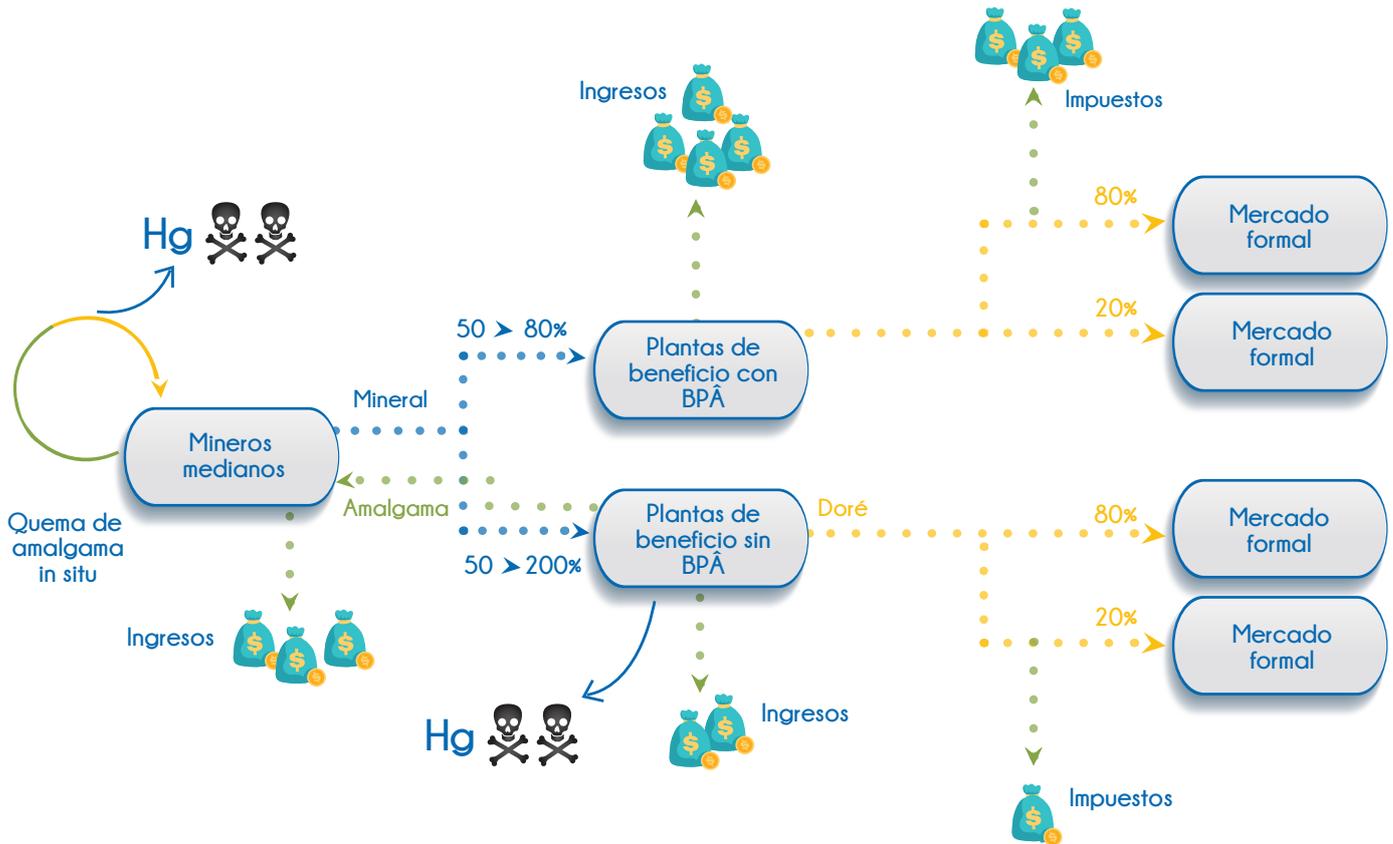
Fuente: Elaboración propia.

Mineros artesanales medianos (OEME). Con la intervención PBR estos mineros también pasarían a vender una parte de su mineral a las plantas de beneficio pero con prácticas ambientales mejoradas (50% el primer año e incremento progresivo hasta el 80%). El resto es llevado a plantas tradicionales y vendido como en el escenario BAU. Los procesos de análisis y la venta a las plantas es igual que para los mineros pequeños (Figura 8).

Plantas de beneficio con prácticas ambientales mejoradas. Con la intervención PBR, las plantas comprarían el mineral a los mineros. Ya no prestarían servicios de beneficio sino que comprarían materia prima para procesar y vender directamente. Venderían el 80% de su oro al BCE y el 20% a compradores formales vinculados a la industria de la joyería. Pagarían un precio atractivo a los mineros (38,42 USD/gr que es el mismo que se recibe actualmente) y obtendrían un precio aún mejor vendiendo al BCE (46,72 USD/gr). Las plantas participantes en este modelo abandonarían la amalgamación y el uso de mercurio por completo. Para operativizar este nuevo modelo de negocio, invertirían en laboratorios para analizar muestras del mineral

entregado por los mineros y ampliarían su capacidad para someter la totalidad del mineral a procesos de cianuración con mayores niveles de inversión en maquinaria, equipos y capacitación (los incentivos económicos existentes para implementar esta fase se discuten más adelante). Adicionalmente, también mejorarían sus procesos de manejo de "colas" y relaves para eliminar el cianuro antes de su disposición final. Al no existir residuos de mercurio y utilizar maquinaria moderna, la efectividad de la extracción del oro se incrementaría, llegando a un 90%. Sin embargo, la capacidad de procesamiento disminuiría levemente debido al tiempo adicional que conllevarían los procesos de cianuración (Figura 8).

Figura 8: Programa de Beneficio Responsable para mineros medianos y plantas de beneficio.



La tabla 1 sintetiza las principales variables que cambian entre el escenario BAU y la intervención PBR. De manera general, se refieren al destino del mineral (que pasa a ser vendido para procesamiento por las plantas) y del oro (que se comercializa en mayor medida en el mercado formal). Incluye cambios en las estructuras de costos de los mineros (transporte, análisis de laboratorio) y en los costos, inversiones y capacidad de procesamiento de las plantas de beneficio (incluyendo aquellos relacionados al manejo ambiental).

Tabla 1: Principales variables que difieren entre el escenario BAU y la intervención PBR

Variable	Actor	Escenario	
		BAU	PBR
Porcentaje de mineral vendido (mineros) / comprado (plantas)	Mineros*	0%	50-80%**
	Plantas de beneficio	0%	100%
Distancia a planta de beneficio (incide en costo de transporte)	Mineros artesanales pequeños	-	100 km
	Mineros artesanales medianos	40 km	80 km
Costos asociados a análisis de laboratorio	Mineros	USD 0,0/TM	USD 10,0/TM
Inversión maquinaria y equipos laboratorio	Plantas de beneficio	-	USD 500.000
Gastos manejo ambiental y laboratorio	Plantas de beneficio	-	USD 20.000/mes
Pérdida de productividad por adaptación de procesos	Plantas de beneficio	-	50% año 1
		-	25% año 2
		-	12% año 3
Capacidad de procesamiento	Plantas de beneficio	42 TM/día	40 TM/día
Porcentaje de venta de oro al BCE	Plantas de beneficio	10%	80%

*Incluye mineros artesanales pequeños y medianos.

**Incrementa progresivamente desde 50% en el año uno hasta el 80% en el año diez.

3.5.2 Supuestos del análisis

El principal supuesto asumido en el análisis es que las operaciones modeladas se encuentran en plena fase productiva. Es decir que en el caso de los mineros no se contemplan las etapas de exploración/prospección, sino que se analiza a minas que ya están operando en un yacimiento que tiene suficientes reservas a lo largo del

horizonte temporal analizado. A continuación se detalla otros supuestos que forman parte del escenario PBR.

El modelo también supone ciertas condiciones que, de ser aseguradas, evitarán reproducir los problemas socioeconómicos y ambientales actuales de la MAPE:



Los mineros tienen acceso a laboratorios independientes que analicen su mineral de forma complementaria a las plantas. Igualmente poseen capacitación para entender los resultados de los análisis. Si no se cumple con esta condición se corre el riesgo de que no se negocien contratos entre ambas partes, debido a que los mineros necesitarán tener confianza en que están vendiendo su mineral de manera justa.



Existen incentivos económicos para que las plantas realicen las inversiones necesarias bajo el modelo PBR y para que paguen un precio competitivo y justo a los mineros por su oro. Esto se lograría, entre otras cosas, a través de un programa fortalecido de compras de oro a la MAPE por parte del BCE, tal como se modela en este estudio, pero también puede funcionar con otros compradores que paguen precios justos.



Los procesos de beneficio (cianuración), manejo y disposición final de relaves son implementados ideónicamente por las plantas que participan del programa. Esta condición asegura la reducción de impactos ambientales.

Se asume la disponibilidad de mecanismos transparentes de fijación de precios, análisis del mineral, procesos de pago, etc., capaces de garantizar relaciones de confianza entre los actores, considerando la complejidad de las relaciones entre mineros y plantas.

3.5.3 Criterios de análisis

Los criterios son principios que se usan para evaluar cómo la intervención PBR se diferencia del escenario BAU (Alpizar y Bovarnick, 2013). Estos criterios suelen estar comprendidos en una de las siguientes categorías: financiero, económico, de equidad, de justicia o laboral (Alpizar y Bovarnick, 2013). En este estudio, la intervención PBR está concebida para responder a los siguientes criterios:



Financiero:

Los retornos financieros de las actividades mineras (ya sea de extracción y/o beneficio) para los actores considerados es fundamental para la viabilidad de la intervención.



Económico:

Más allá de los retornos financieros para los actores directamente involucrados, la intervención busca tener un impacto económico positivo para la sociedad en su conjunto. La MAPE tiene costos económicos que se derivan de la degradación ambiental y sus impactos en la salud de la población. Por otro lado, puede aportar a las arcas del Estado.



De equidad:

Existen muchas desigualdades entre los actores de la MAPE. La intervención no solo se orienta a garantizar retornos financieros para los actores involucrados sino a incrementar los ingresos de los mineros más vulnerables, como las mujeres, y promover relaciones más simétricas entre mineros y plantas.



De sostenibilidad: No existe minería que no tenga impactos ambientales. Al mismo tiempo, es una actividad fundamental para la generación de ingresos en regiones con pocas alternativas económicas y no va a desaparecer (por lo menos en el corto y mediano plazo). Por tanto, es importante que el Estado y los actores involucrados en los procesos de extracción y procesamiento minimicen los daños causados, desde una perspectiva que integre las dimensiones económica, social y ambiental.

3.5.4 Indicadores

A partir de estos criterios, se han seleccionado cinco indicadores en función a su relevancia y la disponibilidad de información:

1

Ganancia anual total neta (medida en USD/año) para los tres actores considerados: pequeños mineros artesanales, mineros artesanales OEME y plantas de beneficio. Este es uno de los indicadores fundamentales porque sin ganancias para los actores directamente involucrados, la

intervención PBR es inviable. Las ganancias netas para los pequeños mineros artesanales son de particular relevancia para avanzar hacia la reducción de la pobreza y una mayor equidad en las regiones de intervención.

2

Ganancias anuales netas por tonelada de material extraído/procesado (medida en USD/TM de mineral extraída o procesada) para los tres actores considerados: pequeños mineros artesanales, mineros artesanales OEME y plantas de beneficio. Más allá de su relevancia

financiera, este indicador es importante para visibilizar la eficiencia de la MAPE y permite una discusión sobre las brechas entre actores y su evolución entre el escenario BAU y la intervención PBR (equidad).

3

Descargas de mercurio al ambiente (en toneladas/año) para los pequeños mineros artesanales y las plantas de beneficio. Este es uno de los indicadores más significativos para abordar los criterios económicos (costos a la sociedad) y de sostenibilidad de la intervención PBR. Una reducción en los impactos ambientales de la MAPE no sólo sería beneficiosa para la salud de los mineros, las

poblaciones locales y la sociedad en su conjunto, sino que mejoraría la percepción pública sobre la MAPE. Es además el indicador asociado al mercurio en el que se puede alcanzar la mayor precisión, puesto que existen datos sobre cuánto mercurio suele usarse en los procesos de amalgamación.

4

Impacto económico de la contaminación por mercurio (en USD/TM) valorada a través de los costos sociales globales por pérdida de cociente intelectual y enfermedades del corazón en la población expuesta a mercurio. Los efectos de la contaminación por mercurio en los ecosistemas y la salud pública son múltiples y difíciles de cuantificar en su totalidad. Estos indicadores han sido seleccionados con base en su relevancia para abordar la problemática y por la disponibilidad de

información, pero no constituyen una estimación del costo social global de las descargas de mercurio, ni de toda la degradación ambiental generada por la MAPE. Además de la contaminación por mercurio, hay también otros impactos ambientales que conllevan sus propios costos (deforestación, contaminación por cianuro, degradación de la cantidad y calidad del agua, etc.)

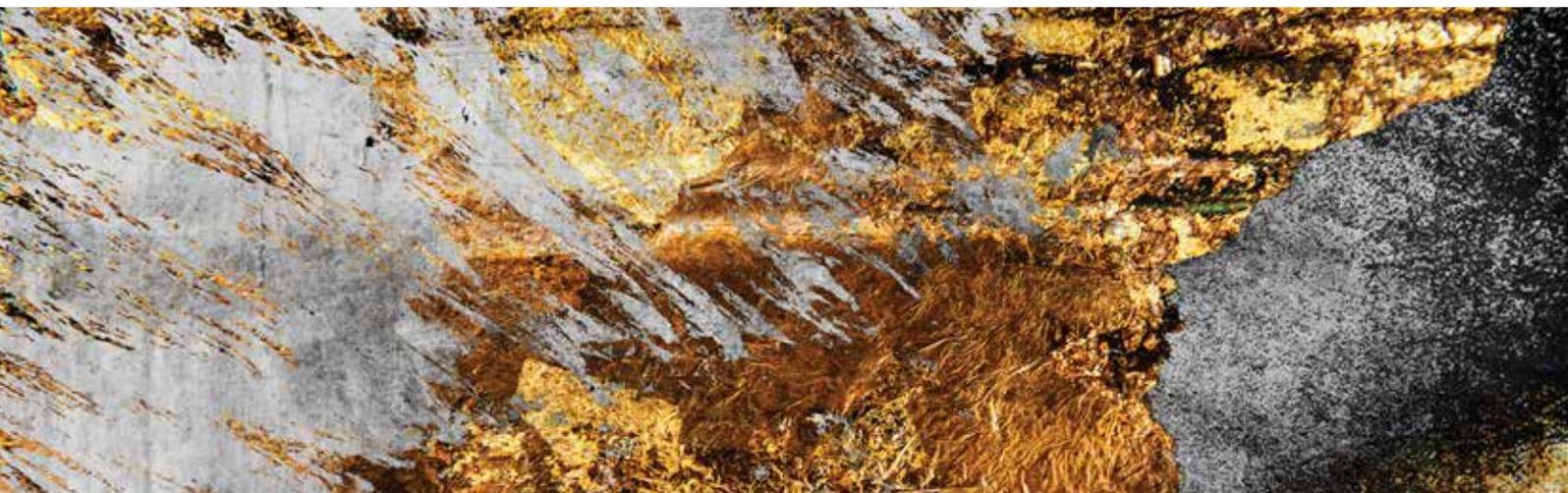
Recaudación por regalías¹⁴ (medida en USD/año). Con una concentración en las contribuciones por regalías de una planta de beneficio, este indicador permite explorar los beneficios que el Estado puede obtener, en los diferentes escenarios. Se puso énfasis en las regalías de las plantas de beneficio, debido a que por normativa no se grava con impuestos a las transacciones de oro y

tampoco a los mineros artesanales. Si se considera además que las recaudaciones estatales se transforman en inversión social, este indicador puede ser considerado como una aproximación a una dimensión del bienestar social. Según normativa, la tasa que se aplica a los actores mineros pequeños es del 3%.

3.5.5 Horizonte temporal

Se ha escogido un horizonte temporal de análisis de diez años para el TSA, que se proyecta hacia el futuro basándose en la información actual (año 2020), donde el primer año sería 2021. Este marco temporal toma en consideración la evolución de ciertas variables clave, como el precio del oro, el crecimiento del sector minero, la trayectoria de la informalidad y la inflación. No se utiliza un plazo más amplio debido a que, si bien la evolución de estas variables ha sido proyectada, la precisión de las estimaciones disminuye con el tiempo.

Esta incertidumbre se ha incrementado además con la pandemia de la covid-19 y los múltiples efectos que tendrá en las economías a distintas escalas en el largo plazo. La construcción de un modelo econométrico más complejo requeriría más tiempo e información y está más allá del alcance y los objetivos de esta investigación. A diez años se pueden observar las tendencias que son útiles para los actores involucrados (el Estado, los mineros y las plantas).



3.6 Herramientas metodológicas

Los indicadores mencionados fueron calculados con el uso de un flujo de caja que refleja las operaciones monetarias que viabilizan los procesos anteriormente descritos: pago de insumos, venta de oro, etc. El flujo se extiende a lo largo del horizonte temporal de diez años y se construyó uno para cada uno de los actores analizados, aunque una interpretación conjunta de resultados es también posible y recomendable. Este flujo de caja fue construido sobre la base de información

histórica recolectada de fuentes primarias y secundarias y también fue alimentado por modelos econométricos para proyectar el cambio de variables en el tiempo. La valoración económica del impacto de la contaminación por mercurio se realizó usando una transferencia de beneficios, integrando cambios en variables económicas como el poder adquisitivo entre el estudio de referencia y el área de impacto.

¹⁴ Regalía para pequeña minería metálica, equivalente a 3% sobre las ventas del mineral principal y los minerales secundarios, tomando como referencia los estándares del mercado internacional a la fecha de la venta.

3.6.1 Modelos econométricos

Se utilizó la técnica de Vectores Autorregresivos (VAR), una metodología del análisis multivariado que trata a todas las variables simétricamente sin hacer referencia a la cuestión de dependencia versus independencia de las variables. Este método econométrico es muy útil para entender la interrelación entre las variables y en la formulación de modelos con mayor estructura. Además, son muy útiles para exhibir la retroalimentación dentro los sistemas económicos.

En su forma de VAR estacionario, se pretende garantizar la estabilidad de un modelo en el largo plazo bajo el teorema de Word, el cual señala que un vector de variables endógenas puede expresarse como una suma

de todos los shocks de los rezagos del término estocástico siempre que este sea ruido blanco.¹⁵ Los modelos fueron planteados sobre la base de variables explicativas según la teoría (por ejemplo, precios de otros minerales, inflación y tasas de crecimiento económico en el caso del modelo del precio del oro) y la evidencia empírica aceptada dentro de la literatura.¹⁶ También se consideró la disponibilidad de contar con las series de datos sobre el tiempo y que a su vez haya una cantidad estadísticamente significativa de observaciones. El detalle de todas las variables utilizadas para cada modelo se encuentra en el Anexo E.

3.6.1.1 Modelo precio del oro

El modelo sigue criterios microeconómicos para encontrar el precio de equilibrio de un bien. En este caso, el oro se ajusta muy bien a un modelo que elimina distorsiones de mercado al ser un bien muy ampliamente comercializado a escala mundial.

El equilibrio de mercado se observa en la variable Índice de producción de oro y plata que hayan tenido lugar dentro de EE.UU., el cual sufre variaciones de acuerdo a la cantidad de equilibrio del oro en el mercado. Adicionalmente, se seleccionaron bajo criterios estadísticos dos bienes cercanos que reflejen el mercado de minerales preciosos, para tener una imagen de equilibrio general: plata y paladio.

El modelo de precios del oro, la plata, el paladio y el índice de producción de oro y plata en los EE.UU., con todas sus variables estacionarias en primeras diferencias, cumple con la condición de estabilidad del modelo, verificando la condición de estabilidad en el largo plazo.



3.6.1.2 Modelo de crecimiento del sector minero

Se planteó un modelo que tiene como variables endógenas la producción anual en toneladas del oro del Ecuador, el precio del oro y la tasa de crecimiento de la producción en minas y canteras del país. El modelo del sector que representa la producción del oro es el del precio de equilibrio de mercado del producto, el precio internacional del oro y el crecimiento del sector en el Ecuador. Se tomaron en cuenta otras variables que

reflejen la situación del sector, como el empleo, la renta minera, el crecimiento del PIB y del PIB minero. No se pudo encontrar una relación significativa entre éstas y la oferta de oro ecuatoriano.

Todas las variables son estacionarias en primeras diferencias y estables en el largo plazo. Además estas no presentan autocorrelación entre sus rezagos.

¹⁵ **Ruido blanco** se refiere a un proceso cuyas variables tienen una media cero, no están correlacionadas entre sí y tienen una varianza finita. Para mayor información sobre el sustento técnico a los modelos usados se recomienda revisar el trabajo de Luetkephol (2007) o Walter (2009).

¹⁶ **Regalía para pequeña minería metálica**, equivalente a 3% sobre las ventas del mineral principal y los minerales secundarios, tomando como referencia los estándares del mercado internacional a la fecha de la venta.

3.6.1.3 Modelo de inflación



Se utilizó un modelo monetarista con enfoque en la balanza de pagos, como el propuesto por Frenkel y Johnson (1976). Este explica el desempeño de los niveles generalizados de precios en economías pequeñas y abiertas con una alta dependencia de su balanza comercial. Este modelo se ajusta ampliamente a la situación monetaria de Ecuador, más aún desde la dolarización total de su economía.

Con base en el modelo canónico se utilizaron las siguientes variables: índice de precios al consumidor, PIB real y exportaciones netas. Adicionalmente se incluyó en el modelo una variable exógena que represente la nueva política monetaria de eliminación del sucre en favor del uso del dólar estadounidense a partir de 2001. Todas las variables son estacionarias en primeras diferencias y estables en largo plazo, bajo el criterio de cointegración.

3.6.2 Valoración económica del impacto del mercurio

La liberación de mercurio en el ambiente, como consecuencia de las actividades mineras, tiene un impacto en la salud de las poblaciones locales, los ecosistemas y la sociedad en general (Giang y Selin, 2016). La pérdida de servicios ecosistémicos asociados con el uso del mercurio se ha monetizado principalmente por medio de los impactos a la salud (Preziosi, 2013). La acumulación de mercurio en las personas que consumen fuentes contaminadas por este metal puede ocasionar una serie de problemas renales, cardíacos, daño a nivel de tejidos y otros (Harari et al., 2012; Bose-O'Reilly et al., 2016). Este estudio se concentró en medir el impacto del mercurio a nivel de la sociedad ecuatoriana, por medio de los problemas de salud que su consumo genera y que se traducen en problemas cardíacos y disminución del cociente intelectual, en caso de daño en los tejidos cerebrales. Estos problemas de salud pública resultan en una pérdida de productividad, incremento de gastos en salud y reducción del PIB del país, más allá de la zona productiva. Con este marco de estudio, se integró el costo del impacto del mercurio a los costos del escenario BAU.

Esta valoración usó el método de transferencia de beneficio de un estudio realizado por Giang y Selin

(2016), el cual mide el impacto económico (acumulado hasta el año 2050) de la contaminación de mercurio en los Estados Unidos en relación a dos políticas implementadas para reducir esta contaminación: el Convenio de Minamata y el estándar de mercurio y otros tóxicos (MATS por su sigla en inglés). La valoración del impacto económico asociado a la contaminación de mercurio se basó en el concepto de capital humano y en la pérdida de productividad e ingresos de la economía local que se da por problemas de salud relacionados al consumo de mercurio por medio de la pesca, principalmente. El valor que calculan Giang y Selin (2016) es de USD 324 millones por tonelada de mercurio emitida al ambiente. Este valor se adaptó al contexto ecuatoriano considerando la diferencia del PIB per cápita e índice de precios entre Ecuador y los Estados Unidos.

El valor adaptado para la sociedad ecuatoriana es de USD 49 millones de costo acumulado hasta el año 2050 por cada tonelada de contaminación de mercurio. El valor calculado permite visibilizar que estos impactos tienen consecuencias económicas y de bienestar social que deben considerarse en la planeación y regulación sectorial.

Es importante mencionar que, como se explicó anteriormente, la contaminación por mercurio genera impactos en los servicios ecosistémicos más allá de los aquí calculados. La propia actividad minera genera también otras afectaciones que pueden causar pérdidas a otros sectores y segmentos de la población. Estas afectaciones no fueron incluidas en la valoración

económica debido a la falta de información que permita realizar los cálculos correspondientes con un mínimo de precisión. Si bien no fue posible realizar una cuantificación más amplia, el documento retoma la discusión sobre estas externalidades en la sección de resultados.

3.6.3 Análisis de sensibilidad simple

Dado el peso que tiene el precio de oro sobre los resultados de mejora financiera, se modeló una configuración de precios adicional en los escenarios BAU y PBR. La configuración tiene un precio local mayor en BAU y un precio menor pagado por el BCE, para los tres actores involucrados. El precio al que los actores venden el oro en el mercado local en este análisis es de USD 43,23 el primer año, que equivale al 90% del precio internacional en este período. El precio al que el BCE

compra el oro es de USD 46,11 el año 1, que equivale a un 96% del precio internacional. En ambos casos los precios varían en relación al precio internacional del oro en los períodos subsiguientes.

Dada la alta variabilidad que existe en el sector, este análisis busca mostrar cuáles podrían ser los efectos de la intervención PBR en actores que tengan un perfil distinto al modelado.

4. Análisis y resultados

4.1 Descripción de resultados del análisis

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a través de la modelización de los escenarios BAU y PBR, se realiza un análisis de las causas principales que sustentan los resultados así como de las implicaciones de estos para el sector y las limitaciones del modelo. Los resultados del modelo cuantitativo se complementan con una discusión en torno a otras temáticas claves del sector, que consideramos relevantes para la posterior formulación de recomendaciones.

4.2 Resultados comparativos bajo BAU y bajo PBR según los indicadores seleccionados

4.2.1 Rentabilidad mineros artesanales

La generación de ingresos es el principal incentivo de los mineros artesanales y por tanto cualquier política o programa debe considerar su impacto en esta variable. En este caso se realizó el cálculo de la rentabilidad neta de operaciones mineras en fase de explotación con base en los costos de producción,¹⁸ volúmenes extraídos y precio del oro.

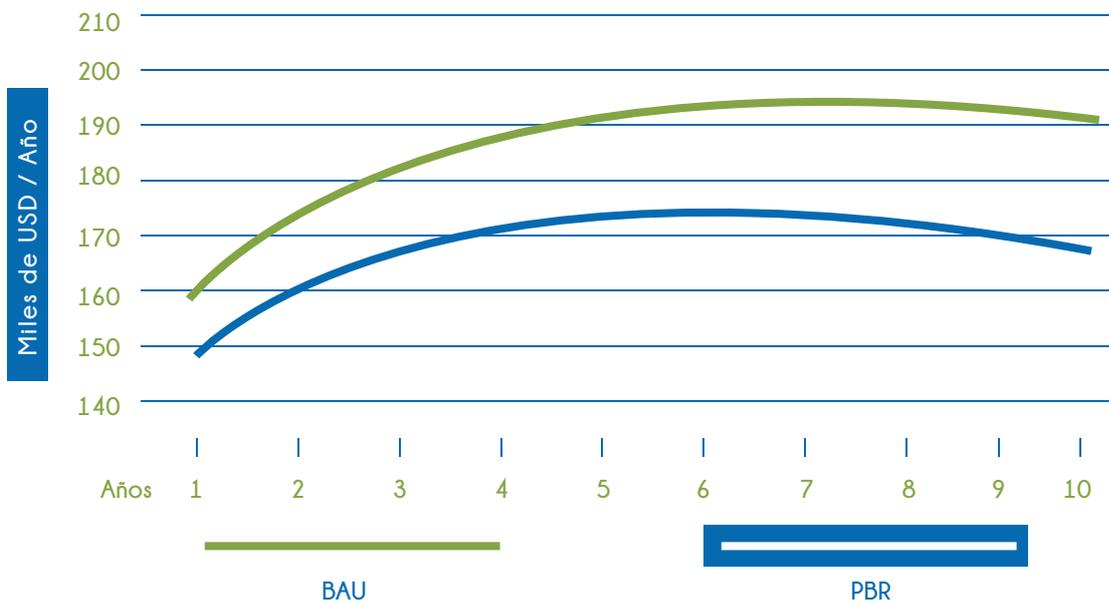
Las ganancias también permitieron estimar la ganancia que los mineros obtienen por cada tonelada de mineral extraído. Este dato es importante puesto que permite aproximar la eficiencia y comparar operaciones de distinta escala.

¹⁸ El detalle de los costos de producción más importantes puede encontrarse en el anexo F. Algunos de los principales costos considerados fueron: insumos, mano de obra y agua, en el caso de costos variables, y pagos de deuda, permisos y sueldos administrativos, en el caso de los costos fijos.

4.2.1.1 Rentabilidad mineros artesanales medianos (OEME)

Los mineros artesanales OEME poseen operaciones con un nivel de inversión y, por tanto, de extracción, que les permiten generar ganancias netas en el orden de más de 100.000 USD/año, aunque estas deben ser distribuidas entre los múltiples socios. Estas ganancias en los escenarios BAU y PBR se muestran en la Figura 9.

Figura 9: Ganancias anuales correspondientes a mineros medianos



Fuente: Elaboración propia.

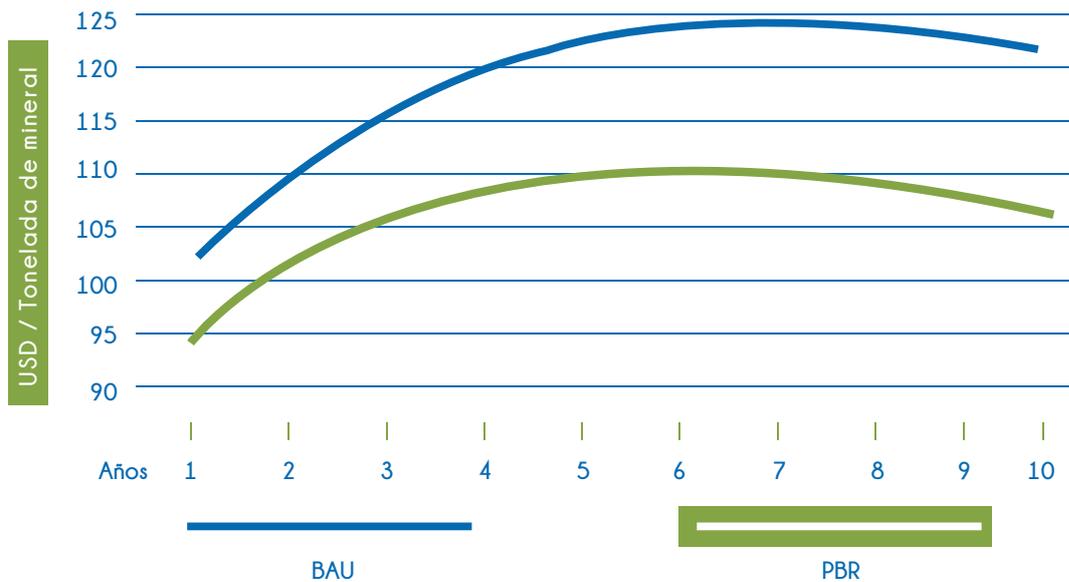
En ambos escenarios existe una leve tendencia al alza en las ganancias netas. Esto se explica principalmente por el incremento en el precio del oro que se prevé ocurrirá en el corto y mediano plazo a escala internacional. El escenario PBR muestra ganancias superiores a las del BAU, con una diferencia inicial de USD 13.000 entre BAU y PBR en el año 1, que se expande a lo largo del tiempo hasta USD 24.000 en el año 10. Esto se explica principalmente porque la venta del mineral generará ahorros a los mineros que ya no realizarán un beneficio propio e ineficiente en gran escala y porque el modelo asume que la cantidad de mineral vendido aumentará a lo largo del tiempo,

incrementando a su vez los ahorros en los costos de producción y, por tanto, las ganancias.

Esto significa que participar en el programa PBR puede ser ventajoso para los mineros artesanales OEME desde una perspectiva estrictamente financiera. Si bien puede haber ventajas financieras es importante mencionar que el modelo no considera el incremento en los costos de transacción con las plantas de beneficio que podrían surgir en el nuevo modelo de negocio. Por ejemplo, los costos legales relacionados con la negociación y elaboración de contratos de venta de mineral a las plantas.

En la figura 10 se muestran las ganancias netas anuales por cada tonelada de mineral extraído de los mineros artesanales OEME, en los escenarios BAU y PBR

Figura 10: Ganancias por tonelada correspondientes a mineros medianos



Fuente: Elaboración propia.

Los mineros artesanales OEME obtienen ganancias por cada tonelada de mineral extraído de alrededor de 2 gramos de oro por cada tonelada, considerando el precio internacional de 48 USD/gr y en el año 1 del escenario BAU. Estas ganancias son aún mayores en el escenario PBR, tal como ocurría con el indicador anterior. Como se verá posteriormente, estos resultados, más altos que de los mineros pequeños, se deben principalmente a que estos actores tienen un nivel de inversión que les

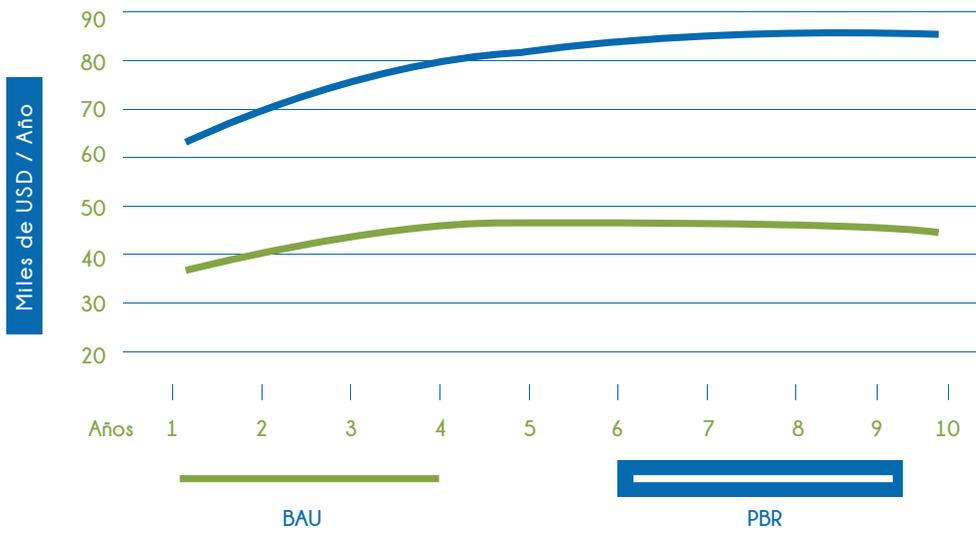
permite extraer una cantidad de minerales superior a la de sus contrapartes más pequeñas. Si se considera que el contenido de oro de los yacimientos es de alrededor de 10 gr/TM, las ganancias son del 20% del contenido de oro en el caso BAU y 24% en PBR en el año 1.

La trayectoria e implicaciones replican lo ocurrido con las ganancias netas anuales, puesto que este indicador es dependiente del anterior.

4.2.1.2 Rentabilidad mineros artesanales pequeños (OEPE)

Los mineros artesanales OEPE tienen operaciones con niveles bajos de inversión y volúmenes de extracción bajos (2 TM/día) y por tanto sus ganancias son considerablemente más bajas. Estas ganancias en los escenarios BAU y PBR se muestran en la figura 11.

Figura 11: Ganancias netas anuales correspondientes a mineros artesanales pequeños



Fuente: Elaboración propia.

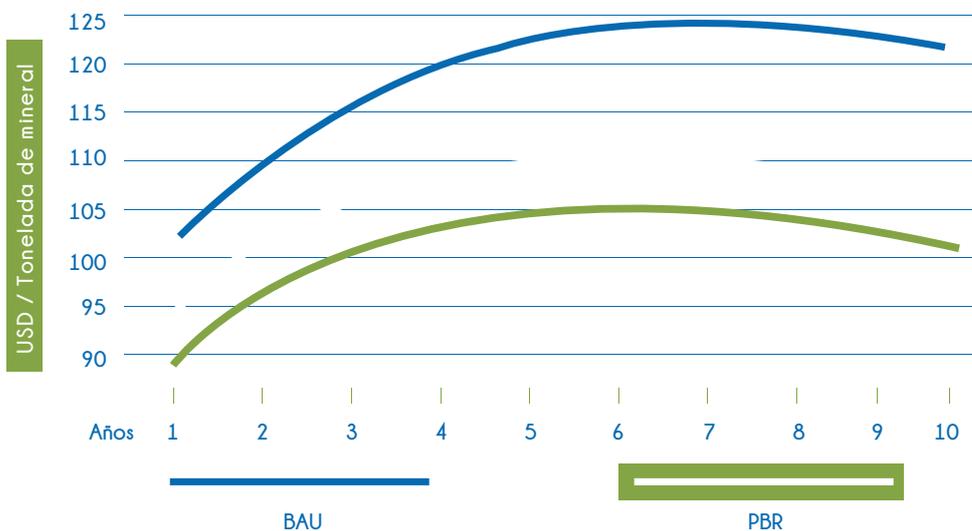
En ambos escenarios existe una leve tendencia al alza en las ganancias. Esta se explica, principalmente, por el incremento en el precio del oro que se prevé ocurrirá en el corto y mediano plazo a nivel internacional. El escenario PBR muestra ganancias superiores a las del BAU, con una diferencia de USD 26.000 entre BAU y PBR en el año 1, la que se expande levemente a lo largo del tiempo hasta USD 42.000 en el año 10, representando un incremento del doble en los ingresos. Esto se debe, sobre todo, a que la venta del mineral generará ahorros a los mineros que ya no deberán invertir en el beneficiado porque el modelo asume que la cantidad de mineral incrementando a su vez los ahorros. Debido a que estos mineros pequeños realizan su propio beneficiado con maquinarias rudimentarias y baja productividad, este

cambio implica un gran ahorro e incremento en ganancias.

Esto significa que, desde una perspectiva netamente financiera, participar del programa PBR puede ser extremadamente ventajoso para los mineros artesanales OEPE. Sin embargo, si bien puede haber ventajas financieras, es importante mencionar que el modelo tiene las mismas limitaciones que el caso anterior. Igualmente, existe la posibilidad de que los nuevos costos de transporte podrían incrementarse más allá de lo asumido en el modelo.

Las ganancias anuales por cada tonelada de mineral extraído de los mineros artesanales pequeños en los escenarios BAU y PBR se muestran en la figura 12.

Figura 12: Ganancias por tonelada correspondientes a mineros pequeños



Fuente: Elaboración propia.

Los mineros pequeños obtienen ganancias por cada tonelada de mineral extraído, las que corresponden a la extracción de alrededor de 1 gramo de oro por cada tonelada en el escenario BAU, considerando el precio internacional del oro de 48 USD/gr. Este valor tan pequeño se explica principalmente por la baja tasa de recuperación de oro en las chanchas. Si se considera que el contenido de oro de los yacimientos es de alrededor de 12 gr/TM, las

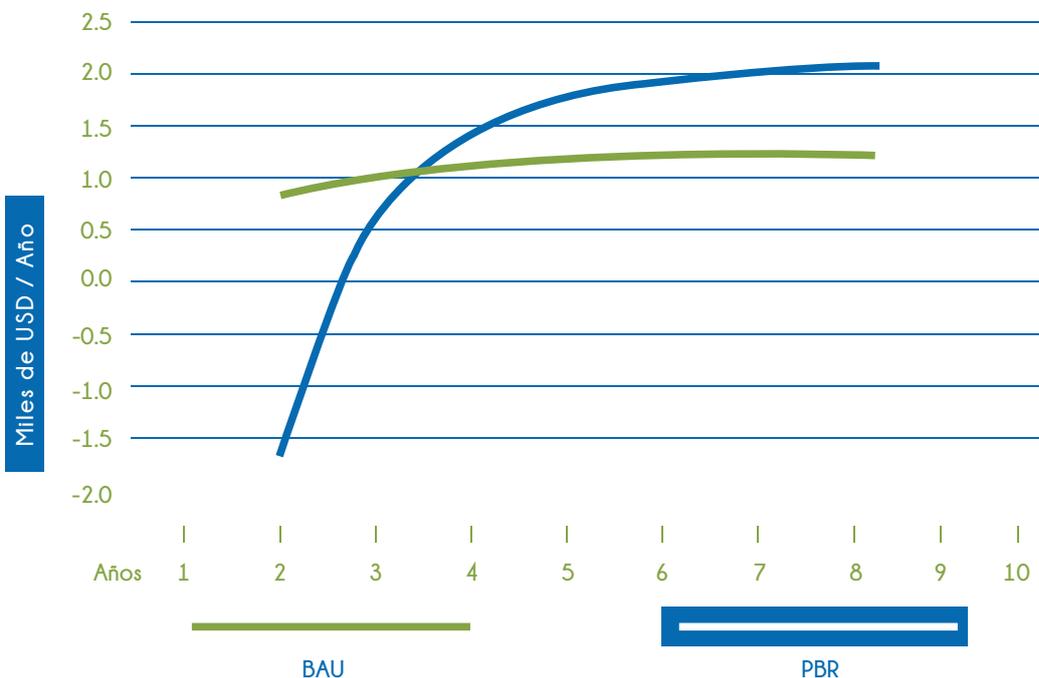
ganancias son menores al 10% del contenido de oro. La situación mejorará en el escenario PBR, ligado al ahorro en los procesos de beneficio del mineral. En este escenario las ganancias llegan a ser superiores a los 2 gr/TM a partir del año 4. La trayectoria e implicaciones replican lo ocurrido con las ganancias anuales, puesto que este indicador es dependiente del anterior.

4.2.1.3 Rentabilidad plantas de beneficio

Las plantas de beneficio también buscan primordialmente generar ganancias a través de sus operaciones. Debido a los altos volúmenes de inversión, estos agentes también consideran otros factores, como el costo de oportunidad de capital, las regulaciones vigentes en cuanto a

procesos y la seguridad en los mercados. Este indicador es clave para generar un diálogo con las plantas que se espera sean partícipes de este proceso. Las ganancias anuales de las plantas de beneficio en los escenarios BAU y PBR se muestran en la figura 13.

Figura 13: Ganancias anuales correspondientes a las plantas de beneficio



Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en el gráfico, en los dos escenarios existe una leve tendencia al alza en las ganancias. Al igual que en los casos anteriores, esta se explica principalmente por el incremento previsto en el precio del oro.

El escenario PBR muestra ganancias superiores a las del BAU en el mediano plazo, con una diferencia de USD 300.000 a partir del cuarto año y que puede

llegar hasta USD 800.000 en el año 10. Sin embargo, los dos primeros años existirán pérdidas en comparación al ingreso de la línea base BAU. El incremento de las ganancias en el mediano plazo se explica principalmente porque las plantas recibirán un precio mayor por el oro vendido, al participar del programa de compras del BCE.

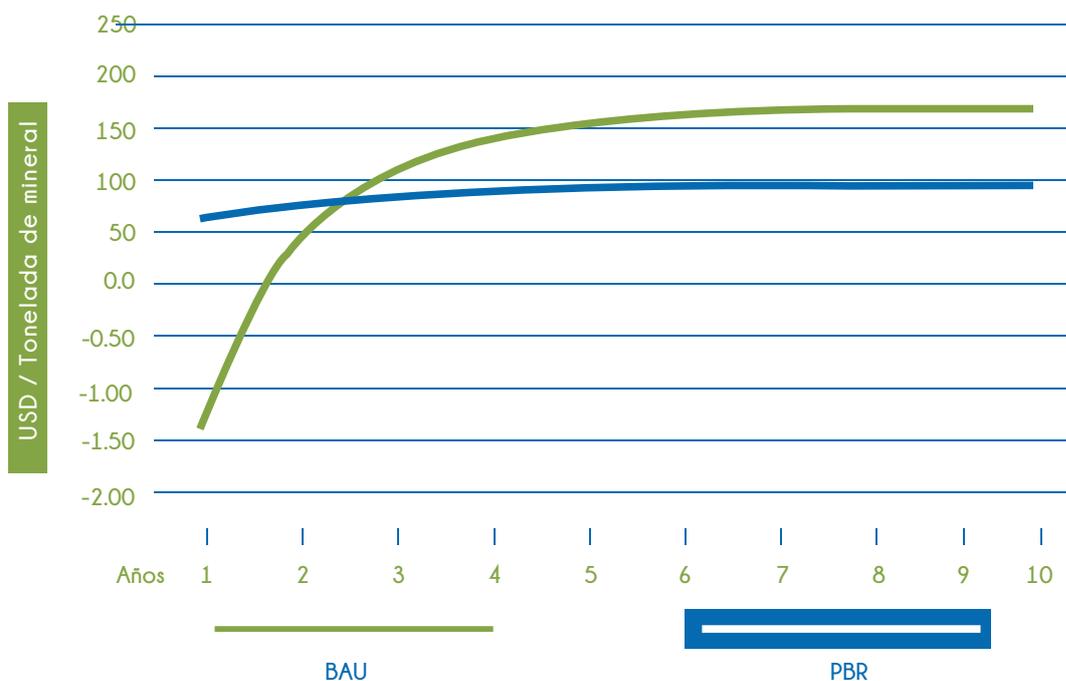
Este precio es superior al precio pagado actualmente en el mercado local. Las pérdidas de los primeros años son causadas por el impacto de las inversiones en el proceso productivo, puesto que cualquier modificación importante en procesos industriales implica un período de aprendizaje y de funcionamiento subóptimo.

Esto significa que participar del programa PBR puede ser ventajoso para las plantas de beneficio, siempre y cuando estas puedan soportar las pérdidas iniciales que supondría su transformación

productiva. De lo contrario, los años de pérdidas podrían suponer la quiebra de las plantas o el retorno al escenario productivo BAU. Al igual que los otros casos, el modelo no incorpora los nuevos costos de transacción con los mineros. Estos podrían surgir por la compra/venta de mineral en lugar de los servicios de beneficiado que las plantas prestaban en el escenario BAU.

Las ganancias anuales por cada tonelada de mineral procesado en las plantas de beneficio en los escenarios BAU y PBR se muestran en la figura 14.

Figura 14: Ganancias por tonelada correspondientes a plantas de beneficio



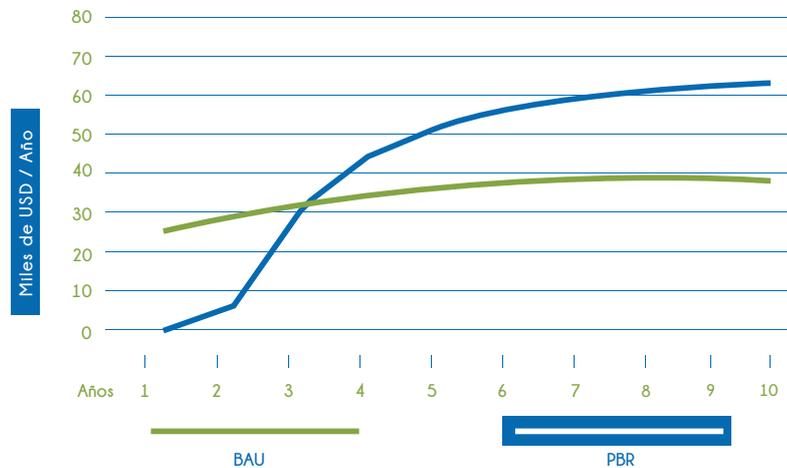
Fuente: Elaboración propia.

Las plantas de beneficio obtienen ganancias netas por cada tonelada de mineral procesado de alrededor de 1,5 gramos de oro, considerando el precio internacional de 48 USD/gr, en el año 1 del escenario BAU. Esta productividad, relativamente pequeña en comparación a la de los mineros, se ve compensada por los altos volúmenes con los que se trabaja. Al igual que en los casos anteriores, la trayectoria replica lo ocurrido con las ganancias anuales, puesto que este indicador fue calculado sobre la base de los resultados del anterior y comparte la misma trayectoria productiva.

4.2.2 Recaudación por regalías

Las regalías son el principal instrumento tributario a través del cual el Estado recolecta recursos de los actores formales de la MAPE, para su posterior reinversión y redistribución en la sociedad. Las recaudaciones estatales de una planta de beneficio en los escenarios BAU y PBR se muestran en la figura 15.

Figura 15:
Regalías pagadas correspondientes a plantas de beneficio



Fuente: Elaboración propia.

Puesto que las regalías dependen de las ganancias que tengan las plantas de beneficio, este indicador sigue la misma tendencia que el indicador financiero de estas. El primer año no se tienen regalías debido a que se prevé que las plantas puedan tener pérdidas en ese período. A partir del tercer año se iguala el nivel de regalías del escenario PBR con el BAU, y al final del período de 10 años este aumento es cercano al 90%.

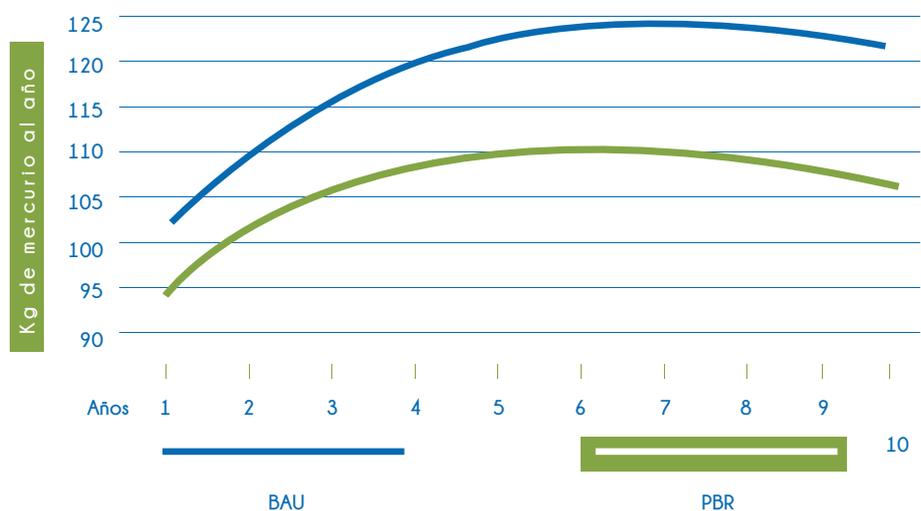
El Estado siempre se beneficiará cuando los agentes económicos tengan un mayor grado de bienestar económico y este caso no es una excepción. Ya que las transacciones en oro no están gravadas con IVA, las regalías son uno de los principales mecanismos para la captación de recursos del sector y es positivo que el escenario PBR genere este incremento.

4.2.3 Impacto ambiental

4.2.3.1 Descargas de mercurio

Las descargas de mercurio de mineros artesanales OEPE y plantas de beneficio, agregadas a nivel de los dos distritos mineros analizados en los escenarios BAU y PBR, se muestran en las figuras 16 y 17.

Figura 16:
Descargas de mercurio correspondientes a mineros pequeños



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Descargas de mercurio correspondientes a plantas de beneficio



Fuente: Elaboración propia.

El uso de mercurio tiene una leve tendencia a la baja, como resultado de las reglamentaciones ya implementadas y las acciones de control llevadas adelante por el Estado. A pesar de esto, el volumen de mercurio que se usa actualmente sigue siendo preocupante, con alrededor de 8 tn/año de descargas. La reducción que se debe a la regulación se observa en el número de actores que aún utilizan mercurio. En el caso de ambos actores analizados, la implementación del PBR se traduce en una reducción aún mayor de la contaminación por mercurio. Esta disminución es considerable en términos porcentuales para los mineros artesanales OEPE, con una baja de hasta 80% en el año 10. La reducción en el caso de las plantas de beneficio es menos significativa en términos porcentuales (alrededor del 13%), pero en valores absolutos sí es importante: una

tonelada en el primer año llega hasta una tonelada y media en el año 10.

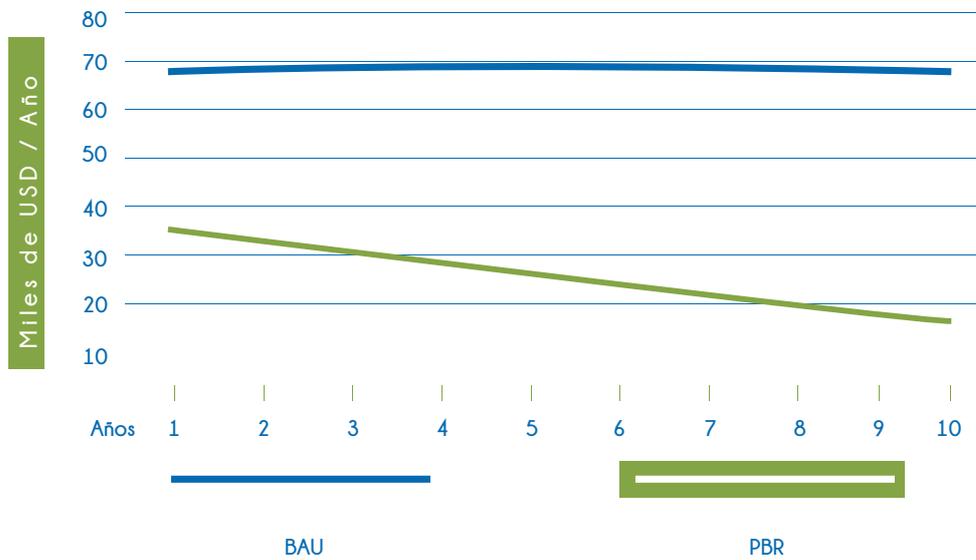
Los gráficos muestran que el modelo PBR puede ser una alternativa para disminuir el uso de mercurio, pero que debe combinarse con otro tipo de medidas, como la construcción de capacidades, si se espera terminar por completo con el uso de este. Se debe mencionar también que la proyección no incluye el incremento en la actividad minera generada en los últimos años como consecuencia del aumento del precio del oro y que podría resultar en un incremento en el uso de mercurio. El modelo tampoco redundará en un menor uso del mercurio en los actores que lo sigan empleando para sus procesos, como sucedería, por ejemplo, con la introducción de retortas¹⁹ u otros procedimientos de reciclaje.

4.2.3.2 Impacto económico de la contaminación por mercurio

Las descargas de mercurio de mineros artesanales OEPE y plantas de beneficio, agregadas a nivel de los dos distritos mineros analizados en los escenarios BAU y PBR, se muestran en las figuras 16 y 17. El impacto económico de las descargas de mercurio de mineros artesanales OEPE y plantas de beneficio, agregadas a nivel de los dos distritos mineros analizados, en los escenarios BAU y PBR, se muestran en las figuras 18 y 19. Este impacto se mide por la pérdida de productividad e ingresos asociados con problemas cardíacos y de cociente intelectual.

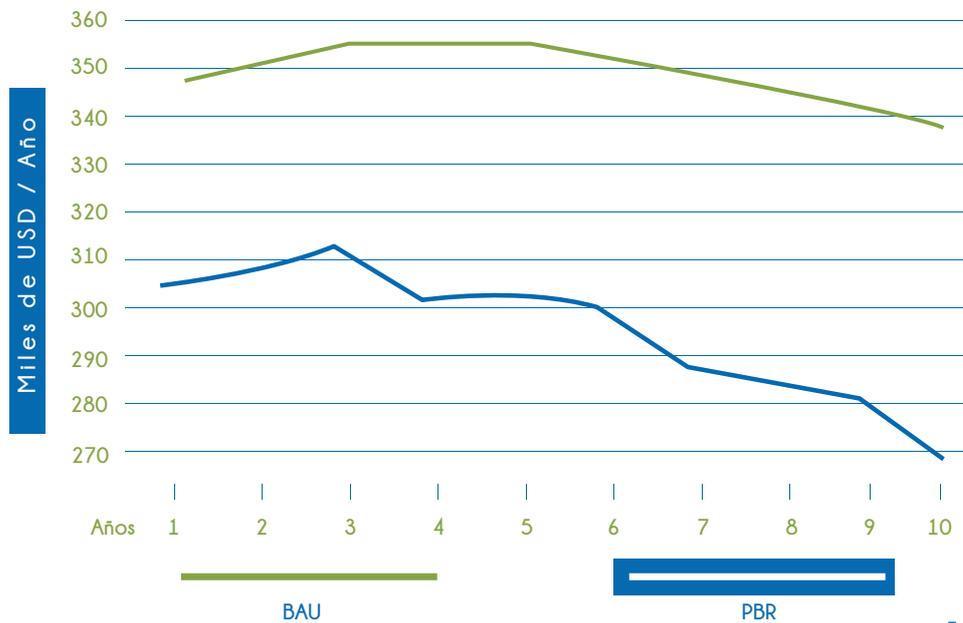
¹⁹ Una retorta es un recipiente similar a un crisol y que se puede usar para destilar la amalgama y recuperar buena parte del mercurio usado en el proceso.

Figura 18: Impacto económico de la contaminación por mercurio correspondiente a mineros pequeños



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19: Impacto económico de la contaminación por mercurio correspondiente a plantas de beneficio



Fuente: Elaboración propia.

La contaminación por mercurio genera impactos de alta magnitud en la sociedad. En el caso de las plantas de beneficio, las descargas resultan en alrededor de USD 300 millones en daños derivados del incremento de problemas cardíacos y la reducción del cociente intelectual (IQ, por sus siglas en inglés), que a su vez traen aparejadas las pérdidas de productividad y de ingreso. Este valor es importante y permite una aproximación a la magnitud del problema que las descargas de mercurio pueden ocasionar. Este daño tiene una

leve tendencia decreciente relacionada con la misma tendencia en el uso del mercurio. Se debe reiterar que este impacto económico se estima de manera agregada para toda la sociedad ecuatoriana y considera los costos acumulados de las descargas hasta el año 2050.

Tanto en el caso de los mineros como de las plantas, la implementación de PBR determina una reducción notable de los impactos económicos por contaminación de mercurio, debido a las menores descargas.

Esta disminución es especialmente considerable en términos porcentuales a nivel de los mineros artesanales OEPE, con una reducción de hasta 80% en el año 10. Esta baja en el caso de las plantas de beneficio es de más de USD 40 millones en el año 1, llegando hasta casi USD 60 millones en el año 10.

El impacto positivo de esta disminución radica en que implica, al mismo tiempo, una disminución de los costos asumidos por la sociedad a causa de la contaminación por mercurio (Da Costa et al., 2008). Estos costos evitados estarían estimados en alrededor de USD 80 millones por año, dinero que puede reinvertirse en mejoras en la productividad económica, en los ingresos de la población y en la salud pública.

Asimismo, una reducción de descargas de mercurio se traduce en una mejora en la salud de las especies acuáticas que son consumidas por poblaciones locales o producidas para exportación (Preziosi, 2013). Otras industrias, como la del turismo, también se pueden beneficiar de la reducción del mercurio, puesto que actividades como la pesca serán más atractivas.

La reducción de mercurio también se traduce en una disminución de los costos de reparación ambiental. Se ha estimado que la remediación integral por cada pasivo minero puede llegar a costar cerca de USD 330.000. En 2017, en Perú, como parte de un programa nacional de remediación de pasivos ambientales

mineros, se llegó a invertir un total de USD 18'244.000 (Chappius M., 2019). En Ecuador, aún no se ha logrado definir los mecanismos ni las fuentes de financiamiento para la remediación de pasivos mineros, pero existen sentencias judiciales ejecutoriadas donde cada actor minero procesado ha debido cancelar multas de hasta USD 5.500 (MAE, 2020), además de la confiscación de equipos y maquinarias de trabajo. Otros servicios ecosistémicos asociados con la minería, como el cambio de cobertura de suelo que se da por la extracción minera, no son cubiertos por la propuesta PBR de este estudio y no se espera cambios en servicios ecosistémicos que no sean asociados a descargas de mercurio.



4.3 Distribución de impactos a nivel público y privado

Los impactos económicos por el mercurio mostrados en la sección anterior se calculan a escala nacional y son percibidos por toda la sociedad ecuatoriana. Estos son costos que se asocian con el sistema actual de beneficio (el BAU) y se expresan como pérdidas en la productividad y en la economía en general. Por otro lado, el estudio muestra que los actores privados dentro del sector minero pueden incrementar su propia rentabilidad financiera, pero también son los más expuestos a la contaminación, además de ser los que

deberán enfrentar el reto de la transición productiva. Esta sección muestra los impactos modelados y como se distribuyen a distintos niveles, debido a que toda política pública debe considerar sus implicaciones distributivas. Se concibe a los impactos privados como aquellos relacionadas con las ganancias y pérdidas de las unidades productivas, mientras que son públicos aquellos experimentados por la sociedad en su conjunto o por el Estado en tanto ente representativo de los intereses nacionales.

Tabla 2: Impactos de la transición BAU a PBR y su escala

Mineros artesanales pequeños	Mineros artesanales medianos	Plantas de beneficio (privado)	Estado (público)	Sociedad (público)	Estado (público)
(privado)	(privado)				
Incremento promedio en su rentabilidad a lo largo del período de 10 años.	Incremento promedio en su rentabilidad a lo largo del período de 10 años.	Incremento promedio en su rentabilidad a lo largo del período de 10 años.	Incremento promedio en las regalías de una planta a lo largo del período de 10 años.	Disminución promedio en las descargas de mercurio a lo largo del período de 10 años.	Ventas promedio para reservas internacionales de una planta a lo largo del período de 10 años.
35.926,70 USD/año	19.925,59 USD/año	134.921,15 USD/año	9.402,13 USD/año	1.805 kg/año	4.704.636,22 USD/año

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores seleccionados muestran beneficio más altos en todos los niveles para el modelo PBR. Sin embargo, el cambio de un BAU a un PBR también implica costos más allá de los modelados en este estudio. Por ejemplo, el esfuerzo para construir este nuevo modelo no será el mismo para todos los actores y estos indicadores agregados no reflejarán por completo, por ejemplo, las inversiones que serán necesarias y que también estarán concentradas sobre todo en las plantas.

Adicionalmente, este modelo puede tener efectos negativos que no han sido considerados y que podrían afectar a estos actores y a la sociedad en distintos

niveles. Por ejemplo, el número total de mineros puede reducirse debido a los costos adicionales derivados de la competencia con el modelo PBR.

Dada la distribución de impactos negativos y positivos en distintos actores y escalas es importante que cualquier intervención en el sector de la MAPE vaya acompañada de mecanismos para la redistribución, el diálogo y la compensación. El modelo PBR necesitará de estos espacios para la implementación del nuevo modelo de negocios y esto a su vez puede fomentar la generación de un nuevo espacio de diálogo entre los distintos actores del sector.

4.4 Costos de la transición BAU a PBR

Romper el “*statu quo*” implica siempre un esfuerzo y un gasto de recursos que permitan redireccionar la trayectoria, en este caso la productiva del beneficio del oro y relacionamiento actual entre los actores de la MAPE. El costo de la transición de BAU a PBR se plasma de distintas maneras en todos los actores involucrados e incluye inversiones, modificación de procesos, adecuación a nuevos esquemas y costos de transacción más complejos. Estos distintos actores cuentan a su vez con capacidades diferenciadas para enfrentar el proceso de cambio.

Mineros artesanales OEPE

Los mineros artesanales pequeños modificarán su estructura de costos productivos en el nuevo esquema. Ahorrarán en costos variables relacionados con una disminución del volumen de material que benefician en chanchas propias, pero pero aumentarán valores relacionados al de transporte

mineral a las plantas de beneficio y a las pruebas de contenido del mineral en los laboratorios. En general, tendrán un leve incremento de costos de extracción, pasando de USD 13 a 16 por gramo de oro. Simultáneamente, ahorrarán en los costos de beneficio del mineral

que lleven a las plantas y que actualmente es de alrededor de USD 15 por gramo. Sin embargo, no se consideran posibles incrementos en los costos de beneficio del mineral que no se lleve a las plantas, debido a la disminución de la escala o inversiones inesperadas que los mineros decidan hacer para enfrentar mejor el nuevo esquema.

El principal costo que enfrentarán está relacionado con la complejidad mayor del nuevo esquema de venta de mineral, que requerirá pruebas en laboratorio y contratos más detallados entre mineros y las plantas que compren el mineral. Este no es un costo menor,

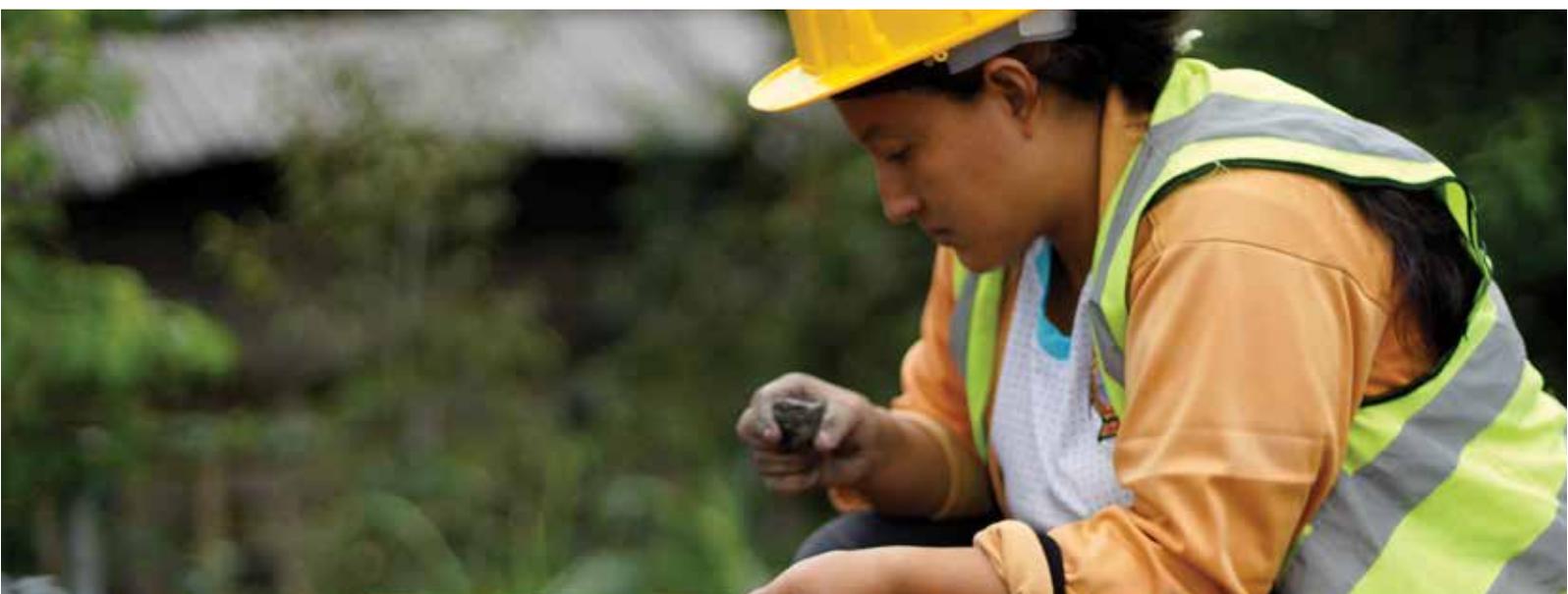
Mineros artesanales OEME

Es similar al caso de los mineros pequeños, pero con la diferencia de que los costos de producción se incrementan levemente por la transición de modelo, pasando de USD 18 a 19 por gramo de oro. De forma

puesto que cualquier modelo de negocio requiere de confianza y seguridad en las transacciones, factores que deberán fortalecerse en el esquema. Otro costo será una mayor exposición al riesgo, producto de la concentración de las ventas en menos compradores y la mudanza del modelo de negocio.

Si bien no todos los costos fueron incluidos en el modelo cuantitativo, sí se considera que los mineros que decidan hacer la transición estarán conscientes de estos, y por lo tanto su aceptación del modelo será progresiva, iniciando con un 50% en el año 1 y llegando hasta un 80% en el año 10.

parecida, los mineros medianos afrontarán estos costos a través de una transformación paulatina de su modelo de negocio, iniciando con un 50% del mineral vendido a las plantas de beneficio y llegando a un 80%.



Plantas de beneficio

En términos financieros, las plantas de beneficio serán quienes enfrentarán los mayores costos para la transición al escenario PBR. La inversión que deberán realizar para ampliar y mejorar su capacidad de beneficio mediante²⁰ cianuración es de USD 500.000. Este monto comprende el costo del equipamiento, su instalación y adecuación de las instalaciones. Adicional al costo de inversión, se modeló un fondo

adicional operativo de USD 20.000 mensuales para garantizar las buenas prácticas ambientales productivas y para el análisis del mineral a ser entregado por los mineros. Financieramente son también importantes las pérdidas de las plantas durante el primer año de transición y adecuación al nuevo modelo, recuperándose el ritmo de producción anterior solamente a partir del tercer año.

Además de los costos financieros, las plantas de beneficio enfrentarán retos similares ante un nuevo modelo de negocio en el que los costos de transacción entre las partes se incrementarán y existirá una mayor exposición al riesgo, debido a que las ventas se concentrarán en su mayor parte en un solo comprador: el Banco Central.

²⁰ Este monto fue estimado sobre la base del costo de mercado de tanques de agitación y otra maquinaria usada para el proceso de cianuración, así como de la información de técnicos del IIGE, quienes estimaron una inversión necesaria de USD 250.000 para instalar una capacidad de cianuración de 10 Tn/día

Estado

El Estado jugará un rol clave para instalar la estructura funcional e institucional que facilite el nuevo modelo de negocio. Este soporte requerirá de inversión que garantice que se cumplan los supuestos asumidos para que los actores privados se arriesguen a tomar la decisión de mudar su modelo de negocio. Se requerirá: instalación y/o fortalecimiento a laboratorios para análisis del mineral; formación de plataformas o mesas de trabajo para el acercamiento entre actores; formulación y adecuación de normativa, entre otros.

Cuantificar la inversión precisa que se requerirá por parte del Estado va más allá del alcance de este estudio. Sin embargo, es posible afirmar que este monto variará dependiendo del uso eficiente que se realice de las estructuras ya instaladas. Por ejemplo, la generación de un convenio con las universidades para el uso de sus laboratorios sería más barato que la instalación de laboratorios estatales.

4.5 Alcance potencial del programa

El escenario PBR asume que las plantas participantes del programa piloto venderán el 80% de su producción de oro al programa de compras del Banco Central. Si se consideran las ventas agregadas de seis plantas en el año 5 de la proyección, se tiene un valor total producido de USD 30 millones. Si se determina que el presupuesto aproximado del BCE para este programa en el año 2020 es de alrededor de USD 40 millones, este nivel de compras representaría el 75% del total. No es posible predecir los fondos que serán destinados a este programa de compras en los años venideros, sin embargo, en su momento de mayor capacidad (año 2018) se realizaron compras por USD 90 millones.

El presupuesto destinado a compras de oro y la distribución esperada de estas compras entre distintos actores es definido por la Junta Directiva del Banco Central, con base en un análisis de coyuntura, desempeño macroeconómico, precio del oro y otros factores. Si bien el Banco ha mostrado interés en el modelo piloto aquí propuesto, no existe una garantía de que se pueda cumplir con la compra de USD 30 millones en oro cada año. Tampoco será posible destinar la totalidad de fondos disponibles para apoyar el programa, puesto que el BCE busca

diversificar los agentes a los que compra, como parte de los lineamientos del programa. Por tanto, es menos probable aún que el nivel de compras pueda ser superior a las ocho plantas participantes aquí modeladas en el año 10, a menos que los niveles de compra retornen al nivel del año 2018 y se destine un porcentaje importante de dichos fondos a compras asociadas al modelo aquí planteado. En consecuencia, el modelo que se realizó asume una capacidad de expansión para el modelo PBR limitada por la capacidad de compra del Banco Central.

Bajo estas consideraciones, para el éxito del modelo propuesto resulta imprescindible asegurar la compra del oro a las plantas a un precio justo y, de ser posible, diversificar los potenciales compradores. Una alternativa interesante puede ser la venta de oro certificado, aunque esto puede requerir de inversiones y procesos adicionales a los aquí descritos, aunque el precio también es mayor al precio internacional de mercado. Existen iniciativas de certificación de oro que pueden ser exploradas, como: Responsible Jewellery Council, Fairtrade y Fairmined Standard. Existen también iniciativas de países importadores que

buscan trabajar junto a las certificaciones mencionadas, como por ejemplo, la Better Gold Initiative del gobierno suizo.

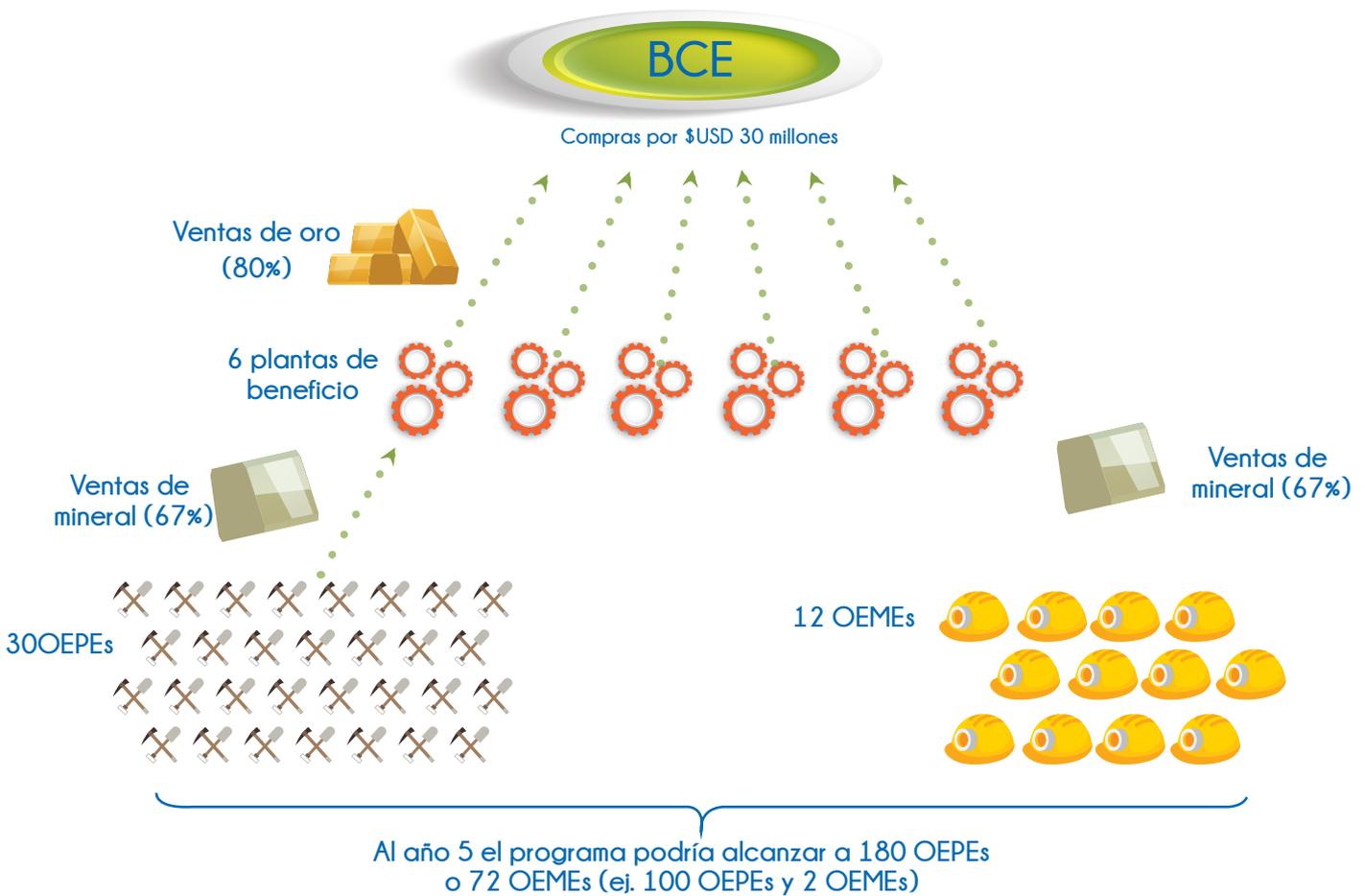
Debido al límite en la capacidad de compra del BCE, el modelo aquí propuesto no podría replicarse a todas las plantas de beneficio. Sin embargo, resulta interesante observar que aún un número limitado de plantas requeriría de un alto número de mineros artesanales para la provisión del mineral. Una sola planta con el nivel de producción utilizado (40 TM/día) requeriría que 40 mineros artesanales OEPE le vendan su mineral, si ellos venden el 50% de su producción de 2 TM/día. La figura para el caso de los mineros artesanales OEME sería de 13 cooperativas mineras. Seis plantas de beneficio requerirían la provisión de mineral por parte de 150 mineros artesanales OEPE o 50 mineros artesanales OEME vendiendo el 80% de su producción. Estos números alcanzan un porcentaje importante de los mineros artesanales formales que trabajan en los dos distritos mineros estudiados (figura 20).

La expansión del modelo, más allá de las seis plantas aquí propuestas, requeriría asegurar nuevos compradores, como las certificaciones mencionadas. Esta expansión podría realizarse de forma incremental a medida que se aseguren nuevos compradores para la producción de las plantas. Considerando que la producción total de oro en los distritos de Zaruma-Portovelo y Ponce Enríquez

se estima en al menos 6 tn/año (Goncalves, 2016), y que las ventas totales mundiales de la certificación Fairmined fueron de 361 Kg en el año 2018, parece poco probable que los mercados certificados cubran la totalidad de la producción. Por tanto, asegurar compradores que busquen y premien los procesos de beneficio responsable será un proceso que solo podrá lograrse en el largo plazo.

Finalmente, es importante mencionar que al momento de la publicación de este documento, el BCE paralizó sus operaciones de compra debido a la pandemia de covid-19, lo que impide el funcionamiento normal de esta institución. Sin embargo, se espera que dicha institución reinicie esta iniciativa una vez que la pandemia esté bajo control y las operaciones vuelvan a normalizarse.

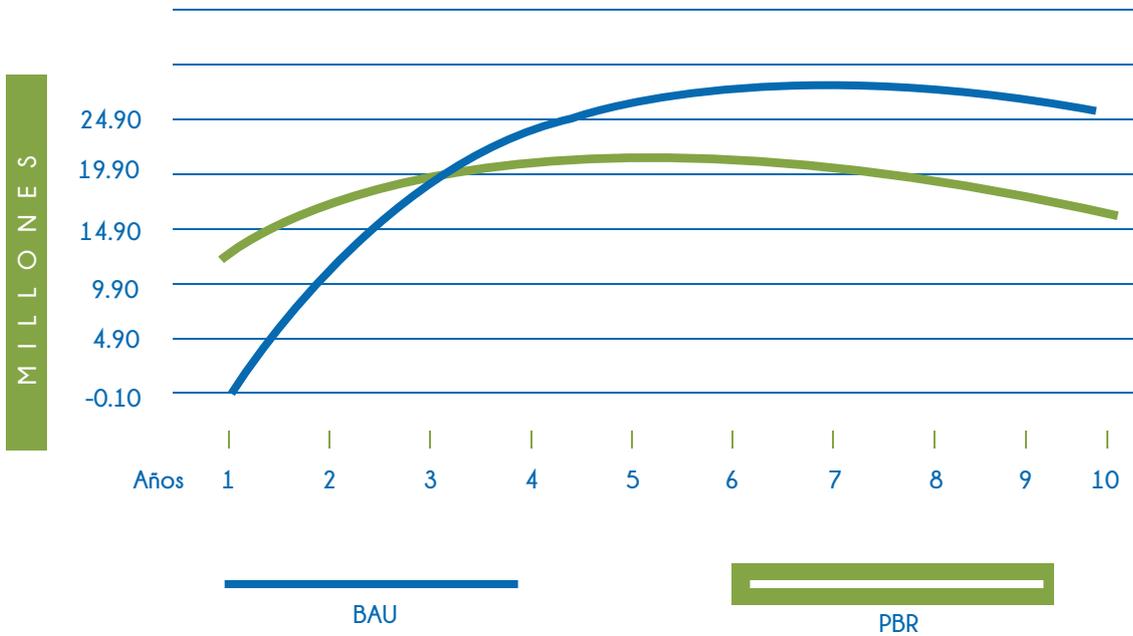
Figura 20: Alcance potencial del programa



Si se considera la población descrita en un programa con este alcance (seis plantas, 100 OEPEs y 30 OEMEs), se generará además un incremento considerable en las ganancias netas agregadas, lo que puede ser importante para el sector y la región. Estas ganancias netas adicionales de todos los actores participantes

llegarían a ser de casi USD 10 millones en el año 10 y un porcentaje de las mismas podría reinvertirse para garantizar la estructura de soporte que el modelo necesita, como por ejemplo en laboratorios. Estas ganancias agregadas se muestran en la figura a continuación.

Figura 21: Ganancias netas agregadas de mineros y plantas en programa con compras del BCE por USD 30 millones



4.6 Análisis de sensibilidad simple

Dado el factor central que juega el precio del oro en la rentabilidad de los actores en los escenarios BAU y PBR, se realizó una modelación adicional que refleja las implicaciones de una estructura de precios alternativa para los distintos actores. Concretamente se busca saber si aún es conveniente el modelo PBR para mineros y plantas que actualmente reciben precios más altos por el oro que los modelados en el BAU. El modelo base considera que el

precio pagado en el mercado local equivale al 80% del precio internacional y que el precio pagado por el BCE al 97,62%. Esta sección utiliza una configuración de precios alternativa para el mercado local de 90% del precio internacional del oro y de 96% del precio internacional para el pago efectuado por el BCE. Los resultados de este análisis se muestran en las figuras 21, 22 y 23.

Figura 22: Ganancia por tonelada de mineral correspondiente a las plantas de beneficio en configuración de precios alternativos

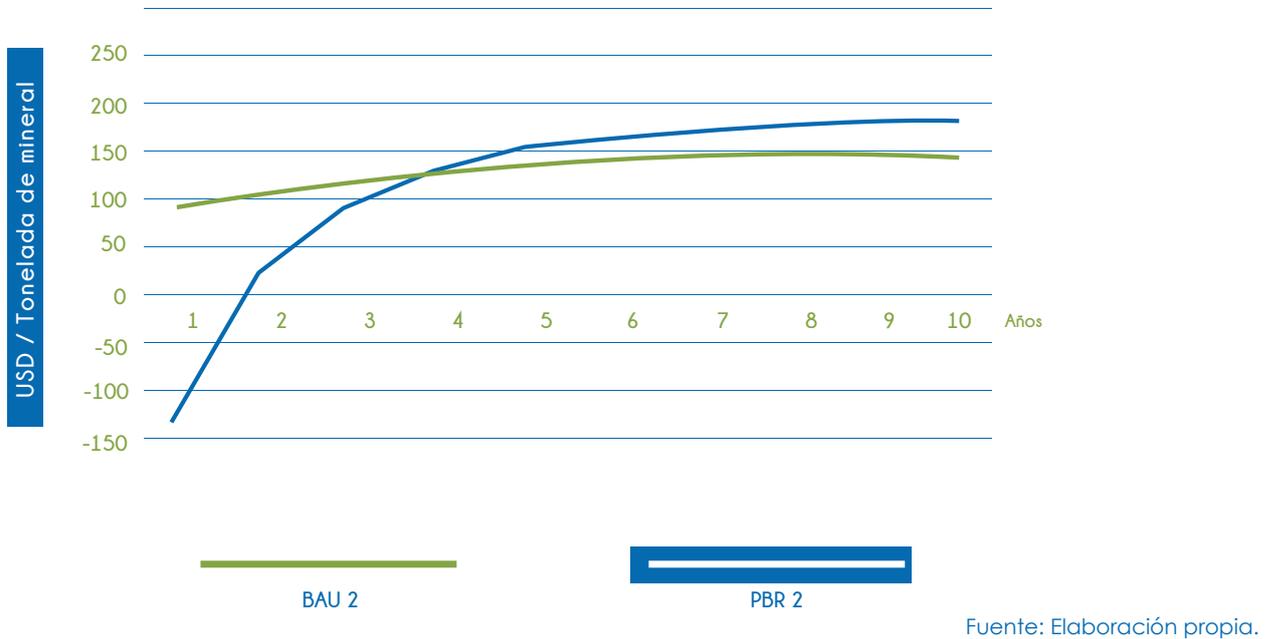


Figura 23: Ganancia por tonelada de mineral correspondiente a mineros pequeños en configuración de precios alternativa

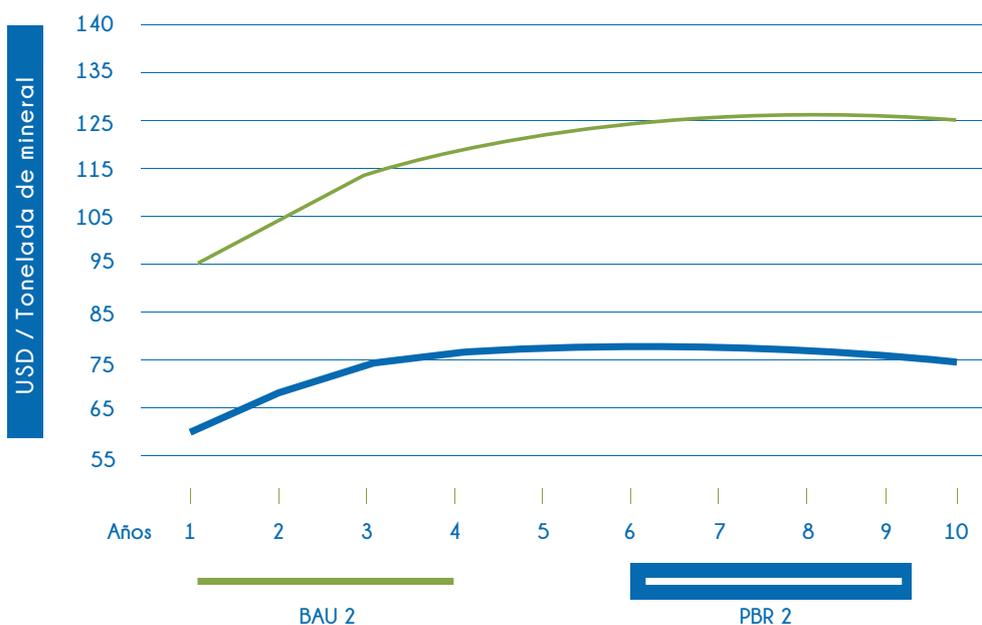
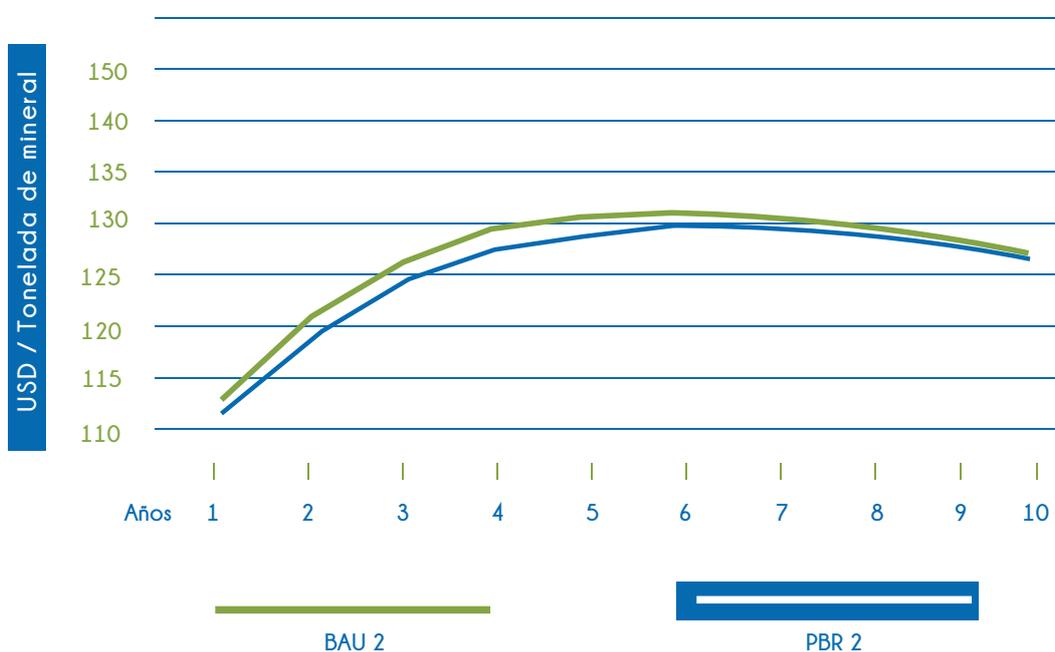


Figura 24: Ganancia por tonelada de mineral correspondientes a mineros medianos en configuración de precios alternativa



Fuente: Elaboración propia.

Considerando la estructura de precios distinta aquí modelada, en el caso de los mineros artesanales con operaciones medianas puede observarse que la transición al modelo PBR significa una disminución de sus ganancias.

Esta disminución es leve (alrededor del 3%, dependiendo del año), pero sugiere que si estos mineros reciben buenos precios por su oro actualmente, no les resulta conveniente mudar del modelo de negocio al PBR. En el caso de los

mineros artesanales más pequeños y de las plantas de beneficio, la tendencia se mantiene con el escenario PBR siendo más rentable. Sin embargo, en el caso de las plantas de beneficio solo se recupera el nivel original de ingresos a partir del año 4. Nuevamente, esto sugiere que aquellas plantas que actualmente obtienen un precio bueno por el oro, tendrán menor interés en mudar su modelo de negocio.

4.7 Otras consideraciones importantes para la transformación de la MAPE

Si bien en este documento se ha examinado las especificidades de un modelo optimizado de manejo y operación de una parte modular de la cadena de valor del oro en la minería artesanal, incluyendo ciertas condiciones que deben cumplirse para implementarlo, es necesario puntualizar algunas consideraciones adicionales que ayudarán a apuntalar los hallazgos descritos.

Prevención y control ambiental: En los últimos años el Estado se ha visto más limitado en cuanto a los recursos disponibles para asegurar el debido cumplimiento de los registros y planes de manejo ambiental por parte de mineros y plantas de beneficio. En vista de que las

autoridades ambientales y mineras deben controlar, auditar y dar seguimiento a las actividades que miles de mineros artesanales realizan anualmente (aunque solo alrededor de 500 cuentan con registros ambientales MAAE, 2020), se prevé que un gran porcentaje de estos mineros acudirían a las plantas de beneficio para procesar su material y pagarían en especie el costo de este servicio. Al trasladar la totalidad del proceso de separación y concentración del mineral a las cerca de 70 plantas de beneficio que cuentan con planes de manejo aprobados (MAAE, 2020),

la carga y los costos de las actividades de control se reducirían considerablemente, pues se concentrarían en las plantas de beneficio. Si en el largo plazo se logra que el beneficio se centre exclusivamente en las plantas, se estima que el Estado podría ahorrar cerca de USD 1,4 millones anuales en actividades de control y seguimiento (el dato se basa en costos reales – MAAE, 2020 – donde se estimó al menos una inspección de control al año por cada minero artesanal y planta de beneficio registrados, incluyendo costos de laboratorio).

Pasivos mineros: La cantidad, distribución y costos estimados de reparación de los pasivos mineros a escala nacional se conoce de forma aproximada, basados en las fuentes de contaminación identificadas y en las sentencias ejecutoriadas desde 2012 en casos juzgados de minería ilegal (MAAE, 2020). Varios estudios señalan áreas dentro de las provincias de El Oro, Azuay y Zamora Chinchipe que se encuentran afectadas por el uso indiscriminado y la disposición inadecuada del mercurio, de relaves en general y de efluentes ácidos (Fundación Natura/Edunat-Ald, 1990; ILDIS, 1991; BCE, 2017). Sobre estos pasivos rige la obligación del sector minero de buscar la manera de financiar su remediación, sobre todo en áreas priorizadas desde el Estado, puesto que los efectos acumulativos de estos pasivos serán, en un mediano plazo, perjudiciales para las poblaciones y las actividades productivas que ocurren río abajo, y que representan importantes ejes del sustento económico local (producción camaronera, bananera y otras actividades agro-productivas).

Si no se promueve una forma efectiva de eliminar el uso del mercurio en la minería artesanal, el costo de la reparación de los pasivos que pueden generarse se trasladará directamente a la sociedad, como se vio en la valoración del impacto por contaminación. La cifra

estimada aún podría ser conservadora, pues existen otros impactos que no fueron valorados y que afectan de manera directa a la población local, como la exposición al polvo (silicosis), los efectos del ruido y la vibración, de la ventilación deficiente (calor, humedad y falta de oxígeno), del esfuerzo excesivo, el espacio insuficiente para trabajar y el uso del equipo inadecuado (según la OIT, en MMDS, 2002).

Certificaciones y buenas prácticas: Por tratarse de un recurso no renovable, la sostenibilidad en minería es un fin complejo. Existen otros modelos que pueden aportar a esta búsqueda de minería responsable, con certificaciones como Oro Responsable, Fair-Mined, Responsible Sourcing, Green Gold y otras implementadas con relativo éxito en Perú, Colombia y Filipinas. Estas son un claro ejemplo de que la minería, incluso a escala artesanal, puede mejorar significativamente su desempeño ambiental y reducir los niveles de conflictividad social que actualmente ocasiona. Finalmente, se debe pensar en mecanismos que generen alianzas con actividades agregadoras de valor en la cadena de comercialización del metal y que a su vez estimulen la producción local, como es el caso del sector joyero y la certificación Responsible Jewelry, que ha demostrado tener la capacidad de incidir en el proceso de obtención y separación del oro, una vez que este llega a ocupar un lugar prominente y decisivo en la cadena de valor. Potencialmente habrá que analizar la aplicabilidad en el sector de mecanismos recientemente propuestos en la Ley de Economía Circular, que se encuentra en su etapa final de análisis y aprobación en la Asamblea Nacional (Asamblea Nacional, sitio web).



5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El modelo de negocio actual de la MAPE



La situación de la MAPE de oro en Ecuador es similar a la encontrada en otros países de la región. Se trata de una actividad estratégica, debido principalmente a su capacidad para la generación de ingresos y empleo en áreas con pocas alternativas productivas, y a la estabilidad de los precios. Al mismo tiempo, si no es bien manejada constituye un riesgo para el ambiente, la salud humana y las ganancias de otros sectores que dependen de los mismos recursos naturales que se utilizan en la minería, como los servicios ecosistémicos de provisión y calidad del agua. Por lo tanto, es importante consolidar la capacidad productiva del sector, pero remediando las problemáticas que acarrea.

La cuantificación del escenario BAU y otros estudios que han analizado la MAPE de oro, coinciden en que el actual modelo de obtención de oro aún utiliza cantidades grandes de mercurio. Si no se implementan formas efectivas de eliminar el uso del mercurio, el costo de contaminación

la se traslada directamente a la sociedad y al Estado ecuatoriano.. Continuar con la trayectoria productiva actual significa un impacto económico a la sociedad por contaminación de mercurio de al menos 300 millones de dólares por año.

La informalidad es otra cualidad preponderante en el sector que se debe remediar. Si bien el modelo se enfocó en las unidades productivas formales, sólo alrededor de 500 mineros artesanales de los miles autorizados o no por la Arcom cuentan con registros y permisos ambientales (MAAE, 2020). Lo mismo acontece con un tercio de los operadores de las casi 170 plantas de beneficio inscritas. Esto es clave al momento de evaluar la capacidad del Estado para realizar efectivamente la prevención y control de la contaminación. Adicionalmente, algunas unidades productivas formales venden una parte de su producción en el mercado informal, resultando una

pérdida de recursos para el Estado.

El modelo actual ha creado también desigualdad entre los actores de la cadena de valor, en términos de ingresos. Los mineros artesanales OEPE, estudiados en el documento, son un ejemplo de ello. Ellos obtienen un beneficio neto de solamente un gramo de oro por cada tonelada de mineral extraído, equivalente a unos USD 100 por día.

Estos ingresos insuficientes determinan una considerable vulnerabilidad socioeconómica. Durante la última década, por una serie de causales socioeconómicas se ha dado una visible proliferación de la MAPE. La tendencia al alza en el precio del oro registrada en los últimos meses puede estimular el crecimiento exponencial de la actividad en el corto plazo, por lo que este es el momento oportuno para direccionar los esfuerzos hacia una minería económicamente estable y ambientalmente responsable.

El modelo PBR recomendado

Este estudio muestra que mediante el uso de incentivos económicos, como la compra de oro a precios competitivos por parte del Banco Central del Ecuador a las plantas de beneficio que implementen procesos productivos ambientalmente idóneos, el modelo PBR tiene potencial para contribuir a direccionar el sector hacia un modelo de negocio más responsable en términos ambientales y más equitativo. Esto último porque los mineros artesanales más pequeños

En términos del impacto ambiental, la intervención tiene potencial para lograr una disminución de más de 1 TM/año en descargas de mercurio. Esta reducción es considerable y supone a su vez una disminución importante de los costos asumidos por la sociedad a causa de la contaminación por mercurio. Si bien la intervención aquí propuesta no es una estrategia para la eliminación total del uso del mercurio en la minería de los distritos estudiados, resulta una contribución significativa. Es importante reiterar que la cianuración debe ser adecuadamente implementada para que el proceso implique menores impactos ambientales. Se ha registrado que algunas plantas de cianuración usan concentraciones de esta sustancia que no son debidamente tratadas, como lo muestran estudios

El modelo es también financieramente atractivo para los mineros artesanales OEPE, en especial para aquellos que actualmente perciben precios bajos por el oro en el mercado local o que hacen ellos mismos el beneficio del mineral que extraen, de manera ineficiente. Estos actores son un grupo vulnerable debido, entre otras cosas, a la

Las plantas de beneficio también obtendrán mejores resultados financieros por la venta del oro directamente al BCE y la compra del mineral a mineros. Esto es igualmente importante, dado que estas son un eslabón clave en la cadena de valor del oro y tienen la capacidad financiera para invertir en procesos de beneficio más idóneos. Además, cada una aglutina a muchos mineros en el modelo propuesto de venta de mineral (alrededor de 20, dependiendo el tamaño que

tienen el potencial de pasar a vender el mineral extraído en el mercado formal y ser los más beneficiados en términos financieros, con un incremento promedio en sus ingresos anuales de USD 26.000 a USD 50.000 en el primer año. Este modelo brinda una oportunidad de dinamizar la intervención estatal en el sector y existen ya resultados prometedores obtenidos en otros países de la región.

recientes realizados en los ríos Calero y Amarillo, en Zaruma-Portovelo (Guerrero, 2013). Por ello, la transición hacia este modelo no sería completa sin la debida capacitación y acompañamiento técnico, y si no es apuntalada con una guía de buenas prácticas centradas en el uso eficiente del agua y la energía. El proceso de separación con cianuro debe contemplar, como mínimo, el uso controlado de reactivos, la vigilancia de la acidez del medio (entre 10,5 y 12), la implementación de sistemas de recirculación de las soluciones cianuradas, el reciclaje de los efluentes y la reabsorción en columnas de carbón activado para reducir los complejos cianurados de cobre y zinc (Guerrero, 2013).

baja rentabilidad de sus operaciones y su susceptibilidad a incurrir en sanciones económicas elevadas si las actividades de control llegan a instancias jurídicas (entre USD 1.500 y 5.500 de multa, como referencia de procesos ya ejecutoriados MAAE, 2020).

se considere). Las plantas de beneficio podrían a su vez estimular conductas más responsables dentro del sector artesanal en la minería metálica, al exigir ciertos estándares mínimos para la compra de mineral. Sin embargo, se debe recalcar que el modelo no será igualmente atractivo para todas las plantas, y será menor para aquellas que ya obtienen buenos precios por el oro beneficiado o que privilegien las ganancias en el corto plazo.

Adicionalmente, al trasladar el proceso de mayor impacto ambiental hacia las plantas de beneficio -menos numerosas que los mineros artesanales y geográficamente más concentradas-, el Estado puede ejercer un monitoreo más eficiente y propiciar un desarrollo más responsable con incentivos que promuevan las buenas prácticas ambientales. Bajo este nuevo modelo, considerando costos reales que incluyan al menos una inspección de control al año por cada minero artesanal y planta de beneficio registrados,

además de los costos de laboratorio, se estima que el Estado ahorraría cerca de USD 1,4 millones anuales en actividades de control y seguimiento (MAAE, 2020). Por lo tanto, un programa integral y progresivo que incremente los ingresos de los pequeños mineros artesanales y las plantas de beneficio, y que a la vez facilite las actividades de control al centralizar los procesos de mayor impacto ambiental en instalaciones de las plantas de beneficio, permite cumplir a la vez con varios objetivos.

Dicho esto, si bien el modelo PBR genera ganancias a mediano plazo, mejorar el proceso de beneficio implica la inversión de recursos importantes y potenciales pérdidas económicas en el corto plazo para las plantas de beneficio. Otros actores también enfrentarán costos relacionados con operaciones de transacción más complejas, incertidumbre asociada a un cambio de modelo y a una exposición mayor por la concentración

de ventas. Dado el potencial del modelo aquí mencionado, el reto recae en compensar y/o acompañar estas pérdidas a través de un programa integral de reformas e incentivos desde el Estado. Este programa deberá minimizar el costo de transición de los actores involucrados y los lineamientos propuestos se exponen en la sección de recomendaciones.

Todo intento de introducir cambios debe ir acompañado de la generación de conciencia e incentivos inmediatos "y estos esfuerzos deben considerar también objetivos más amplios de desarrollo sustentable rural" (MMSD, 2002). Es por este motivo que en este estudio se optó por el enfoque de incentivos en la intervención estatal relacionada con la MAPE. Bajo esta lógica, los operadores de plantas de beneficio, al estar en el punto intermedio de la cadena de valor del oro, se tornan en

actores estratégicos capaces de promover un comportamiento más estable, mejor planificado y propenso a ser más fácilmente regulado dentro del sector artesanal. Dado que ellos son quienes intermedian en el proceso de comercialización y quienes dependen tanto de los niveles de recuperación de oro como de las descargas de mercurio y otros contaminantes en el ambiente, se debe extender incentivos a estos actores.

Limitaciones del modelo PBR y otras consideraciones

El modelo PBR tiene limitaciones en los aportes que puede brindar para mejorar las condiciones del sector. Estos deben ser mencionados y considerados en la

planificación a largo plazo. La principal limitación es que, tal como se mencionó, no se orienta hacia la eliminación completa del uso de mercurio.

Lograr el objetivo de una MAPE libre de mercurio requeriría de una intervención multidimensional que incluya la capacidad de estimular la transición hacia el uso de otras técnicas (por ejemplo, la combinación con gravimetría) o de la introducción de técnicas más ecoeficientes. Sin olvidar el control y monitoreo permanente por parte de las autoridades, muchos procedimientos nuevos se están investigando e implementando actualmente para reemplazar al mercurio en el proceso de separación. En Sudáfrica, por ejemplo, el proceso Minotaur ha presentado resultados prometedores (obtiene un concentrado con 99,5% de pureza). Sin embargo, aún no se cuenta con información de costos ni experiencia local. Antes de incorporar una nueva tecnología es imprescindible evidenciar sus beneficios económicos inmediatos, comprenderla a detalle y generar confianza en ella (MMSD, 2002).

La remediación de pasivos ambientales ya existentes es otro tema clave que no es abordado en el estudio. Es importante contar con una economía estable y rentable en torno a la MAPE de oro en el

Ecuador, que permita, en el largo plazo, planificar mecanismos de financiamiento para cubrir los costos de remediación en las provincias de El Oro, Azuay y Zamora Chinchipe, particularmente afectadas por el uso indiscriminado y la disposición inadecuada del mercurio y de relaves en general (Fundación Natura/Edunat-Ald, 1990; ILDIS, 1991; BCE, 2017). En aplicación del principio de responsabilidad objetiva que rige en la Constitución ecuatoriana, el sector minero está obligado a buscar formas de financiar la reparación integral de los pasivos mineros en estas zonas, coadyuvado por el Estado ecuatoriano. El presente documento no explora esta temática, pero el modelo cuantitativo permite explorar qué variables inciden en el incremento del margen de utilidad y evaluar en qué momento resulta oportuno realizar ajustes para apuntar hacia una mayor participación de las retribuciones que podrían contribuir a remediar los pasivos existentes. Si bien la contaminación con mercurio es la externalidad ambiental más importante, la minería subterránea de oro en el Ecuador también ha

afectado la provisión de servicios ecosistémicos que no son considerados en este modelo y que no están precisamente relacionadas con el uso y descargas de mercurio. El cambio en la cobertura de suelos es un ejemplo de externalidad que puede afectar servicios como la biodiversidad, la regulación climática y la protección contra la erosión, entre otros. Adicionalmente, estas afectaciones podrían trasladarse a otros sectores productivos que pueden ver afectadas sus actividades, como por ejemplo, el turismo. Estas afectaciones deben ser consideradas en la planificación territorial e intersectorial del desarrollo en las regiones de estudio.

Finalmente, el modelo no plantea acciones específicas relacionadas con la mejora de los medios de vida de jancheras y otros grupos vulnerables. Es importante atender las necesidades de estos actores para lograr un desarrollo sectorial auténticamente inclusivo.

El horizonte de la minería responsable

En los últimos años, el sector de la MAPE ha sido considerado estratégico en las reuniones de los Ministerios de Minería de las Américas (CAMMA) y de otras organizaciones en el mundo. Estas discusiones "se han (...) trasladado de cuestiones de definición, jurídicas y asistencia exclusivamente técnica, hacia políticas que consideren asistencia a mineros artesanales y en pequeña escala como parte de las estrategias generales para aliviar la pobreza y generar medios de vida sustentables" (MMSD, 2002). Esto refleja la prioridad que se ha otorgado a la búsqueda de una minería artesanal más responsable y equitativa, así

como a la exploración de nuevas alternativas para alcanzar este fin.

El modelo propuesto en este documento busca contribuir al gran reto de construir una minería más responsable en términos ambientales y sociales. Este enfoque busca, además, ser complementario y paralelo a otras iniciativas impulsadas en el sector, como por ejemplo, la construcción de capacidades, la certificación de buenas prácticas, el pago de precios preferenciales a empresas certificadas y el control permanente por parte del Estado.

Debido a que se trata de una alternativa nueva, la propuesta del documento es iniciar con un programa piloto de alcance limitado. Si se observan resultados promisorios, este nuevo modelo de negocio podría ampliarse a otros distritos mineros en una segunda fase e incluso promoverse como un modelo nacional en el largo plazo. El Programa Nacional de Gestión de Sustancias Químicas del PNUD en Ecuador lleva adelante un proyecto que promueve un modelo similar al PBR y, por tanto, existe la posibilidad de que brinde un acompañamiento inicial a la implementación de esta propuesta. Sin embargo, si se busca que el nuevo modelo amplíe su escala, será imprescindible la participación estatal mediante la reformulación de ciertos instrumentos específicos de la política pública, con el fin de fortalecer la capacidad de

implementar el modelo.

El apoyo a la construcción de una minería responsable desde el Estado será un proceso arduo y complejo, debido a la multiplicidad de posiciones no alineadas por parte de los distintos actores. Esta complejidad se evidencia en los múltiples conflictos sociales-ambientales que se han desatado alrededor de la MAPE. Por lo tanto, toda reforma de política que se promueva para el impulso del modelo propuesto deberá ser definida mediante un proceso consensuado de diálogo y negociación entre instancias públicas y privadas. Adicionalmente, para avanzar hacia el horizonte de una minería verdaderamente responsable, los instrumentos de política pública deberán ser múltiples y enfocados hacia distintos niveles de gobernabilidad, siendo esta intervención solamente un escalón más.



5.2 Recomendaciones de política y próximos pasos

Dado el potencial del modelo y los costos de transición ya mencionados, el reto para el Estado es compensar y/o acompañar estas pérdidas a través de un programa integral de beneficios e incentivos, bajo una lógica de transición progresiva desde el modelo que rige actualmente hacia el modelo PBR.

El esfuerzo inicial debe concentrarse en poner a prueba el modelo operativo y económico, con el fin de generar experiencias tangibles para los actores de la MAPE, demostrar sus efectos positivos y forjar confianza en el

nuevo modelo. Una vez que el piloto se concrete, el Estado puede estudiar los resultados y definir si considera viable la expansión del programa.

A continuación, se recomiendan políticas públicas que el Estado puede impulsar para establecer y sostener el programa piloto. La ampliación de estas políticas a distintos niveles podría a su vez permitir la ampliación del programa en otros espacios geográficos o a escala nacional. Finalmente, se presenta un plan de trabajo que puede servir de modelo para esta transición.

5.2.1 Políticas de soporte

Generación de espacio de diálogo

Para la implementación del piloto se recomienda conformar una mesa técnica de trabajo (Arcom, IIGE, MAAE-PNGQ) que seleccione las plantas y mineros idóneos, brinde capacitación y acompañamiento a los actores, y genere información que retroalimente al modelo para ajustes posteriores. Otros actores representantes del sector pueden ser invitados en una

segunda fase para fomentar el diálogo y generar mecanismos de retroalimentación y mejora del modelo.

En caso de ampliarse el programa a otros espacios o a todo el país, la mesa técnica deberá también acoger a los actores relevantes.

Incentivos

Estos pueden ser económicos u honoríficos (o ambos), de tipo ambiental, tributario, crediticio o combinaciones de estos a través de aranceles, exenciones, reinversiones, compra o venta preferencial, fondos no reembolsables y apoyo técnico directo. En Ecuador existen incentivos que, adecuadamente implementados y aplicados de manera integral, pueden apuntalar la implementación del PBR. Sin embargo, en la fase de arranque del programa es primordial que estos busquen contrarrestar los efectos económicos de las inversiones iniciales. La sección de políticas normativas descrita a continuación,

detallará instrumentos legales específicos que pueden viabilizar estos incentivos, tanto a escala piloto como a otros niveles.

El plan de financiamiento puede apoyarse de incentivos tributarios y ambientales aplicables a plantas cuyo desempeño ambiental sea sobresaliente, en fondos públicos obtenidos a través de regalías mineras e impuestos por comercialización del oro, y de fondos no reembolsables disponibles en programas de cooperación técnica.

Estructura para análisis de la ley del mineral

Uno de los factores decisivos para la venta exitosa del mineral sin procesar a las plantas de beneficio será que el pago sea justo y proporcional a la ley del mineral, de modo que genere confianza en el nuevo modelo. Para ello, tanto los mineros artesanales como los propietarios de plantas de beneficio deben realizar análisis periódicos y frecuentes al mineral extraído, con el fin de establecer el valor de compra contractual basado en los resultados.

El Estado puede impulsar el desarrollo de laboratorios acreditados o establecer alianzas a través de convenios entre el IIGE y las universidades que cuenten con la

capacidad instalada para realizar estos análisis. El modelo actual plantea que cada uno de los actores realice su propio análisis en un laboratorio certificado. Sin embargo, con el fin de generar una gestión transparente de los resultados, estos pueden ser costeados bajo un modelo de cobertura porcentual, donde plantas de beneficio y mineros inviertan en un fondo común que financia el análisis de la LDM, con el fin de establecer el contrato de compra del mineral basado en un solo resultado.

Revisión y actualización de permisos

Para participar del piloto y, eventualmente, de un programa ampliado, tanto mineros como plantas de beneficio deben estar registrados en el catastro minero, contar con sus permisos ambientales al día y cumplir con los planes de manejo ambiental que aprueba la autoridad nacional. El Estado debe

mantener sus esfuerzos por contar con un sector minero artesanal formal, donde al menos todos los mineros artesanales y las plantas de beneficio inscritos en la Arcom cuenten con los registros y permisos ambientales correspondientes.

La aplicación de este modelo recomienda concentrar los esfuerzos de apoyo, control y monitoreo en las plantas de beneficio, como punto estratégico de la cadena de valor. Por su nivel de impacto y la cantidad de mineral que procesan a

diario, los planes de manejo ambiental (PMA) podrían complementarse con guías de buenas prácticas ambientales (BPA) que faciliten un manejo óptimo de estos impactos.

Comprador final del oro

Este modelo recomienda que el Banco Central del Ecuador, a través de su Programa de Compra de Oro, asuma el papel de comprador del oro de las plantas de beneficio. Se identifica a la institución debido a que, además de contar con políticas claras y debidamente normadas, cumple con un papel estabilizador de la economía nacional a través de sus reservas y ofrece el precio más atractivo en relación al valor oficial internacional. Lo deseable es que suceda un aumento progresivo en el valor anual asignado para la compra de oro, de modo que pueda cubrir con una proporción considerable de las compras al sector minero que se va incorporando al PBR, pero de no ser posible, se debe buscar al menos mantener un presupuesto fijo anual que evite la inestabilidad en el mercado y asegure una adecuada planificación de las inversiones. El monto disponible para compras determina el número de plantas que pueden participar del programa. Un monto de USD 30 millones al año permitiría llevar adelante el piloto

con la participación de seis plantas.

Existe el potencial de reforzar el mercado del oro con otros actores que puedan cumplir un rol interesante dentro del nuevo modelo por su capacidad de agregación de valor a la cadena de comercialización del metal. En el ámbito internacional se han venido aplicando estándares y modelos de compra que aseguran que el oro (y la plata) provienen de productores con prácticas ambiental y socialmente responsables, como es el caso de la joyería responsable (Responsible Jewelry Council). Exitosas experiencias documentadas dentro de la industria pueden motivar al sector joyero nacional a incorporar prácticas similares, con líneas preferenciales de compra de metales a mineros y a las plantas de beneficio certificados dentro del PBR. Esta ampliación de la cartera de compradores es indispensable si se espera incrementar el alcance del modelo a otras áreas del país.

5.2.2 Políticas normativas

La implementación del modelo piloto PBR, como parte de la política pública ecuatoriana, implica la observancia, y en ciertos casos, la reformulación de algunos instrumentos normativos, con el fin de fortalecer la capacidad estatal para implementar el modelo y otorgar legitimidad a los cambios propuestos. El grado de modificación y el instrumento preciso dependen de si se pretende impulsar la etapa piloto o la

ampliación a escala nacional del modelo. Sin embargo, existe un cuerpo normativo importante que debe considerarse y cuya relación con el programa se describe a detalle en el anexo A. Las recomendaciones específicas a este cuerpo normativo se describen a continuación, según el orden jerárquico de aplicación:

Leyes y reglamentos marco

Son las normativas de escala nacional que rigen el funcionamiento general del sector, como la Ley de Minería. No se requiere hacer cambios a la legislación vigente para la implementación del programa piloto o la aplicación del modelo a escala nacional. La única excepción es la disposición transitoria tercera de la Ley Orgánica de Fomento Productivo, que debería modificarse con el fin de extender el plazo para que los mineros se beneficien de la exoneración del impuesto a la renta en las inversiones de cambio de tecnología. Los esfuerzos del Estado deben enfocarse en asegurar el cumplimiento de esta legislación, equipar a las instituciones competentes para su adecuado control y seguimiento, y difundir mecanismos a través de los cuales los actores privados involucrados pueden sentirse partícipes de su cumplimiento. Más que reformar, se recomienda añadir artículos ampliatorios a los ya existentes en la normativa secundaria, los que habiliten la posibilidad de reinvertir regalías, tributos, tasas y derechos que provienen de la actividad minera en las actividades de capacitación, acompañamiento técnico e implementación de un programa piloto, donde se pondrá a prueba el PBR.

Financiamiento e incentivos

Existe normativa suficiente y adecuada desarrollada desde el Estado para la aplicación de fuentes de financiamiento a varios niveles, así como incentivos tributarios, económicos y ambientales, además de disposiciones que instan al Estado y a los principales actores de la MAPE a desarrollar programas de capacitación técnica y una correcta aplicación de la normativa ambiental.

Adicionalmente a la facilitación de su aplicación es necesario difundir

ampliamente las obligaciones y las oportunidades que ofrecen estos reglamentos, así como asegurar el financiamiento necesario para cumplirlas y aprovecharlas.

Se recomienda aplicar los incentivos económicos ya existentes en la Ley de Régimen Tributario Interno, diseñados para alivianar la carga impositiva de la minería artesanal. El Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería y Minería Artesanal fomenta incentivos al régimen especial de la MAPE, con beneficios progresivos y proporcionales a las buenas prácticas demostradas, al cumplimiento de obligaciones fiscales y a la normativa socio-ambiental aplicable. Este Reglamento también promueve el desarrollo de encadenamientos productivos, procesos de comercio justo y de certificaciones de los minerales que se explotan en la MAPE, para mejorar condiciones comerciales y agregar valor a sus productos.

Es necesario propiciar la aplicación del Acuerdo Ministerial 048 (efectivo en un año), que autoriza el no pago del 100% de la depreciación de maquinaria que deberá ser usada para la producción más limpia dentro de las plantas. El capítulo II (artículos 26 a 29) de la Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, y Estabilidad y Equilibrio Fiscal, ofrece interesantes incentivos tributarios para inversiones productivas en sectores prioritarios. Puesto que la Constitución reconoce a los recursos no renovables y por tanto a la minería como un sector estratégico, la MAPE podría potencialmente beneficiarse. Otra posibilidad es atenuar los costos iniciales con la

creación de líneas de crédito blando (por ejemplo, desde la Economía Popular y Solidaria) o con la extensión de créditos verdes similares a los que actualmente se otorgan al sector agrícola.

El Acuerdo Ministerial 140 del MAAE brinda incentivos atractivos aplicables al sector: certificaciones por ecoeficiencia, reconocimientos por buenas prácticas y distintivos por la aplicación de modelos de gestión ambiental y socialmente incluyentes, idóneos para extender los beneficios del programa hacia la población que subsiste del rancho (altamente representada por mujeres en condiciones de vulnerabilidad).

También comprenden reconocimientos para gobiernos locales y otros actores que a través de políticas locales contribuyan a promover prácticas ambientalmente amigables e interesantes sinergias a escala local. Los incentivos ambientales que otorga el Acuerdo Ministerial 140 pueden fortalecer al modelo PBR de dos maneras: las plantas con prácticas ecoeficientes perciben en corto tiempo una considerable disminución de los costos operativos asociados al consumo de agua, energía y materias primas; y las plantas de beneficio certificadas o que obtengan reconocimientos, o los mineros que obtengan distintivos ambientales, pueden beneficiarse con líneas de compra preferencial a precios más atractivos.

Relación entre actores y métodos de beneficio

Se puede ampliar o reformular los Anexos del Acuerdo Ministerial 018, con el fin de establecer nuevos parámetros operativos e insertar un articulado y las disposiciones transitorias necesarias, las que promuevan de forma progresiva el procesamiento dentro de las plantas de beneficio. Hay artículos y disposiciones complementarias que deben insertarse, igualmente, en el instructivo para otorgamiento de permisos para labores de minería artesanal, donde se incentive el procesamiento de mineral en plantas autorizadas.

El Instructivo para el otorgamiento de permisos para labores de minería artesanal debe favorecer y

promover las técnicas alternativas a la amalgama con mercurio, como la cianuración, y describir los incentivos y beneficios a realizar en todo el proceso de separación en las plantas de beneficio autorizadas.

También se puede añadir artículos a los acuerdos que regulan la autorización de actividades de minería artesanal y de operación de plantas de beneficio, que promuevan el acceso a los incentivos disponibles y a líneas de compra exclusiva por parte de comercializadores autorizados, los que deberán ser formulados dentro del Acuerdo Ministerial 028 con el fin de asegurar el éxito del modelo.

Rol del BCE

El BCE puede establecer, en función de las necesidades y evolución del PBR, resoluciones adicionales a través de las cuales fije un presupuesto razonable que permita estimular el

ingreso al programa por parte del sector. También puede añadir criterios de compra preferencial para las plantas certificadas.

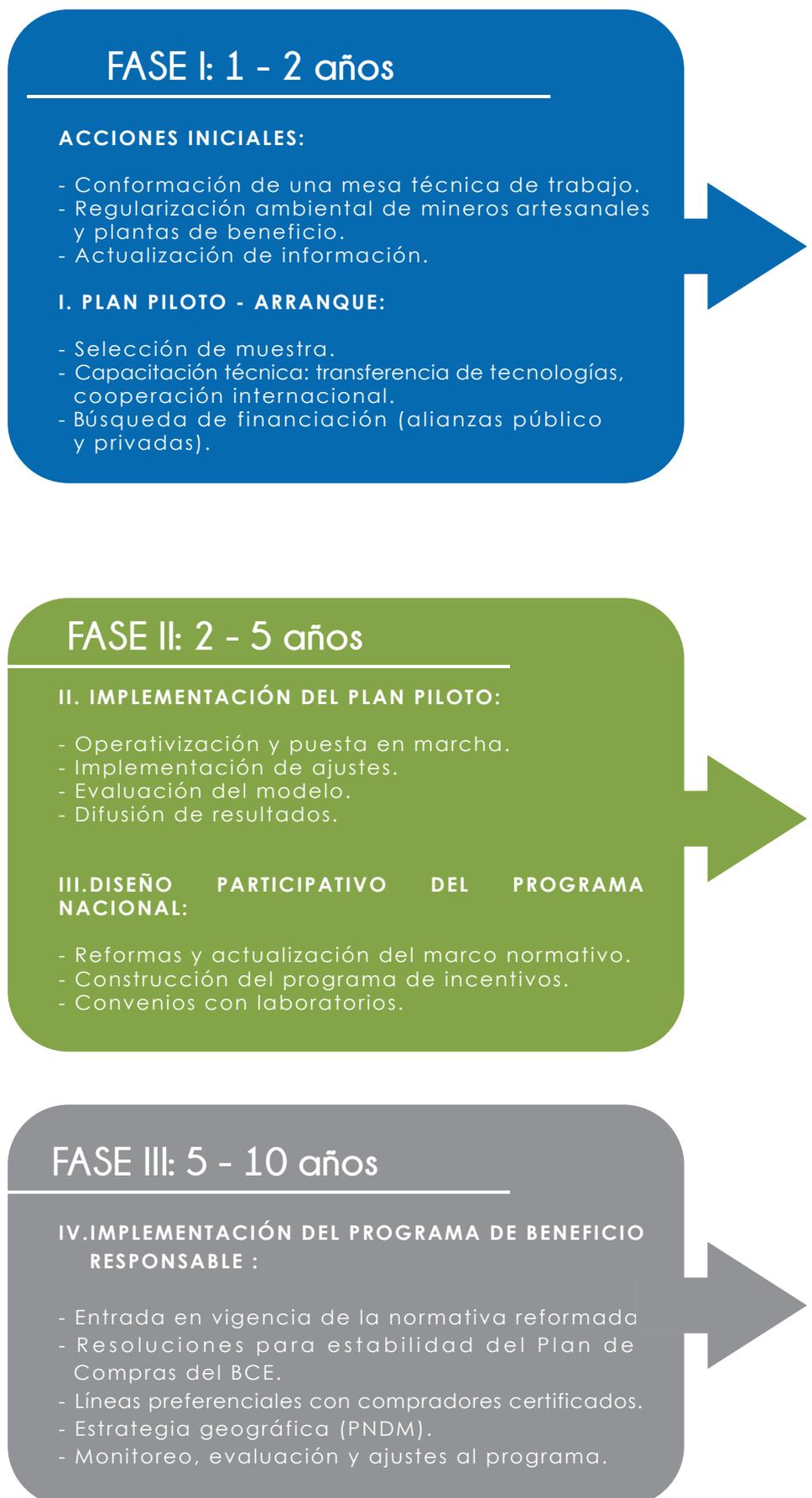
5.2.3 Plan de trabajo

El BCE puede establecer, en función de las necesidades y evolución del PBR, resoluciones adicionales a través de las cuales fije un presupuesto razonable que permita estimular el ingreso al programa por parte del sector. También puede añadir criterios de compra preferencial para las plantas certificadas.

piloto, lo cual no requiere de cambios regulatorios ni de la creación de nuevos cuerpos normativos. Para ser aplicado, el programa piloto necesita, sobre todo, que tanto mineros artesanales como plantas de beneficio estén totalmente regularizados, es decir, que cuenten con los correspondientes títulos, registros, permisos y autorizaciones de la Arcom, con los registros y licencias, y con las

auditorías aprobadas y actualizadas por parte del MAAE. Una vez que el plan piloto esté en marcha, la segunda fase comprende la evaluación e implementación de la fase experimental, con los debidos ajustes. Esto implica el trabajo técnico y jurídico de revisar y reformular la normativa, la conciliación del diseño con actores de la cadena, la preparación de los programas de capacitación y la promoción de los incentivos. La tercera y última fase consiste en la ampliación del modelo a escala nacional, si es que el MERNNR lo considera viable y conveniente (figura 25).

Figura 25:
Plan de trabajo



Los resultados potenciales del modelo propuesto y su implementación a través del plan de trabajo descrito, justifican una inversión por parte del Estado en el sector de la MAPE, con el fin de alcanzar una disminución de los impactos ocasionados por la contaminación e incrementar los ingresos de los actores más vulnerables de la cadena al mismo tiempo. Adicionalmente, esta transición paulatina y organizada hacia un modelo de minería más responsable, permitirá cumplir múltiples objetivos de política pública al Estado

ecuatoriano: avanzar en los objetivos planteados en el Plan Nacional de Desarrollo y aportar al cumplimiento de la legislación vigente, en especial de los compromisos relacionados con la contaminación de mercurio, asumidos a escala binacional e internacional en el caso del Convenio de Minamata; incrementar el volumen de transacciones formales; mejorar los ingresos de los actores más vulnerables y el acceso a servicios ecosistémicos de calidad.

6. Referencias

Alpizar, F., & Bovarnick, A. (2013). Targeted Scenario Analysis: A new approach to capturing and presenting ecosystem service values for decision making. PNUD.

Arcom. (2019). Producción nacional minera reportada. Estadística minera actualizada al 29 de noviembre 2019. Quito: Agencia de Regulación y Control Minero. Disponible en: <http://www.controlminero.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/11/Estadistica-minera-actualizada-29-11-2019.pdf>

Arcom-INIGEM (2016). Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero (PNDSM, aprobado con Acuerdo Ministerial 018 de 2016).

ARM. (2014). Abordando el Trabajo Forzoso en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE). Guía de Herramientas para Capacitadores. Envigado, Colombia: Centro de Capacitación Alianza por la Minería Responsable ARM.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador (2016). Informe de Aprobación del Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

Banco Central del Ecuador, BCE (2015). Resolución 091. Políticas para comercialización de oro no monetario del Ecuador.

Banco Central de Ecuador, BCE (2017). Reporte de Minería.

Banco Central del Ecuador, BCE (2019). Resolución 536. Políticas para comercialización de oro no monetario del Ecuador.

Bose-O'Reilly, S., Schierl, R., Nowak, D., Siebert, U., Frederick William, J., Teorgi Owi, F., & Ismawati Ir, Y. (2016). A preliminary study on health effects in villagers exposed to mercury in a small-scale artisanal gold mining area in Indonesia. *Environmental Research*, 149, 274-281. doi:10.1016/j.envres.2016.04.007

Carrasco Matas, F. (2019). Enami, fomentando la pequeña minería. Presentación del 21 de agosto de 2019. Enami.

Chappuis, M. (2019). "Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú", serie Medio Ambiente y Desarrollo, Nro. 168 (LC/TS.2019/126), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal).

Enders, W. (2009). *Applied Econometric Time Series*. Wiley Series in Probability and Statistics, Volume 804. New York: Wiley

Espín Moscoso, J. (2018). Regulations, enforcement, and policies to address environmental harms in artisanal and small-scale gold mining (ASGM) in Peru. Tesis de doctorado. Gainesville: Universidad de Florida.

(2019). Línea de base nacional para la minería artesanal y en pequeña escala de oro en Ecuador, conforme la Convención de Minamata sobre mercurio. Quito: Fondo para el Medio Ambiente Mundial FMAM, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI, Artisanal Gold Council y Ministerio del Ambiente.

Frenkel, J.A., Johnson, H.G. (Eds.). (1976). *The monetary approach to the balance of payments*. London: George Allen and Unwin.

Fundación Natura/Edunaf-Ald. (1990). *Exploración general de los impactos ambientales de la actividad minera en los cantones de Zaruma y Portovelo*.

García, O., Veiga, M.M., Cordy, P., Suescún, O.E., Molina, J.M., & Roeser, M. (2015). Artisanal Gold Mining in Antioquia, Colombia: A Successful Case of Mercury Reduction. *Journal of Cleaner Production*, 90, 244–252. Doi: 10.1016/j.jclepro.2014.11.032

Giang, A. & Selin, N. (2016). Benefits of mercury controls for the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113 (2), 286-291. Doi: 10.1073/pnas.1514395113

Gonçalves, A.O. (2016). *Analysis of gold extraction processes of artisanal and small-scale gold mining in Portovelo-Zaruma, Ecuador. Tesis de Maestría*. Vancouver: Universidad de Columbia Británica. Disponible en: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0308783>

Gonçalves, A.O., Marshall, B.G., Kaplan, R.J., Moreno-Chavez, J., & Veiga, M.M. (2017). Evidence of reduced mercury loss and increased use of cyanidation at gold processing centers in southern Ecuador. *Journal of Cleaner Production*, 165, 836-845. Doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.097

Guerrero Campos, D. I. (2013). *Diagnóstico Ambiental de las Descargas Mineras Líquidas y Sólidas, en los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos del Cantón Portovelo (Bachelor's thesis, Quito, 2013.)*.

Güisa Suárez, L. (2015). *Minería y derechos humanos: una mirada desde el sector artesanal y de pequeña escala. Serie sobre la MAPE Responsable, Volúmen 7*. Envigado, Colombia: Alianza por la Minería Responsable.

Harari, R., Harari, F., Gerhardsson, L., Lundh, T., Skerfving, S., Strömberg, U., & Broberg, K. (2012). Exposure and toxic effects of elemental mercury in gold-mining activities in Ecuador. *Toxicology Letters*, 213, 75-82. doi: 10.1016/j.toxlet.2011.09.006

Hilson, G. (2006). Abatement of mercury pollution in the small-scale gold mining industry: restructuring the policy and research agendas. *Science of the Total Environment*, 362, 1-14. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.09.065

IIGE. (2018). *Guía para la pequeña minería y minería artesanal*. Quito: Instituto de Investigación Geológico y Energético. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1Ik6AH-4-_M2D6256858NqMmUwQ5J1mj/view

Ildis. Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (1991). *Tres Chorreras: Minería Artesanal e Informal en el Cantón Pucará*.

INEC. (2019). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (Enemdu). Indicadores Laborales Diciembre, 2019*. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Diciembre/201912_Mercado_Laboral.pdf

Jønsson, J.B., Charles, E., & Kalvig, P. (2013). Toxic mercury versus appropriate technology: Artisanal gold miners' retort aversion. *Resources Policy*, 38, 60-67. Doi: 10.1016/j.resourpol.2012.09.001

Luetkepohl, H. (2007). *Econometric Analysis with Vector Autoregressive Mods*. Economics Working Papers ECO2007/11, European University Institute. Disponible en: <https://ideas.repec.org/p/eui/euiwps/eco2007-11.html>

Marshall, B. G., & Veiga, M. M. (2017). Formalization of artisanal miners: Stop the train, we need to get off! *The Extractive Industries and Society*, 4, 300-303. Doi: 10.1016/j.exis.2017.02.004.

Minerales y Desarrollo Sustentable MMSD (2002). *Minería Artesanal y en Pequeña Escala (Cap 13)*. Ministerio del Ambiente del Ecuador (2009). *Política Pública de Reparación Ambiental y Social (Acuerdo Ministerial 001)*.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015). *Acuerdo Ministerial 140 sobre Incentivos Ambientales*. Ministerio del Ambiente del Ecuador (2016). *Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM) – Acuerdo Ministerial 006*.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2019). *Proceso de Otorgamiento de la Autorización Ambiental para la Deducción del 100% en la Depreciación de Máquinas Equipos y Tecnologías (Acuerdo Ministerial 048)*.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2019). *Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM) – Acuerdos Ministeriales 009 y 020 (Reformas)*.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2020). *Oficio MAAE-PRAS-2020-0336-O de 07 de abril 2020*.

Ministerio de Energía y Minas del Ecuador (2009). *Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería y Minería Artesanal (Decreto Ejecutivo 120)*.

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2019). *Política Pública Nacional Minera*.

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2020). *Instructivo de Obtención de Licencias de Comercialización Sustancias Minerales (Acuerdo Ministerial 028)*.

Ministerio de Minería del Ecuador (2014). *Instructivo de Auditoría de Regalías y Beneficio de la Actividad Minera Metálica (Acuerdo Ministerial 323)*.

Ministerio de Minería del Ecuador (2015). *Instructivo para Autorizaciones de Plantas Beneficio y Fundición de Relaveras (Acuerdo Ministerial 018)*.

Ministerio de Minería del Ecuador (2016). *Instructivo para Obtención de Licencias de Comercialización de Sustancias Mineras (Acuerdo Ministerial 004)*.

Ministerio de Minería del Ecuador (2016). *Plan nacional de desarrollo del sector minero. Versión resumida*. Quito: Ministerio de Minería, Instituto Nacional de Investigación Geológica Minero Metalúrgico, Agencia de Regulación y Control Minero Arcom.

Mosquera, C. (2006). El desafío de la formalización en la minería artesanal y de pequeña escala. Análisis de las experiencias en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Lima: CooperAcción, Acción Solidaria para el Desarrollo.

Pnuma. (2012). Analysis of formalization approaches in the artisanal and small-scale gold mining sector based on experiences in Ecuador, Mongolia, Peru, Tanzania and Uganda. A compendium of case studies. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Pnuma. https://delvedatabase.org/uploads/resources/Hinton_2012_Analysis-of-Formalization-Ecuador-Mongolia-Peru-Tanzania-Uganda.pdf

Preziosi, Damian. (2013). Using Ecology to Assess Impacts from Mercury on Ecosystem Services. 11th ICMGP International Conference on Mercury as a Global Pollutant, At Edinburgh, Scotland, Volume: Special Session 01 - Managing Mercury's Impacts to Natural.

Registro Oficial Suplemento 517 (2009). Ley de Minería 045.

Registro Oficial Suplemento 497 (2015). Dictamen de la Corte Constitucional 11 sobre el Convenio de Minamata.

Registro Oficial Suplemento 652 (2015). Ley Orgánica de Incentivos para Asociaciones Público-Privadas y la Inversión Extranjera.

Registro Oficial Suplemento 309 (2018). Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, y Estabilidad y Equilibrio Fiscal.

Sánchez, J. M., Enríquez, S. M. (1996). Impacto ambiental de la pequeña y mediana minería en Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Banco Mundial e International Development and Research.

Sandoval, F. (2001). La pequeña minería en Ecuador. IIED, Mining, Minerals and Sustainable Development, MMSD, No. 75.

Servicio de Rentas Internas (2017). Ley de Régimen Tributario Interno.

Toapanta, A. R. R. (2017). Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. Figempa: Investigación y Desarrollo, 1(2), 41-52.

Tarras-Wahlberg, N. H. (2002). Environmental management of small-scale and artisanal mining: the Portovelo-Zaruma gold mining area, southern Ecuador. *Journal of Environmental Management*, 65, 165–179. doi:10.1006/jema.2002.0542

Thomas, M. J. (2019). Ecuador gold supply chain: analysis of government intervention in the artisanal mining sector. Tesis de doctorado. Vancouver: Universidad de Columbia Británica.

Torres López, F. (2015). El oro sucio de Ecuador sale en vuelos comerciales a EE.UU. *Ojo Público*, 25 de agosto de 2015. Disponible en: <https://ojo-publico.com/83/el-oro-sucio-de-ecuador-sale-en-vuelos-comerciales-eeuu>

Torres Castro, I. A. (2014). Implicaciones para el caso ecuatoriano derivadas de los casos de minería responsable a nivel internacional (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador

- Valdés, I., Reyes, H., & Ortíz, E. (2017). Evaluación del programa de fomento de la pequeña y mediana minería de la Empresa Nacional de Minería ENAMI. Resumen ejecutivo. Santiago de Chile: Consultora INGEMINA LTDA.
- Veiga, M. M., Angeloci, G., Hitch, M., & Velásquez-López, P. C. (2014). Processing centers in artisanal gold mining. *Journal of Cleaner Production*, 64, 535-544. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.08.015
- Veiga, M.M., Nunes, D., Klein, B., Shandro, J.A., Velásquez-López, P.C., & Sousa, R.N. (2009). Replacing mercury use in artisanal gold mining: preliminary tests of mill leaching. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1373-1381.
- Velásquez-López, P.C. (2010). Mercury in artisanal and small scale gold mining: identifying strategies to reduce environmental contamination in southern Ecuador. Tesis de doctorado. Vancouver: Universidad de Columbia Británica.
- Velásquez-López, P.C., Fallon, G., Klein, B., Gallegos Lemos, F., Meznaric, M., Zuñiga, X.B., & Seiler, S. (2019). Community Engagement for the Transformation of Artisanal and Small-Scale Mining and Social Learning: Concepts and Lessons from the Transmapi Project in Ecuador. Vancouver: Canadian International Resources and Development Institute CIRDI.
- Velásquez-López, P.C., Veiga, M.M., & Hall, K. (2010). Mercury balance in amalgamation in artisanal and small-scale gold mining: finding ways to reduce environmental pollution in Portovelo-Zaruma, Ecuador. *Journal of Cleaner Production*, 18(3), 226-232.
- Wasserman, J. C., Campos, R. C., Hacon, S. D. S., Farias, R. A., & Caires, S. M. (2007). Mercury in soils and sediments from gold mining liabilities in Southern Amazonia. *Química Nova*, 30(4), 768-773.

