



Inventarios de Ciclo de Vida del Oro, de actividades mineras artesanales y de pequeña escala en el Perú

Sonia Valdivia

Departamento de Ingeniería,
Ingeniería Industrial,
Pontificia Universidad Católica del Perú,
United Nations Environment Programme Division of Technology,
Industry, Economics, Sustainable Production and Consumption
Branch, Paris

Yvette Yauri

Area Ambiental Corporativa
Asea Brown Boveri S.A Perú.

Resumen

Ricas en recursos minerales, las regiones andinas y amazónicas de Perú son frecuentemente explotadas a través de prácticas mineras artesanales y de pequeña escala, las cuales son ineficientes y de trabajo intensivo. Más aún, estas operaciones están asociadas con impactos ambientales y sociales adversos. La importancia social y económica de estos tipos de actividades mineras recae en el número de familias empleadas. En la extracción de oro, la minería artesanal y en pequeña escala constituye el 15% del total del mineral extraído, tiene empleadas a 30.000 familias y mayormente utiliza mercurio en sus procesos de amalgamación. Este estudio presenta dos Inventarios de Ciclo de Vida (LCIs) de la producción de oro: uno para el caso de extracción aluvial a pequeña escala en Mazuko Madre de Dios (Región Amazónica) y otro para el conjunto de actividades mineras artesanales subterráneas en Ayacucho Mina Santa Filomena (Región Andina) y mayores concentraciones vía amalgamación.

1 Introducción

La Organización de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (United Nations Industrial Development Organisation - UNIDO) [1] estima que la minería artesanal representa un cuarto de la extracción mundial de oro y que dos millones de personas se encuentran directamente involucradas en este subsector, con varios millones más de personas que son económicamente dependientes de estas actividades. Un alto porcentaje de la minería en pequeña escala utiliza mercurio en su proceso de amalgamación, soltando 1.000 toneladas de mercurio anuales en todo el mundo. Esta cantidad representa 1/3 del total de emisiones antropogénicas de este metal pesado (mercurio). El término "minería artesanal" [2] abarca a la minería pequeña, mediana, grande e informal así como a la minería ilegal, las mismas que utilizan procedimientos rudimentarios para la extracción de oro de minerales primarios y secundarios. Los mineros artesanales no generan grandes utilidades; se esfuerzan sólo por generar dinero suficiente para mantener a su familia inmediata. Cada vez un mayor número de mujeres se están involucrando directamente en la minería artesanal y de pequeña escala, especialmente en las labores de amalgamación; esto puede representar unos nueve millones de mujeres directamente empleadas en todo el mundo [2].

Perú es actualmente el 5º productor mundial de oro [3]. La cantidad extraída de oro por minería artesanal y de pequeña escala durante el año 2004, constituye alrededor del 8.7% del total de la producción de oro [4] (por ejemplo: 15.1 toneladas en el 2004). El método común para concentración es la amalgamación porque es simple y barata. Aproximadamente 30.000 familias trabajadoras están empleadas en este sector y no son concientes de los severos impactos en su salud y en el ambiente de las prácticas que realizan. [5].

Se ha encontrado parcialmente, en evaluaciones de impacto ambiental, de impacto social y reportes nacionales [5], una descripción más detallada acerca de la problemática peruana de la minería artesanal y de pequeña escala [17]. Sin embargo, no se han identificado a nivel mundial revisiones cuantitativas de todo el proceso de extracción de mineral,

excepto por un estudio de Inventario de Ciclo de Vida (LCI)¹ para una actividad minera de pequeña escala comparada con una de mediana escala en el Perú [6]; el LCI en la actividad de menor escala es reproducido en la presente publicación para ser contrastado con el caso de estudio de la minería artesanal.

El presente trabajo describe la metodología utilizada para desarrollar LCIs, así como los resultados para los siguientes dos casos:

- Caso 1: Caso de extracción aluvial a pequeña escala en Mazuko - Madre de Dios (Región Amazónica)
- Caso 2: Conjunto de actividades mineras artesanales subterráneas en Ayacucho - Mina Santa Filomena (Región Andina).

En ambos casos el mineral es concentrado vía amalgamación.

El presente estudio pretende responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los principales resultados de los LCIs obtenidos?
- ¿Quién o quiénes pueden utilizar estos resultados?
- ¿Qué metodología es sugerida para trabajar en LCIs bajo escenarios con poca o pobre información?

2 Procesos de extracción y concentración del oro, para minería artesanal y de pequeña escala

Los sistemas estudiados de extracción y concentración de oro incluyen los procesos de extracción aluvial y subterránea de oro, transporte hacia el proceso de tratamiento y de concentración a un 99.5% (Caso 1) o a un 80% (Caso 2). De acuerdo con la EPA (Environmental Protection Agency), [7] concentración significa mejorar el grado del oro, por flotación, concentración de la gravedad, amalgamación, cianuración u otros procesos. En estos casos de estudio el proceso de amalgamación es utilizado.

En las siguientes líneas se presentará una descripción más detallada de ambos casos.

¹ El Inventario de Ciclo de Vida o Life Cycle Inventory (LCI) es la identificación y cuantificación de la utilización de materia prima, consumo de energía y cantidad de desperdicios de las materias primas utilizadas y sus consecuencias, en la fabricación, distribución, uso y disposición de residuos [7], [8], [9], [10], [16].

2.1 Caso 1: Extracción aluvial y concentración a pequeña escala en Mazuko - Madre de Dios (Región amazónica)

Mazuko es la capital del distrito de Inambari (provincia de Tambopata, en Madre de Dios, Perú) y está localizada en la parte sur oriental del país. Esta área es considerada bosque tropical húmedo, con grandes precipitaciones lluviosas durante todo el año. Los suelos están compuestos mayormente por arena. Mazuko está localizada cerca de la Reserva Nacional de Tambopata², lo cual significa un mayor riesgo ambiental para las actividades humanas como son las operaciones mineras artesanales y de pequeña escala. Esta área protegida es adyacente al Brasil. Mazuko es un pueblo pequeño integrado por 389 casas y 1.899 personas quienes dependen directa o indirectamente de la extracción minera de oro [18]. El periodo analizado para estas actividades es de 12 meses (de enero 2005 a diciembre 2005). Esta operación es de propiedad privada y considerada actividad minera de pequeña escala durante 300 días al año y de la cual se obtienen 43.2 kilos de oro (99.5%). Veinte trabajadores remueven alrededor de 2.150 m³/día. Cada domingo (52 domingos por año), el oro es separado por amalgamación. El grado del oro en el área es bajo (1.00466 gramos de Au en 15 m³ de tierra) y equivale a 13 t/g-Au. La eficiencia de la extracción es de cerca de 55%. La energía requerida para operar los equipos de remoción y transporte proviene del diesel. El consumo de agua es de río o de aguas subterráneas. El tamaño del área de operación es de 500 hectáreas.

Las unidades de proceso desde la extracción hasta la disposición de desperdicios se describen a continuación:

Excavación (mina abierta)

Los volúmenes estimados de biomasa removida (árboles y vegetación) de un área equivalente a 1.61 Hectáreas por año son de 17.628 kg/g-Au o 761.53 t/a [15]. Después de todo, se realiza extracción intensiva hasta una profundidad de 40 m. Se ha estimado un volumen anual de tierra removida de 1.032.000 toneladas.

Primera separación del material

El material extraído es lavado con agua

bombada del río o del subterráneo sobre una alfombra peluda en una escalera inclinada. El consumo total de agua es de 2.177.640 m³. La alfombra retiene más o menos el 55% del oro fino que está contenido en la arena. Al final de cada día, las alfombras son cepilladas y se obtiene un lodo pesado que es el que contiene el oro fino.

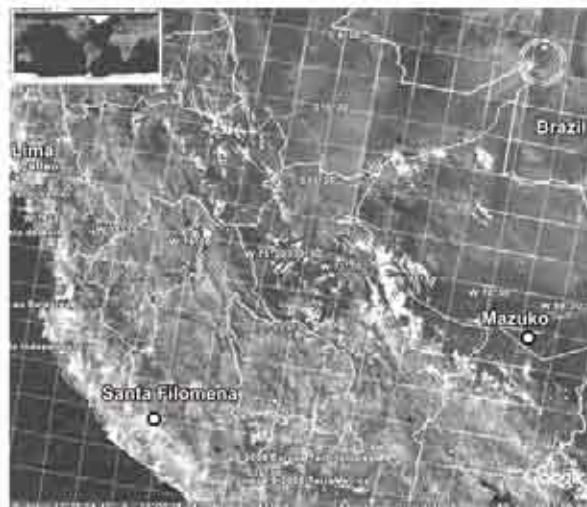


Figura 1: Localización de los dos casos de estudio

Amalgamación

Consiste en una mezcla manual de mercurio líquido con el lodo previamente obtenido, en el cual las finas partículas de mercurio se adhieren a las de oro. Se estima que se utiliza dos gramos de mercurio para extraer un grado de oro. Como hay un reciclaje del 90% del mercurio, el consumo final de mercurio nuevo es de 0.2 gramos por grado de Au.

Segunda separación del material

En un tambor se asienta el lodo concentrado, el cual es separado posteriormente, debido a su alto contenido de oro y mercurio

Se añade agua a este lodo ya separado y se obtiene lodo con una mayor concentración de oro, mediante un proceso de centrifugación. Éste es el producto diario que es acumulado hasta que llega el fin de semana, donde el oro y el mercurio son recuperados.

Concentración de oro y recuperación de mercurio

Se calienta el mineral preconcentrado hasta una

² El área protegida de Tambopata tiene como característica altos niveles de endemismo. Se ha encontrado una gran diversidad de hábitat y, por lo tanto, están representadas una gran cantidad de especies [11] [12] [13]. La línea divisoria de aguas del río Tambopata es considerada uno de los ecosistemas más ricos en el mundo por su biodiversidad. Un indicador de esta gran abundancia es el hecho de que un área de solamente 550 hectáreas, investigadores han encontrado 91 especies de mamíferos, 570 aves, 127 reptiles y anfibios y 94 peces, además de otros sorprendentes registros [14].

temperatura de 700 °C utilizando un soplete en una olla simple de metal para cocina. El mercurio se evapora y es recuperado hasta un 90%. Este proceso es comúnmente llamado "refogado". El oro obtenido muestra una alta concentración (99.5%) y puede ser vendido directamente a joyerías. El peso de las emisiones de mercurio no recuperado es de aproximadamente 8.6 kg/a; estas emisiones son inhaladas por los trabajadores mineros y se precipitan sobre el terreno y la vegetación.

Consumo de energía y materiales auxiliares, y emisiones al aire

El diesel requerido por los equipos (una cavadora trasera, un cargador end-front y dos camiones de carga) es de 78'708 gal/a. La cantidad de combustible para el soplete (en la recuperación de mercurio y separación del oro) no ha sido considerada dentro de los cálculos por ser insignificante en comparación con el diesel que se necesita para operar la bomba de agua.

Otro metal auxiliar relevante a ser incluido en el LCI es el lubricante (aceite de motor) utilizado en los equipos de remoción y extracción: 31'579 kg/a.

Disposición de desechos no controlados

En esta fase, sólo los residuos que no son reciclados o no son adecuadamente dispuestos han sido inventariados en el LCI: derrame de lubricantes (8'343.2 kg/a son dispuestos al ambiente), llantas de los equipos (4.2 t/a son abandonadas en áreas de la compañía).

Los desechos domésticos no han sido considerados en este estudio, por tanto, no han sido inventariados. Sin embargo, para ilustrar el contexto de estas operaciones y su impacto ambiental, vale la pena mencionar que ya que ya no existen vertederos en Mazuko, todos los desechos domésticos de la ciudad y de las operaciones mineras son dispuestos en espacios abiertos dañando el frágil ambiente natural.

2.2 Caso 2: Conglomerado de actividades de minería artesanal subterránea y de concentración en Ayacucho - Mina Santa Filomena (Región andina)

Este estudio cubre un conglomerado de operaciones mineras artesanales del distrito de Sancos (provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho) en la zona sur central del Perú. Este pequeño pueblo se encuentra a 2.400 metros sobre el nivel del mar. Las actividades están organizadas por

la Asociación de trabajadores SOTRAMI (Sociedad de Trabajadores Mineros de Santa Filomena), que posee alrededor de 160 miembros y 240 colaboradores externos (por ejemplo, familiares). Las áreas de extracción y mineras están localizadas en un terreno semidesértico con casi absoluta ausencia de lluvias. Los suelos son áridos y arenosos y la vegetación es escasa, representada básicamente por arbustos de desierto. Las condiciones climáticas son una combinación de fuerte calor y frío ligero (véase la Figura 2).



Figura 2: Foto satelital del conglomerado de actividades mineras de la Asociación SOTRAMI

El periodo analizado de estas actividades corresponde a 12 meses (de septiembre 2004 a 2005). La asociación extrae en un año entre 25 y 30 kg de oro. El lugar está a 574 km. de distancia desde Lima y el acceso es a través de vehículos terrestres de transporte público. Cada trabajador opera aproximadamente 240 días al año y los miembros se agrupan en grupos de 5 u 8 integrantes. La energía requerida es cogenerada y se basa en diesel. El agua es transportada 10 km. desde el río Laytaruma. Se consumen 10'000 litros de agua por año para la concentración y el proceso de limpieza y 6'000 litros para servicios generales.

Las diferentes fases desde la perforación hasta el recupero de mercurio son ilustradas en los siguiente párrafos.

Perforación y blasting

Métodos manuales y con taladros eléctricos (cada taladro tiene una profundidad de 0.5m), son utilizados para abrir huecos donde la dinamita (TNT) es introducida y detonada. Esta operación suaviza la roca y, por lo tanto, permite la apertura de los túneles cuyas anchura y altitud son de 0.8 y 1.60 metros respectivamente. El agua es consumida antes y después del taladrado para fines de limpieza y para reducir el polvo.

Primera selección

Basados en la experiencia de los trabajadores mineros, la primera selección de mineral más concentrado ocurre dentro de la mina, antes de ser transportada a la siguiente área.

Transporte

Los trabajadores llevan en sus mochilas alrededor de 20 kg. del material seleccionado, el cual transportan desde el lugar de la extracción al área de selección, fuera de la mina. Hasta hace poco, este tipo de trabajo era realizado por niños quienes realizaban la carga pero con un menor peso.

Selección manual o "pallaqueo"

En esta etapa, las mujeres (miembros de las familias mineras) separan el mineral de acuerdo con el tamaño, antes de pasar al proceso de molido. Las mujeres protegen su sistema respiratorio con una tela simple y utilizan guantes de metal para evitar cortes al manipular las rocas filosas. Cerca del 50% del material es separado como sobrecarga y es parcialmente introducido dentro de la mina para su desecho. El grado de concentración de oro obtenido es equivalente a 133 gramos por tonelada.

Primer molido

Los minerales seleccionados son molidos en moledores familiares para homogenizar y reducir su tamaño utilizando "combas". La unidad de la

producción diaria por cada familia es un tambor de metal que contiene mineral concentrado cuyo peso oscila alrededor de los 30 kg.

Segundo molido

Las familias comparten un molino de bolas de régimen discontinuo con una capacidad que varía de 220 a 450 kg., que opera con un motor de diesel y reduce el tamaño de los minerales a unos dos cm. El agua del río Laytaruma alimenta estos molinos.

Amalgamación

Los "quimbaletes" son utilizados para concentrar el oro. Cada "quimbalete" consiste en una piedra colocada sobre una gran bandeja. La piedra siempre está en constante movimiento, mecanismo que permite a los trabajadores mantener el balance sobre la piedra. El mercurio es añadido por otro trabajador durante el proceso. Como consecuencia, el mineral es presionado y mezclado con el mercurio. El proceso de amalgamación toma en promedio unos 20 minutos (véase la Figura 3).

Separación

En una bandeja se asienta el material concentrado y el lodo ligero que contiene algo de mercurio se mantiene en la superficie. El mineral concentrado es llamado amalgama y es separado posteriormente por su alto contenido de oro: 1/3 del amalgama es oro y los 2/3 restantes son mercurio.



Figura 3: Proceso de amalgamación en el "quimbalete"

Concentración de oro y recupero de mercurio (refogado)

La amalgama filtrada es calentada para evaporar y recuperar el mercurio y obtener oro más concentrado. Diariamente, cada familia utiliza cerca de 2 kg. de mercurio y recupera 1.6 kg. (0.4 kg. de mercurio nuevo es utilizado cada día).

Residuos

Los residuos del lodo son llamados escoria y aún contienen algo de oro (10 a 43 g-Au/t) y mercurio. Por tanto, esta escoria es vendida a plantas medianas de la región que utilizan procesos de concentración más eficientes como la cianuración. El color de la escoria varía entre rojo, blanco o negro, dependiendo de la composición de la tierra.

Las Figuras 4 y 5 muestran las fases de extracción y concentración del oro para los dos casos de estudio.

3 Inventario de ciclo de vida de la extracción y obtención artesanal de oro

3.1 Metas

El objetivo del presente estudio es el desarrollo de inventarios de ciclos de vida de dos casos contrastantes para una futura comparación, donde se pretende identificar parámetros ambientales comunes, realizar el análisis y hacer recomendaciones sobre la metodología de elaboración de los LCIs bajo escenarios con escasa información y conocimiento, y finalmente presentar recomendaciones sobre cómo utilizar los resultados obtenidos.

3.2 Alcance y definición de los límites del sistema

El refrán conocido "De la cuna a la tumba" (véanse las Figuras 1 y 2) puede bien emplearse en este caso, pues tanto el transporte hacia el proceso de finalización del metal, como hacia los consumidores directos de oro y para la disposición de residuos

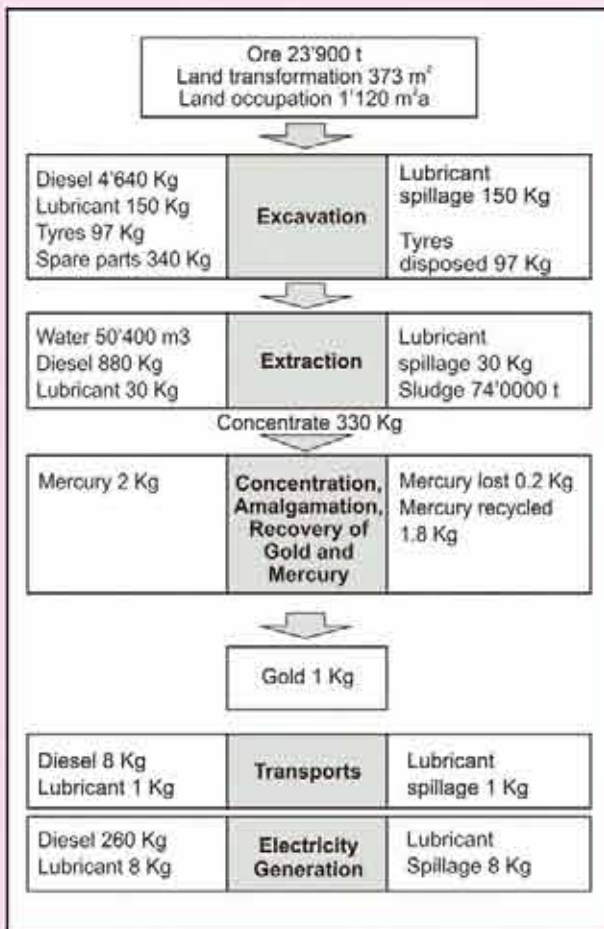


Figura 4: Proceso y alcance de los procesos: Caso 1
Compañía localizada en Madre de Dios.

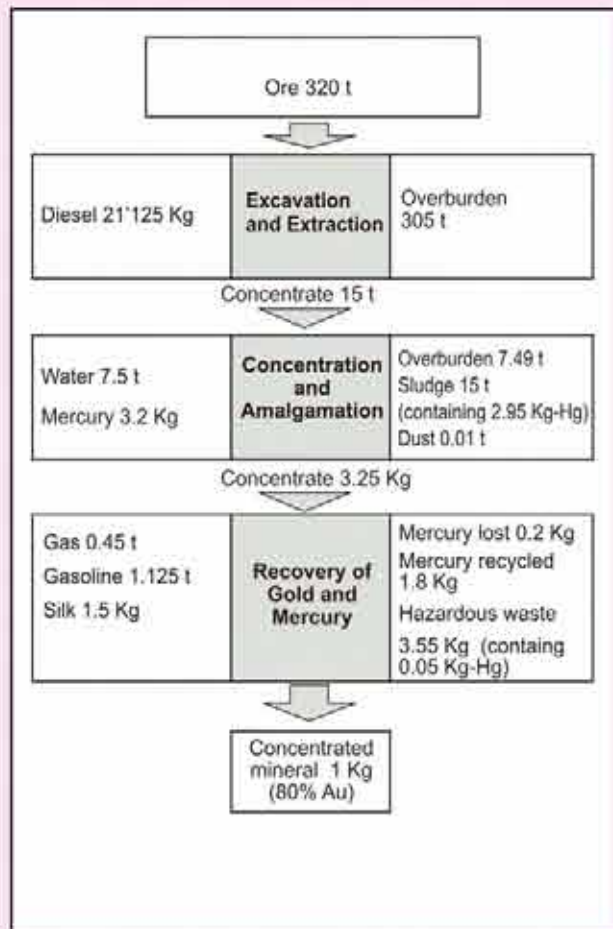


Figura 5: Proceso y alcance de los procesos: Caso 2
Conglomerado de familias localizadas en Ayacucho.

fuera del área, no han sido incluidos. Los límites del ciclo de vida incluyen las fases de extracción del oro, el transporte hacia el área de concentración y, parcialmente, el proceso de manejo de residuos.

En el caso de las prácticas de manejo de residuos, no todas ellas fueron analizadas e inventariadas, pues no se conocía información histórica alguna ni se encontraron cantidades registradas.

3.3 Inventario de ciclo de vida

Los resultados de este estudio se presentan en las Tablas 1 y 2 para cada aspecto ambiental y han sido agrupados por categorías ambientales. Los valores se expresan en sus respectivas unidades funcionales.

La energía consumida por operar equipos mineros y en el transporte está indicada en las Tablas 1 y 2 respectivamente. En el segundo caso, que involucra los procesos de transporte u operaciones de carga o de equipos back-hoe, se hallan los mayores consumos de diesel. Este hecho se puede comprobar con la información presentada en las Tablas 1 y 2.

El consumo de agua se encuentra también indicado en las Tablas 1 y 2: 50'400 m³/kg-Au y 7.5 m³/kg-Au para el 1° y 2° caso respectivamente. Se identificó en ambos casos un inapropiado tratamiento del agua, pues se liberan efluentes sin tratamiento al lavabo del río siguiente (Caso 1) o a charcos cercanos a los campamentos donde luego estos desechos se filtran al subsuelo (Caso 2).

Desperdicios de mercurio existen en ambos casos, aun cuando se aplican técnicas de recuperación del mismo. A pesar de ello los desechos de mercurio son mayores en el Caso 2 ya que una mayor cantidad de este metal es utilizado para la concentración del mineral. Ya que la recuperación del mercurio es realizada, en el segundo caso, por las familias, más mujeres y niños están expuestos a estos desechos de mercurio.

En el Caso 1 existen mayores cantidades de escoria y desechos peligrosos por kilo de Oro (99,5%) que los generados en el Caso 2. A pesar de que en este estudio no se evalúa el impacto del ciclo de vida, es importante resaltar que el impacto ambiental acerca del Caso 1 (bosques tropicales y húmedos localizados en la Reserva Nacional de Tambopata) es mucho más sensible que el del Caso 2 (áreas semidesérticas con casi ninguna vegetación). Por

tanto es de esperarse que los impactos en estos aspectos ambientales sean críticos.

4 Metodología

El desarrollo de los LCIs bajo escenarios con escasa información, con actores involucrados y con conocimiento de los stakeholders es un trabajo retador que involucra un mayor tiempo y el diseño de un acercamiento ad hoc para acceder a información real (medurable) o estimada (vía observación, comparación con casos similares o cálculo utilizando factores de emisión y consumo).

Los siguientes pasos fueron necesarios para completar los LCIs de estos casos particulares:

Paso 1: Para desarrollar confianza con la persona responsable de las operaciones se le explica la importancia y los beneficios de conocer mejor cuáles son los aspectos ambientales críticos y los impactos de futuras mejoras en las condiciones de trabajo y en el medio ambiente. En ambos casos, los directores generales recibieron una capacitación ambiental muy rápida sobre la situación general de la minería en pequeña escala, para poner en contexto sus propias operaciones y resaltar las ventajas de completar el inventario de ciclo de vida.

Dos argumentos importantes que ayudaron a convencer a los directores generales fueron los siguientes:

- Cada operación artesanal y a pequeña escala necesita estar al tanto de los riesgos a la salud asociados con las prácticas que se realizan en la actualidad, especialmente en el proceso de amalgamación y de su responsabilidad en la salud de sus trabajadores.
- Existe una presión creciente del lado de las autoridades locales para que las operaciones artesanales y a pequeña escala presenten reportes del valor del impacto ambiental [19] [20]. Este tipo de estudio (LCI) puede ayudar directamente como un dato de entrada para los reportes ambientales requeridos.

El mayor cuello de botella para futuros LCIs podría ser el desinterés de la mayoría de directores, quienes no tienen una formación académica y buscan grandes y rápidas utilidades, muchas veces bajo condiciones ilegales (por ejemplo, no pagan impuestos y beneficios sociales). Sus trabajadores

ganan mucho menos que los directores generales, aunque son mejores pagados que los que trabajan en otras actividades económicas (el ingreso promedio varía entre los US\$ 200 y 300 mensuales, siendo el salario mínimo oficial en el país de US\$ 130).

Paso 2: Una vez que el responsable de la operación está al tanto de la importancia y de los beneficios de dicho estudio, se lleva a cabo una investigación sobre la existencia de información escrita acerca de los aspectos e impactos ambientales en la zona sobre la actividad minera. Mayormente, las ONG o entidades públicas poseen estudios parciales de impactos ambientales que pueden ser muy útiles para validar la selección de los aspectos ambientales del LCI y de las categorías de impacto seleccionadas. La observación principal fue que casi todas las fuentes de información encontradas no fueron validadas por un par, por tanto, los datos y las conclusiones deben de ser referidas con reserva.

Paso 3: Basados en toda la información escrita recogida se planeó una visita. Los periodos normales de estadía son de dos días. La primera visita permite recoger una primera impresión y recolectar información operacional, en tanto que la segunda visita permite validar los datos. Una vez que el director accede a la visita del sitio se procede al contacto con el trabajador de una manera amigable. Ellos proporcionan toda la información que poseen, aunque, como ellos no poseen educación ni conocimientos, difícilmente pueden proporcionar números exactos, nombre de procesos o de productos. La mayoría de la información obtenida está basada en la propia observación, mediciones o estimaciones de los investigadores.

Paso 4: Los LCIs fueron construidos con la información obtenida, y presentados y explicados a los directores de operaciones para sus comentarios. La mayor retroalimentación fue la aceptación de las operaciones descritas y la conformidad de que las listas de los materiales de entrada y de salida eran correctas, mas no la validación de las cantidades.

5 Conclusiones

Basados en los dos LCIs desarrollados se ha identificado que el agotamiento del agua (Caso 1), la generación de residuos peligrosos (Caso 1), las emisiones de mercurio (ambos casos) y la escoria (ambos casos) son los aspectos ambientales más significativos. Con respecto al consumo de combustibles fósiles, el equipo para remoción y transporte en carretera de los materiales

intermedios, en el Caso 1, son considerados como los más grandes consumidores.

La principal parte faltante resultó ser la estimación de los gases de efecto invernadero y el inventario de algunos residuos peligrosos. Un posterior análisis implicaría la estimación de las emisiones de los equipos de remoción y transporte.

Para validar la recolección de información bajo un escenario de datos insuficientes se describen los siguientes pasos sugeridos en el capítulo cuatro, aunque las siguientes ayudas adicionales permiten reducir el tiempo y las dificultades en el proceso de investigación:

- 1 Convencer a los stakeholders con gran experiencia demostrada de trabajar mano a mano con las actividades mineras (por ejemplo, las ONG, el gobierno local, las agencias de cooperación internacional). Estos organismos están compuestos por personal más calificado y pueden servir como un vínculo y como socios en este tipo de proyectos.
- 2 Entrevistar a los más calificados autores y expertos en el campo para poder validar la información identificada y las experiencias que no fueron verificadas.
- 3 Entrenar a los trabajadores para que sepan cuantificar algunos de los datos de entrada (por ejemplo, residuos generados) o datos de salida del sistema para apoyar en la estimación del inventario.
- 4 No tener periodos de visita muy cercanos, así como no pasar mucho tiempo en el sitio recolectando información (tres ó cuatro días).

Los resultados obtenidos son útiles para las ONG que trabajan en impactos sociales y ambientales en actividades mineras de pequeña escala; para que los gobiernos locales prioricen aspectos ambientales (consumo de agua, consumo de energía y emisiones de GHG) en estas actividades, y para que las entidades del gobierno nacional regulen y propongan mecanismos, apoyen su implementación y mejoren las condiciones de trabajo, con límites permitidos de emisiones e infraestructura mínima en el tratamiento del agua.

De los resultados del LCI para el Caso 1 con respecto al consumo de agua, escoria generada y emisiones de mercurio se recomendó eliminar la actividad de extracción y concentración de oro, especialmente en la Reserva Nacional de Tambopata. Esta recomendación ha sido realizada, y su contenido incluye una propuesta del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAM) y de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de Norteamérica (USAID) sobre Zonificación Ecológica Económica de la región Madre de Dios [21]. En este documento se establece claramente que esta área no es recomendable para actividades mineras. Para ambos casos se

recomienda minimizar gradualmente el uso de mercurio, acompañado de programas de capacitación y trabajando mano a mano con los stakeholders involucrados. Actualmente existen iniciativas globales que están apuntando a la minimización del uso del mercurio en muchas aplicaciones, incluyendo el proceso de amalgamación. Así, por ejemplo, las marcas químicas de la UNEPDTIE están dirigiendo los programas de mercurio [22] y las actividades de entrenamiento y desarrollo de planes de implementación nacional para reducir la utilización del mercurio y los desechos que se generan actualmente.

Aspecto ambiental	Excavación	Extracción	Concentración, amalgamación, recuperación de Au y Hg	Transporte	Generación de electricidad	Total
Agotamiento de fuentes de energía no renovables (NREDS³) (Kg)						
<i>Diesel</i>	4'640	880	n.d.	8	260	5'788
<i>Lubricantes</i>	150	30	n.d.	1	8	189
Consumo de agua (Water consumption (WC) (t)						
<i>Agua dulce de línea divisoria de aguas</i>	0	50'400	0	0	0	50'400

Tabla 1 : Valores consolidados de los aspectos ambientales de la producción de 1 Kg-Au (99.5%) - Caso 1.

Aspecto ambiental	Excavación y extracción	Concentración y amalgamación	Recuperación de oro y mercurio	Total
Agotamiento de fuentes de energía no renovable (NRED) (Kg)				
<i>Diesel</i>	21'125	0	0	21'125
<i>Gasolina</i>	0	0	1.125	1.125
<i>Gas</i>	0	0	0.45	0.45
Consumo de agua (WC) (t)				
<i>Agua de subsuelo</i>	0	7.5	0	7.5

Tabla 2 : Valores consolidados de los aspectos ambientales de la producción de 1 Kg. de mineral concentrado (80% of Au) - Caso2.

Leyenda:

n.d.: no determinado

* Ambos procesos generan 97 Kg. de llantas desechadas

Bibliografía

- [1] United Nations Industrial Development Organisation (UNIDO), Unido Programme for Introducing Cleaner Artisanal Gold Mining and Extraction Technologies and Assessing the Impact of the Activity on Health and the Environment, <http://www.natural-resources.org/minerals/cd/unido.htm>. Último acceso: 13 de agosto de 2006.
- [2] Pablo Huidobro, Removal of Barriers to the Introduction of Cleaner Artisanal Gold Mining and Extraction Technologies: The GEF/UNDP/UNIDO Global Mercury Project (GMP), presentado en la conferencia de "Global Partnership for Mercury Management in Artisanal and Small-Scale Gold Mining", 15th June 2005, Washington, <http://www.casmsite.org/Documents/DC-Hg-04-Pablo.pdf>. Último acceso: 13 de agosto de 2006.
- [3] World Gold Council, Mine Production, http://www.gold.org/value/markets/supply_demand/mine_production.html. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [4] Ministerio de Energía y Minas-MEM, Anuario Minero 2004, Dirección General de Minería, 13-39, Perú, 2005, http://www.minem.gob.pe/archivos/dgm/publicaciones/pub_anuario2004/ANUARIO_2004.pdf. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [5] Piazza, M-C, IPEC/ILO, Children that Work in Gold Artisanal Mining Activities in Peru, Peru, 2001, <http://www.dol.gov/ilab/grants/sga0204/SouthAmericaSpanish.doc>. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [6] Valdivia, S., "Life Cycle Assessment of Gold", Revista Metalurgia, Materiales y Soldadura, Año II, No 4, Perú, editado por el Colegio Nacional de Ingenieros, 2005 <http://www.ciplima.org.pe/revistametalurgia-n%C2%B04.pdf>. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [7] ISO 14040:2006, Environmental Management - Life Cycle Assessment Principles and Framework.
- [8] ISO 14041:1998, Environmental Management - Life Cycle Assessment Goal and Scope Definition and Analysis of Life Cycle Inventory.
- [9] ISO 14042:2000, Environmental Management - Life Cycle Assessment Life Cycle Impact Assessment.
- [10] ISO 14043:2000, Environmental Management - Life Cycle Assessment Interpretation of Life Cycle.
- [11] Conservación Internacional Rapid Assessment Program. The Tambopata-Candamo Reserved Zone of Southeastern Peru: A Biological Assessment. 1994, p.15.
- [12] Young, K. R. y Valencia, N. Los bosques montanos en el Perú, pp. 5-10, 1992.
- [13] Ascorra, C.; Solari, S.; Vivar, E.; Tenicela, M. Y Arana-Cardó, R. "Patrones de diversidad y endemismo de los mamíferos peruanos". Vol. III. En: Halffter, G. (Eds.), Diversidad biológica en Iberoamérica. Programa CYTED. Instituto de Ecología. México.

- [14] Conservación Internacional Perú Sistemas de producción y manejo del café en el alto Tambopata. Serie técnica 4. CI-Perú ediciones. Lima, septiembre de 2001, p. 6.
- [15] EPA, 1994, Gold Placers, Extraction and beneficiation of ores and minerals, Volume 6, Technical Resource Document, Washington
- [16] United Nations Environment Programme, Industry and Environment, Life Cycle Assessment What is and How to Do it, <http://lcinitiative.unep.fr>. Último acceso: 31 de enero de 2006.
- [17] Ministerio de Energía y Minas-MEM, Resumen Ejecutivo de Estudios de Impacto Ambiental, http://www.minem.gob.pe/dgaam/inicio_resumem_eia.asp. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [18] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Estudio de Impacto Socio Ambiental del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú-Brasil Etapa I, http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/asuntos/proyectos/pvis-tramo_4.htm. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [19] Ministerio de Energía y Minas, Decreto Supremo N° 013-2002-EM, Reglamento de la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal, [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/Documentos/web/1D5AC5560739BD5605256F47005F6A4B/\\$FILE/DS_013-2002-EM.PDF](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/Documentos/web/1D5AC5560739BD5605256F47005F6A4B/$FILE/DS_013-2002-EM.PDF). Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [20] Ministerio de Energía y Minas, Guía para la Formulación de Declaración de Impacto Ambiental en las Actividades Desarrolladas por los Pequeños Productores Mineros y Mineros Artesanales, <http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/legislacion/guias/guiadia.pdf>. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [21] Propuesta del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAM) y de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de Norteamérica (USAID) sobre Zonificación Ecológica Económica de la región Madre de Dios, Lima, 2002, http://www.iiap.org.pe/publicaciones/literatura%20gris/ZEE_MadredeDios_Versi%F3ncorregida.pdf. Último acceso: 14 de agosto de 2006.
- [22] United Nations Environment Programme, Chemicals - Division of Technology, Industry, Economics, Chemicals Branch, Geneva, Mercury Programme, <http://www.chem.unep.ch/mercury/workplan-2005.htm>. Último acceso: 14 de agosto de 2006.