

QUÉ ES LA MINERÍA A CIELO ABIERTO

Definición y Caracterización de la Minería a Cielo Abierto y sus Impactos

En lo fundamental, el tipo de minería que se desarrollaría en las explotaciones de oro que se pretenden implementar en Costa Rica es el de "minería a cielo abierto por lixiviación con cianuro". Por las implicaciones que tiene este tipo de minería, se tratará de ser exhaustivo en su descripción.

La minería a cielo abierto es una actividad industrial de alto impacto ambiental, social y cultural. Es también una actividad industrial insostenible por definición, en la medida en que la explotación del recurso supone su agotamiento.

Las innovaciones técnicas que ha experimentado la minería a partir de la segunda mitad del presente siglo han modificado radicalmente la actividad, de modo que se ha pasado del aprovechamiento de vetas subterráneas de gran calidad a la explotación -- en minas a cielo abierto-- de minerales de menor calidad diseminados en grandes yacimientos.

La minería a cielo abierto remueve la capa superficial o sobrecarga de la tierra para hacer accesibles los extensos yacimientos de mineral de baja calidad. Los modernos equipos de excavación, las cintas transportadoras, la gran maquinaria, el uso de nuevos insumos y las tuberías de distribución permiten hoy remover montañas enteras en cuestión de horas, haciendo rentable la extracción de menos de un gramo de oro por tonelada de material removido.

Existe consenso en la literatura sobre el tema en el sentido de que ninguna actividad industrial es tan agresiva ambiental, social y culturalmente como la minería a cielo abierto (MCA).

La minería a cielo abierto utiliza, de manera intensiva, grandes cantidades de cianuro, una sustancia muy tóxica, que permite recuperar el oro del resto del material removido. Para desarrollar todo este proceso, se requiere que el yacimiento abarque grandes extensiones y que se encuentre cerca de la superficie. Como parte del proceso, se cavan cráteres gigantescos, que pueden llegar a tener más de 150 hectáreas de extensión y más de 500 metros de profundidad. Vaughan (1989) considera que "en términos ambientales y sociales, ninguna actividad industrial es más devastadora que la minería superficial" (a cielo abierto).

Según Kussmaul (1989), el impacto ambiental provocado por cualquier actividad minera está relacionado con cuatro factores principales:

1. Tamaño de la explotación, que se refiere al volumen de producción de la explotación, el cual tiene como consecuencia una determinada dimensión de actividades y producción de desechos y aguas residuales.
2. Localización, que se refiere al sitio en el que se lleva a cabo la explotación, las poblaciones que puedan alledañas y la naturaleza de la topografía local.
3. Métodos de explotación, que dependen del tipo de yacimientos a explotar y que están directamente relacionados con la naturaleza y extensión del impacto. Se utilizan tres métodos principales:
 - a. Minería a cielo abierto (o minería superficial),
 - b. Minería subterránea,
 - c. Minería por lavado y dragado.
4. Características de los minerales y de su beneficio, que se refiere al hecho de que la naturaleza del mineral determina el tratamiento a sufrir. Los minerales se pueden dividir en:

- a. Minerales no metálicos (como los materiales de construcción), que requieren poco tratamiento físico, como por ejemplo trituración y molienda, y que no requieren ningún tratamiento químico.
- b. Minerales metálicos, que requieren generalmente un alto nivel de procesamiento, así como el empleo de muchos reactivos químicos, y que generan grandes cantidades de desechos finos.

Impactos de la Minería

Las actividades mineras comprenden diversas etapas, cada una de las cuales conlleva impactos ambientales particulares. En un sentido amplio, estas etapas serían las siguientes:

- * prospección y exploración de yacimientos,
- * desarrollo y preparación de las minas,
- * explotación de las minas,
- * tratamiento de los minerales obtenidos en instalaciones respectivas con el objetivo de obtener productos comerciables.

Salinas (1993) cita las siguientes actividades individuales como posibles causas de impacto ambiental durante la fase de EXPLORACIÓN:

- * preparación de los caminos de acceso,
- * mapeos topográficos y geológicos,
- * montaje de campamentos e instalaciones auxiliares,
- * trabajos geofísicos,
- * investigaciones hidrogeológicas,
- * aperturas de zanjas y pozos de reconocimiento,
- * tomas de muestras.

Durante la fase de EXPLOTACIÓN, los impactos que se producen están en función del método utilizado. Según diversos autores (Vaughan (op. cit.), Salinas (op. cit.), Elizondo (1994)), los principales impactos ambientales causados por la minería a cielo abierto (MCA) en su fase de explotación son los siguientes:

- * **Afectación de la superficie:** la MCA devasta la superficie, modifica severamente la morfología del terreno, apila y deja al descubierto grandes cantidades de material estéril, produce la destrucción de áreas cultivadas y de otros patrimonios superficiales, puede alterar cursos de aguas y formar grandes lagunas para el material descartado.
- * **Afectación del entorno en general:** la MCA transforma radicalmente el entorno, pierde su posible atracción escénica y se ve afectado por el ruido producido en las distintas operaciones, como por ejemplo en la trituración y en la molienda, en la generación de energía, en el transporte y en la carga y descarga de minerales y de material estéril sobrante de la mina y del ingenio.
- * **Contaminación del aire:** el aire puede contaminarse con impurezas sólidas, por ejemplo polvo y combustibles tóxicos o inertes, capaces de penetrar hasta los pulmones, provenientes de diversas fases del proceso. También puede contaminarse el aire con vapores o gases de cianuros, mercurio, dióxido de azufre contenidos en gases residuales, procesos de combustión incompleta o emanaciones de charcos o lagunas de aguas no circulantes con materia orgánica en descomposición.
- * **Afectación de las aguas superficiales:** los residuos sólidos finos provenientes del área de explotación pueden dar lugar a una elevación de la capa de sedimentos en los ríos de la zona. Diques y lagunas de oxidación mal construidas o mal mantenidos, o inadecuado manejo, almacenamiento o transporte de insumos (como combustibles, lubricantes, reactivos químicos y residuos líquidos) pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales.
- * **Afectación de las aguas subterráneas o freáticas:** aguas contaminadas con aceite usado, con

reactivos, con sales minerales provenientes de las pilas o botaderos de productos sólidos residuales de los procesos de tratamiento, así como aguas de lluvia contaminadas con contenidos de dichos botaderos, o aguas provenientes de pilas o diques de colas, o aguas de proceso contaminadas, pueden llegar a las aguas subterráneas. Además, puede haber un descenso en los niveles de estas aguas subterráneas cuando son fuente de abastecimiento de agua fresca para operaciones de tratamiento de minerales.

* Afectación de los suelos: la MCA implica la eliminación del suelo en el área de explotación, y produce un resecamiento del suelo en la zona circundante, así como una disminución del rendimiento agrícola y agropecuario. También suele provocar hundimientos y la formación de pantanos en caso de que el nivel de las aguas subterráneas vuelva a subir. Además, provoca la inhabilitación de suelos por apilamiento de material sobrante.

* Impacto sobre la flora: la MCA implica la eliminación de la vegetación en el área de las operaciones mineras, así como una destrucción parcial o una modificación de la flora en el área circunvecina, debido a la alteración del nivel freático. También puede provocar una presión sobre los bosques existentes en el área, que pueden verse destruidos por el proceso de explotación o por la expectativa de que éste tenga lugar.

* Impacto sobre la fauna: la fauna se ve perturbada y/o ahuyentada por el ruido y la contaminación del aire y del agua, la elevación del nivel de sedimentos en los ríos. Además, la erosión de los amontonamientos de residuos estériles puede afectar particularmente la vida acuática. Puede darse también envenenamiento por reactivos residuales contenidos en aguas provenientes de la zona de explotación.

* Impacto sobre las poblaciones: la MCA puede provocar conflictos por derechos de utilización de la tierra, dar lugar al surgimiento descontrolado de asentamientos humanos ocasionando una problemática social y destruir áreas de potencial turístico. Puede provocar una disminución en el rendimiento de las labores de pescadores y agricultores debido a envenenamiento y cambios en el curso de los ríos debido a la elevación de nivel por sedimentación. Por otra parte, la MCA puede provocar un impacto económico negativo por el desplazamiento de otras actividades económicas locales actuales y /o futuras.

* Cambios en el microclima: la MCA puede causar cambios en el microclima y puede provocar una multiplicación de agentes patógenos en charcos y áreas cubiertas por aguas estancadas.

* Impacto escénico posterior a la explotación: la MCA deja profundos cráteres en el paisaje. Su eliminación puede conllevar costos tan elevados que puedan impedir la explotación misma.

MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO POR LIXIVIACIÓN CON CIANURO

El creciente interés por la explotación de oro de parte de muy diversas compañías mineras se origina tanto en los aumentos en los precios del oro (una onza se cotiza actualmente a un precio cercano a los 395 dólares), que brindan un alto margen de utilidad, como en la reciente creación de métodos rentables en función de los costos de producción, para la extracción de oro en yacimientos sumamente pobres, gracias a la tecnología de extracción de oro por lixiviación con cianuro.

Según la DuPont Corporation (citado por Alberswerth), es económicamente viable extraer minerales con solamente 0.01 onzas de oro por cada tonelada de mineral. Esta tecnología ha venido a substituir a la recuperación de oro por amalgamación con mercurio, proceso ineficiente en términos de recuperación, ya que permite solo un 60% de recuperación del mineral, en comparación con más de un 97% en caso de extracción con cianuro. (La amalgamación es el proceso mediante el cual el mineral se une con la sustancia utilizada, en este caso mercurio,

para efectos de separarlo del resto del material.)

Según el Instituto del Oro (Gold Institute, citado por Young, 1993), la producción de oro por el proceso de extracción por lixiviación con cianuro aumentó de 468,284 onzas en 1979 a 9,4 millones de onzas en 1991. Para alcanzar el nivel de producción de 1991, se trataron más de 683 millones de toneladas de mineral con cianuro.

La Tecnología de Extracción de Minerales por Lixiviación con Cianuro (Cyanide Heap Leach Mining)

Las operaciones mineras que utilizan la tecnología de extracción por lixiviación con cianuro (cyanide heap leach mining) en minas a cielo abierto se componen de seis elementos principales, que son:

- * la fuente del mineral (an ore source),
- * la plataforma (the pad) y el cúmulo (the heap),
- * la solución de cianuro,
- * un sistema de aplicación y recolección,
- * los embalses de almacenamiento de solución (solution storage ponds),
- * una planta para la recuperación de metales.

La mayoría de las operaciones que utilizan la extracción por lixiviación con cianuro usan la minería a cielo abierto para conseguir el mineral. La minería a cielo abierto trastorna grandes extensiones de tierra. Sin embargo, varias operaciones también usan material de desecho previamente extraído. Se trituran las menas (rocas que contienen el mineral) y se les amontona en un cúmulo que se coloca sobre una plataforma de lixiviación (leach pad).

Los cúmulos de material triturado varían en su tamaño. Un cúmulo pequeño puede estar constituido por 6 mil toneladas de mineral, mientras que un cúmulo grande puede tener hasta 600 mil toneladas, llegando a medir cientos de pies de alto y cientos de yardas de ancho. Las plataformas de lixiviación pueden variar en tamaño. Pueden tener aproximadamente entre uno y 50 acres (1 hectárea equivale a 2.471 acres). El tamaño de la plataforma depende de la magnitud de la operación y la técnica de lixiviación. Generalmente, las plataformas de lixiviación tienen un forro (liner) de materiales sintéticos y/o naturales que se usan para "tratar" de evitar filtraciones. A veces, las operaciones utilizan forros dobles o triples. El uso de varios forros efectivos es económicamente viable y ventajoso para el ambiente, dado que una plataforma con filtraciones pueden contaminar los recursos hídricos con cianuro.

Una vez que el mineral triturado es apilado en la plataforma de lixiviación, se le rocía uniformemente con una solución de cianuro. Un sistema de regaderas dispersa la solución de cianuro a 0.005 galones por minuto por pie cuadrado (típicamente). Para un cúmulo pequeño (de 200 por 200 pies), esta velocidad equivale a 200 galones por minuto. La solución de cianuro contiene entre 0.3 y 5.0 libras de cianuro por tonelada de agua (entre 0.14 y 2.35 kg de cianuro por tonelada de agua), y tiene una concentración promedio de 0,05 por ciento (alrededor de 250 miligramos por litro de cianuro libre). La solución de cianuro lixivia (lava y amalgama) las partículas microscópicas de oro del mineral mientras se filtra por el cúmulo. Los ciclos de lixiviación duran desde unos cuantos días hasta unos cuantos meses, dependiendo del tamaño del cúmulo y de la calidad del mineral. La solución de cianuro que contiene el oro --llamada la solución "encinta"-- fluye por gravedad a un embalse de almacenamiento. Desde el embalse de almacenamiento se usan bombas o zanjas con forros para llevar la solución hacia la planta de recuperación de metales.

Los métodos más usados para la recuperación del oro contenido en la solución "encinta" de cianuro son la precipitación con zinc (método Merrill - Crowe) y la absorción con carbón. En el proceso de precipitación con zinc, se agrega zinc en polvo y sales de plomo a la solución

"encinta". El oro se precipita (se separa) de la solución mientras el zinc en polvo se combina con el cianuro. Luego se funde el precipitado para recuperar el oro. Los productos finales de este proceso son el oro en barras (gold ore bullion) y una solución de cianuro "estéril" (sin oro) (barren solution), la cual se transfiere con bombas a un embalse de almacenamiento. También se origina material de desecho (slag material) que consiste en impurezas, incluyendo metales pesados. Normalmente se descargan estas escorias en un cúmulo de material de desecho.

La alternativa preferida por la mayoría de las operaciones es la absorción con carbón, sobre todo en las operaciones más pequeñas y en aquellas en las que las cantidades de plata que viene asociada con el oro en la solución "encinta" son menores. En este proceso, la solución encinta es impulsada por bombas a través de columnas de carbón activado. El oro y la plata de la solución se adhieren al carbón, y la solución "estéril", que todavía contiene cianuro, se lleva a un embalse de almacenamiento. El oro y la plata son separados del carbón por un tratamiento con soda cáustica caliente. Después, la solución pasa por una célula que contiene un ánodo de acero inoxidable y un cátodo para chapar el metal. El carbón gastado se reactiva en un horno para poder reutilizarlo.

En las operaciones de extracción por lixiviación se utilizan los embalses de almacenamiento para almacenar la solución de cianuro que luego se rocía sobre el cúmulo, sobre la solución "encinta" lixiviada del cúmulo y sobre la solución "estéril" que resultan del procesamiento del oro. Por razones ambientales y económicas, todos los embalses de almacenamiento tienen forros para evitar escapes de la solución de cianuro.

Las operaciones de extracción por lixiviación con cianuro pueden usar un sistema "cerrado" o "abierto" para el manejo de la solución de cianuro. En un sistema "abierto", se trata o se diluye la solución "estéril" que queda después de recuperar el oro, para cumplir con las normas aplicables de calidad de agua para concentraciones de cianuro y luego se descarga al ambiente. En un sistema "cerrado" se reutiliza o se recicla la solución de "estéril" para minimizar la necesidad de más cianuro, y para cumplir con las normas ambientales que pueden ser aplicables en el sitio minero. Varias operaciones grandes en tierras federales (de Estados Unidos) están valiéndose del sistema "cerrado".

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA EXTRACCIÓN DE ORO POR LIXIVIACIÓN CON CIANURO

Las operaciones mineras que utilizan la tecnología de extracción con cianuro llevan implícitos altos impactos ambientales, que en muchos casos pueden ser catalogados de desastre ambiental.

Acerca de la documentación relativa al tema

El considerable y muchas veces hasta dramático impacto ambiental y social de este tipo de minería está ampliamente documentado. Entre otros, se recomienda consultar a los siguientes autores: Alberswerth et al (op.cit.); AMIGRANSA (op.cit.); Bliss & Olson (op.cit.); Bravo (1994); Danuron Dickson (op.cit.); Emberson-Bain (op.cit.); Hartley (1995); Hocker (1989); Knudson (1990); Mineral Policy Center (1988); Mineral Policy Institute (op.cit.); Moody (op.cit.); Panos Institute (1996), Reece (1995); Sartorio de Ponte (op.cit.); U.S. Department of Labor (1981,), Young (1993).

Para el caso de Costa Rica, la única mina que ha operado con técnicas de cielo abierto ha sido la mina Macacona, por lo cual representa el único caso del que se pueden documentar impactos ambientales y sociales. Sobre este caso, se recomienda consultar los siguientes documentos: ICEA (1989) y Umaña (1990).

Sobre el uso de cianuro en la minería que utiliza la extracción por lixiviación

Dada la alta toxicidad y reactividad natural del cianuro, la contención de esta sustancia es una de las preocupaciones primordiales de las minas en las que se utiliza la extracción por lixiviación. Se han documentado los efectos perjudiciales del cianuro en los peces, la vida

silvestre y los humanos.

a. Toxicidad del cianuro

Para las plantas y los animales, el cianuro es extremadamente tóxico. Derrames de cianuro pueden matar la vegetación e impactar la fotosíntesis y las capacidades reproductivas de las plantas. En cuanto a los animales, el cianuro puede ser absorbido a través de la piel, ingerido o aspirado. Concentraciones en el aire de 200 partes por millón (ppm) de cianuro de hidrógeno son letales para los animales, mientras que concentraciones tan bajas como 0.1 miligramos por litro (mg/l) son letales para especies acuáticas sensibles. Concentraciones subletales también afectan los sistemas reproductivos, tanto de los animales como de las plantas.

Las dosis letales para humanos son, en caso de que sean ingeridas, de 1 a 3 mg/kg del peso corporal, en caso de ser asimilados, de 100-300 mg/kg, y de 100-300 ppm si son aspirados. Esto significa que una porción de cianuro más pequeña que un grano de arroz sería suficiente para matar a un adulto. La exposición a largo plazo a una dosis subletal podría ocasionar dolores de cabeza, pérdida del apetito, debilidad, náuseas, vértigo e irritación de los ojos y del sistema respiratorio. Hay que tener mucho cuidado al manejar el cianuro, para efectos de prevenir el contacto dañino de parte de los trabajadores. Sin embargo, según la industria, no hay ningún caso de fatalidades humanas en las minas que usan las técnicas de lixiviación con cianuro.

Ante este hecho, utilizado frecuentemente como un argumento por las compañías mineras, Philip Hocker (op.cit.) señala: "limitar nuestra preocupación por el cianuro al hecho de que no hayan sido reportadas muertes humanas es caer en lo que los bioquímicos llaman en la teoría de toxicología "los muertos en las calles": la actitud según la cual, si no se ven cadáveres, todo está en orden. A pesar de la ausencia de cadáveres humanos, hay evidencia de que no todo está en orden".

Los trabajadores mineros suelen tener contacto con el cianuro, sobre todo durante la preparación de la solución de cianuro y la recuperación del oro de la solución. Para los trabajadores mineros, los riesgos son el polvo de cianuro, los vapores de cianuro (HCN) en el aire provenientes de la solución de cianuro y el contacto de la solución de cianuro con la piel.

Acerca del impacto sobre la vida silvestre y las aguas

Aunque son rentables para las compañías mineras, las minas que utilizan la extracción por lixiviación con cianuro son bombas de tiempo para el medio ambiente, tal y como lo indica el amplio estudio de la National Wildlife Federation de los Estados Unidos (Alberswerth et al, 1992), del cual citamos a continuación las principales preocupaciones:

* A la vez que se extraen millones de toneladas de mineral de minas a cielo abierto y se les trata con millones de galones de solución de cianuro, las operaciones que utilizan la extracción por lixiviación con cianuro trastornan los hábitats de la vida silvestre y las cuencas hidrográficas, y pueden redundar en una multitud de riesgos para la salud y el ambiente. Estos impactos pueden manifestarse durante varias fases de la operación.

* Los estanques de cianuro seducen a la vida silvestre. Ha sido registrada frecuentemente la muerte de animales silvestres, en especial aves, atraídos por el señuelo de los espejos de

agua de esos estanques. La extensión generalizada de la mortalidad de animales silvestres en las instalaciones que utilizan dicho proceso ha provocado la preocupación del Servicio de Vida Silvestre y Pesquerías de los Estados Unidos, a pesar de que existen técnicas para evitar la muerte de animales silvestres, por ejemplo cercas y redes que cubren las plataformas de lixiviación y los embalses de almacenamiento, para impedir que las aves y los mamíferos entren en contacto con la solución venenosa.

* Después de la lixiviación, el cúmulo de mineral ya procesado contiene todavía

vestigios de la altamente tóxica solución de cianuro, así como de metales pesados concentrados que han sido precipitados del mineral. Muchas operaciones optan por tratar los desechos contaminados con cianuro enjuagando con agua fresca el cúmulo hasta que la concentración de cianuro baje a un nivel inferior al máximo permitido (este nivel varía entre los estados y países). Una vez que la concentración de cianuro baja al nivel permitido, normalmente se deja en el lugar el material ya procesado, se compacta y puede que se haga o no se haga el esfuerzo de reconstruir ecológicamente el sitio.

Otros autores llaman la atención sobre lo siguiente:

* Las soluciones de cianuro utilizadas en la minería pueden filtrarse a las aguas subterráneas (freáticas) (Engelhardt, 1989, citado por Hocker, 1989; Hilliard, 1994).

* Los problemas a largo plazo derivados de la lixiviación de metales pesados de los cúmulos de desechos de las operaciones que utilizan la extracción por lixiviación con cianuro probablemente exceden el impacto directo del cianuro en sí (Hocker, 1989).

Aún en los Estados Unidos, las actuales regulaciones federales y estatales no abordan de manera adecuada los impactos de la minería que utiliza la extracción por lixiviación con cianuro. A pesar del gran aumento en el número de actividades mineras de extracción de oro y de los impactos conocidos de estas actividades, los organismos reguladores a nivel federal y estatal no se han apresurado a abordar estos problemas.

Acerca de los accidentes propios de la minería de oro a cielo abierto por lixiviación con cianuro

Sobre los escapes de cianuro al medio ambiente

El cianuro utilizado en el proceso de extracción por lixiviación puede ocasionar -- y ocasiona-- daños ambientales. Las dos clases más comunes de escapes de cianuro al medio ambiente en operaciones de extracción por lixiviación resultan de:

a. Forros (geomembranas colocados debajo de los cúmulos y los estanques) que permiten filtraciones debido a un diseño inadecuado, a defectos de manufactura, a inadecuada instalación y/o a daños (agujeros) producidos durante el proceso de operación.

En su excelente reseña sobre los forros (geomembranas) utilizadas por la minería de oro, Reece (op.cit.) afirma: "Todos los forros tienen escapes. Esa es la cosa más importante a comprender acerca de las geomembranas usadas en la minería que utiliza la extracción por lixiviación con cianuro. La única diferencia entre ellas es que algunas han tenido filtraciones y otras las tendrán".

b. Soluciones que se desbordan de los embalses de almacenamiento. Estos escapes causan daños a las plantas y a los animales que tienen contacto con concentraciones letales de la solución de

* Si no se enjuaga totalmente el mineral usado y la roca de desecho, o si se le deja sin tratar, el cianuro puede seguir filtrándose al medio ambiente. Tanto el cianuro como los metales pesados liberados por él (entre ellos se encuentran arsénico, antimonio, cadmio, cromo, plomo, níquel, selenio, talio) y otras sustancias tóxicas que se encuentran en el cúmulo y los lixiviados (por ejemplo sulfuros), son una amenaza para las quebradas, ríos o lagos, para las fuentes subterráneas de agua y para los peces, la vida silvestre y a las plantas (citado también por Hartley, 1995).

cianuro, y representan una amenaza a largo plazo para las aguas subterráneas (freáticas).

Generalmente, los embalses de almacenamiento son diseñados para resistir grandes tormentas y crecidas. Sin embargo, no siempre impiden los desbordamientos. Los metales pesados y el agua contaminada con cianuro que escapan de un embalse de almacenamiento ocasionan mayores daños cuando fluyen directamente a cursos naturales de agua. La solución que escapa puede ser suficiente para matar peces y otras formas de vida acuática, o para contaminar recursos de agua potable.