

ASPECTOS AMBIENTALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MINERÍA DE ORO, DESARROLLADOS EN LA RESERVA FORESTAL IMATACA.

Lozada, J.; Arends, E..¹

RESUMEN.

Este trabajo tiene por objeto evaluar los diferentes tipos de minería de oro y sus efectos ambientales más importantes. Se considera que la Explotación Manual, Galerías Pequeñas (1 m de diámetro y 100 m de profundidad) y Galerías Industriales (5 m de diámetro y hasta 500 m de profundidad) no generan impactos relevantes por las reducidas superficies afectadas. Las Balsas utilizan grandes motobombas para succionar material subacuático. Esto produce sedimentos y altera la topografía del cauce. Los Monitores Hidráulicos utilizan agua a presión para remover sedimentos superficiales, destruyen la vegetación y el suelo, alteran el curso de los cauces y aportan sedimentos a los mismos. La Excavación Superficial Industrial utiliza maquinaria pesada para remover sedimentos en grandes superficies, destruyendo la vegetación y el suelo. El procesamiento para obtener oro puro, utiliza Amalgama con Mercurio (genera contaminación en el agua, suelo, peces y enfermedades en los seres humanos) o Plantas de Cianuro (si fallan las lagunas de colas, genera envenenamiento en los cauces cercanos). Se concluye que, para el ordenamiento de la Reserva Forestal Imataca, no es adecuada una homogeneización de la minería. Algunas modalidades no generan altos impactos al ecosistema y deberían ser permitidas. Debe tomarse en cuenta que, en todo caso, estos bosques estarán afectados por la explotación maderera.

Palabras clave: Impacto ambiental, minería, oro, bosque tropical, Imataca.

¹ Grupo de Investigación Manejo Múltiple de Ecosistemas Forestales, Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (INDEFOR), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, ULA. Mérida, Venezuela. E-mail: jolozada@forest.ula.ve.

REVISTA FORESTAL LATINOAMERICANA N° 27/2.000

ASPECTOS AMBIENTALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MINERÍA DE ORO, DESARROLLADOS EN LA RESERVA FORESTAL IMATACA.

Lozada, J. y Arends, E..

SUMMARY.

This work has for object to evaluate the different types of mining of gold and its more important environmental effects. It is considered that the Manual Exploitation, Small Galleries (1 m of diameter and 100 m of depth) and Industrial Galleries (5 m of diameter and until 500 m of depth) they don't generate great impacts because of the reduced affected surfaces. The Rafts use big motor-pumps in order to do a suction of under water material. This produces silts and alters the topography of the river. The Hydraulic Monitors use high pressure water to remove superficial silts, they destroy the vegetation and the soil, alter the course of the rivers and add silts to the same ones. The Industrial Superficial Excavation uses heavy machinery to remove silts in big surfaces, destroying the vegetation and the soil. The process to obtain pure gold, uses Amalgam with Mercury (it generates contamination in the water, soil, fish and illnesses in the human) or Cyanide Factories (if the tailing pond fail, it generates poisoning in the near rivers). We conclude that, for the land use arrangement of Imataca Forest Reserve, homogenize of mining is not appropriate. Some forms don't generate high impacts to the ecosystem and they should be allowed. It should take into account that, in any event, these forests will be affected by logging.

Key word: Environmental impact, mining, gold, tropical forest, Imataca.

REVISTA FORESTAL LATINOAMERICANA N° 27/2.000

ASPECTOS AMBIENTALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MINERÍA DE ORO, DESARROLLADOS EN LA RESERVA FORESTAL IMATAKA.

Lozada, J. y Arends, E.

INTRODUCCIÓN.

La explotación de oro en la Guayana Venezolana es una actividad que se realiza desde épocas precolombinas y dio origen a la leyenda de El Dorado. En el distrito de El Callao se reportó una producción de 8,2 ton de oro en 1885, muy cercano a las 12 ton reportadas en 1995.

La Reserva Forestal Imataka posee 3.200.000 ha y fue decretada en 1961, como un área destinada a la producción permanente de maderas. En 1997, el Ministerio del Ambiente emitió el Decreto 1850 para determinar el ordenamiento territorial de esta Reserva, permitiendo la minería en algunos sectores. Con ello se intentaba resolver una difícil situación con miles de mineros ilegales y con empresas privadas que el Estado (Ministerio de Energía y Minas y Corporación Venezolana de Guayana) había invitado para la realización de las labores iniciales de prospección y exploración.

Directa e indirectamente, la minería mantiene más del 80% de la economía de esta región. Por lo tanto, el control de esta actividad tiene enormes repercusiones sociales y políticas, debe notarse, además, que algunos grupos indígenas la practican. No afecta sólo a 30.000 - 60.000 mineros sino a unas 500.000 personas distribuidas en una geografía superior a los 10.000.000 ha.

Algunos grupos con posiciones ambientalistas extremas han rechazado totalmente el proyecto de ordenamiento y la legalización de la minería en la Reserva Forestal Imataka. En consecuencia, solicitaron la nulidad del Decreto 1850, lo cual todavía está pendiente por una decisión en el Tribunal Supremo de Justicia. Sin embargo, la prohibición de la minería en Imataka no se considera muy realista, ya que la actividad se ha desarrollado por más de 100 años, está dispersa en más de 3.200.000 ha de selva alta y densa, y operativamente es casi imposible su protección estricta por parte de las Fuerzas Armadas. Por su parte, al ver la posibilidad de perder sus inversiones, los empresarios mineros han amenazado con demandar a Venezuela, en cortes internacionales, por oferta engañosa.

Recientemente, algunas autoridades gubernamentales han indicado que están en un proceso de revisión jurídica y ambiental de las concesiones mineras otorgadas. Para decepción de los ambientalistas extremos, el gobierno aparentemente no prohibirá la minería en Imataca.

Por lo antes expuesto, este trabajo tiene el objetivo principal de establecer una clasificación de los diferentes tipos de minería de oro, con el fin de analizar sus efectos ambientales, identificar las modalidades menos impactantes y orientar las medidas de control a tomar. Se hace un análisis cualitativo a nivel de perfil y aunque no se aportan datos cuantitativos propios se pretende contribuir con el proceso de ordenamiento de esta reserva forestal.

ANTECEDENTES.

Los efectos de la minería de oro se extienden a una gran cantidad de variables del ecosistema. Young (1993) señala que los enormes costos ambientales de esta actividad, no están reflejados en los balances económicos de las empresas. Para un estudio realizado en Brasil, Brazaitis et al (1996) encontraron contaminación de animales y su hábitat, deforestación, incremento del uso agropecuario de la tierra, aprovechamiento destructivo de maderas, incremento de la penetración humana y cacería comercial y de subsistencia para obtener carne y pieles (en muchos casos contaminadas).

El principal impacto es la contaminación por mercurio, el cual es utilizado por mineros pequeños y medianos para separar el oro de la arena (suelo o piedra molida) y, en el proceso, una parte de ese metal se evapora o va al agua y el suelo. Estudios desarrollados en Brasil por Malm et al (1990), Pfeiffer et al (1991), Hylander et al (1994) y Von Tumpling et al (1995), encontraron concentraciones peligrosas de este metal en el agua (160 ng/l), sedimentos fluviales (157 ppm) y terrestres, aire (3.2 mg/m³), peces (2.7 ppm), plumas de pájaros y cabello humano (26.7 ppm). Algunos de estos hallazgos demuestran que este elemento sufre de magnificación en el ecosistema.

El sistema más extendido en la industria para obtener oro puro, utiliza cianuro para separar ese metal de la arena que lo contiene. Al final del proceso se generan grandes cantidades de agua, con altos contenidos de cianuro, que se dirigen a las "lagunas de colas" para acelerar la descomposición de esa substancia. Sin embargo, las lagunas de colas pueden fallar y el agua contaminada se dirige a los ríos cercanos. Un impacto de esta naturaleza ocurrió

en Omai (Guyana) y, aunque no hubo pérdida de vidas humanas, se generó una alta mortandad de peces y consecuencias económicas por la disminución de las ventas de pescado (Miranda et al, 1998).

Aún cuando ha existido cierta anarquía en la actividad minera, la misma sólo afecta directamente menos del 1% de la Reserva Forestal Imataca (Franco et al, 1997). Miranda et al (1998) no recomiendan prohibir esta actividad, sino detenerla hasta que exista una política para desarrollarla de una manera "ambientalmente responsable" y que se hayan establecido estándares de restauración. Así mismo, estos autores sugieren establecer fianzas de fiel cumplimiento hasta un 10% de las inversiones, como mecanismo de protección contra impactos ambientales potenciales.

Por otra parte, es conveniente destacar que una reserva forestal no es un área prístina como pretenden los ambientalistas. El aprovechamiento forestal mantiene un ecosistema boscoso, pero con una gran cantidad de impactos ambientales que están ocurriendo extensivamente y que no están siendo controlados ya que, según el Ministerio del Ambiente, el Plan de Manejo Forestal "ya incluye la variable ambiental" (Lozada y Arends, 1998). Hernández et al (1994) señalan que, en la Guayana Venezolana, el aprovechamiento de los bosques se hace con un carácter de minería y bajo una etiqueta de rendimiento sostenido. Johnson y Cabarle (1995) destacan que, la producción sostenida de madera, no se ha podido demostrar en ningún bosque tropical. En Imataca operan 11 empresas madereras con un área de concesión total de 1.500.000 ha (MARNR, 1997) y en un futuro próximo esta superficie aumentará considerablemente. Por lo antes expuesto, en esta reserva forestal, la línea base de la actividad minera es un ecosistema afectado en el presente o en un futuro muy cercano, y con una densa red vial.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Descripción del área de estudio.

La Reserva Forestal Imataca posee 3.203.250 ha y se encuentra en el este de Venezuela, entre las coordenadas 6° y 8°30' de latitud norte y 59°50' y 62°10' de longitud oeste. Por su extensión, este territorio presenta una gran variabilidad climática, pero pudiera considerarse representativa una precipitación media anual de 1400 mm, una temperatura media anual de 25°C y una humedad relativa de 80%. En general se presentan suelos fuertemente alterados, superficiales o con moderada profundidad (50 - 150 cm), texturas finas a medias, drenaje bueno a

excesivo, pH fuerte a extremadamente ácido y fertilidad de moderada a muy baja, debido al intenso lavado. El potencial agrológico es de las clases V, VI y VII. Más del 97% de la reserva está cubierta de bosques ombrófilos y tropófilos, macrotérmicos y mesotérmicos, siempreverdes, de porte mediano (15 – 25 m de altura) y cobertura mayor al 75% (Franco et al, 1997).

Hernández et al (1994) han resaltado la gran fragilidad en estos ecosistemas, debido a que se presenta un patrón de enraizamiento muy superficial por un "stress" químico, generado por suelos ácidos, muy pobres en nutrientes y con elevadas concentraciones de aluminio. La escasa profundidad de las raíces y su alta densidad en el suelo hacen a la vegetación muy sensible ante períodos de sequía excepcionales y cualquier otra perturbación.

Identificación de Impactos Ambientales.

Se realizó un análisis de toda las operaciones mineras para separar y describir las fases y actividades involucradas. Mediante el método de la Matriz de Leopold (Leopold, 1971, citado por Canter, 1998) se identificaron las variables físico - naturales afectadas y se evaluaron dichos impactos. En cada casilla de la matriz (donde se identifica un impacto) se coloca una fracción. El numerador corresponde a la magnitud del impacto y el denominador a la importancia. Para apreciar la magnitud e importancia se utilizó una escala del 1 al 10. Los impactos negativos aparecen entre paréntesis. Esta metodología ha tenido ciertas críticas por la tendencia a la subjetividad en la evaluación, pero sigue siendo una de las más utilizadas en identificación y valoración de impactos ambientales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El análisis de las operaciones mineras en la Reserva Forestal Imataca permitió identificar y separar las diferentes fases y modalidades que se desarrollan en esta actividad. En la Tabla 1 se presenta el resultado de la evaluación ambiental correspondiente, la cual es descrita a continuación.

FASE DE PROSPECCIÓN

Tiene por objeto determinar la presencia de material aurífero y delinear las áreas de mayor potencial. Se utilizan métodos de sensibilidad magnética donde se generan mapas de contraste que señalan las áreas interesantes. Esta fase es desarrollada sólo por empresas medianas y grandes y no genera impactos ambientales relevantes.

FASE DE EXPLORACIÓN

Tiene por objeto cuantificar el volumen de los yacimientos auríferos y su tenor (gramos de oro por tonelada de material contenido). La exploración es realizada, por las grandes empresas, de acuerdo a un patrón de muestreo y es imprescindible para determinar el diseño de la mina y su factibilidad comercial. Se utilizan las siguientes modalidades.

Calicatas

Son hoyos de 2 m² y hasta 3 m de profundidad. Los hoyos se pueden llenar fácilmente al finalizar el trabajo. Se considera que esta técnica no genera impactos ambientales relevantes.

Perforaciones

Son hoyos, realizados con máquinas, de unos 30 cm de diámetro y hasta 100 m de profundidad. Esta operación requiere la apertura de vialidad, para la circulación de las máquinas perforadoras. Por lo tanto, estos equipos generan ciertos impactos de baja magnitud por el uso de combustibles, lubricantes y afectación de la vegetación.

Aspectos Ambientales de los Diferentes Tipos de Minería de Oro, Desarrollados en la Reserva

Forestal Imataca. Rev. For. Latin. 27/2.000

Tabla 1. Matriz de Leopold Para la Minería en la Reserva Forestal Imataca.

FASES → Modalidades		PROSPECCIÓN	EXPLORACION				EXPLOTACION					PROCESAMIENTO	
		Magnetismo	Calicata	Perforación	Trinchera	Explot. Manual	Balsa	Monitor Hidráulico	Galería Pequeña	Galería Industrial	Excavación Superficial Industrial	Amalgama Con Mercurio	Cianuro
Aire	Substancias Contaminantes											(10/10)	
Agua	Topografía de Cauces						(10/6)	(10/10)			(5/10)		
	Sedimentos			(1/10)	(5/10)	(1/10)	(10/10)	(10/10)	(2/10)	(2/10)	(8/10)		
	Substancias Contaminantes			(1/10)	(1/10)		(2/10)	(2/10)		(3/10)	(2/10)	(10/10)	(3/10)
Suelo	Estructura				(7/10)	(1/10)		(8/10)	(3/10)	(2/10)	(10/10)		
	Substancias Contaminantes							(1/7)		(1/7)	(1/7)	(10/7)	(1/7)
Vegetación	Cobertura			(4/7)	(6/7)			(8/7)	(1/7)	(2/7)	(10/7)		
Fauna	Hábitat			(2/6)	(6/6)	(1/6)	(4/6)	(8/6)	(3/6)	(2/6)	(10/6)		
	Sanidad											(10/10)	(2/10)
Cantidad de Efectos		0	0	4	5	3	4	7	4	6	7	4	3
Promedio		-	-	(2/8)	(5/9)	(1/9)	(7/8)	(7/9)	(2/8)	(2/8)	(7/9)	(10/9)	(2/9)

Si no hay número, en esa casilla no hay efecto ambiental. Los números entre paréntesis indican impactos negativos. Se utilizó una escala del 1 al 10.

El numerador es la magnitud y el denominador es la importancia.

Trincheras

Son zanjas de 1 – 3 m de ancho, 2 – 3 m de profundidad y hasta 100 m de largo, construidas por maquinaria pesada que requiere vialidad. En muchos casos quedan abandonadas sin rellenar. Producen sedimentos y contaminantes a los cauces (derrames de combustibles), destruyen el suelo y la vegetación en áreas localizadas, así como también generan fragmentación de hábitats a la fauna.

FASE DE EXPLOTACION

Consiste en la extracción de material aurífero (arena o roca) y su transporte. Se estima que, en las grandes empresas, sólo 1 de cada 100 lugares explorados pasa a una fase de explotación. Las modalidades de explotación dependen de la forma como el oro se encuentra en el yacimiento (Figura 1). Si el oro está contenido en rocas no meteorizadas, se denomina veta y generalmente se encuentra a grandes profundidades (más de 100 m). Las rocas con cierta meteorización, pero sin transporte, se denominan saprolita. El material producto de la meteorización y transporte se denomina aluvión. Este último está íntimamente relacionado a cursos de agua actuales o pasados, por lo tanto en el presente se puede encontrar en ambientes terrestres o en el fondo de los ríos. Por otra parte, se ha considerado conveniente hacer una clasificación preliminar del nivel de producción de oro en las categorías artesanal (< 5 kg/año), pequeña (5 a 50 kg/año), mediana (50 a 1000 kg/año), grande (1 a 10 ton/año) y junior (10 a 50 ton/año). Tomando en cuenta lo antes expuesto, en esta Fase se han identificado las siguientes modalidades.

Explotación manual.

Utiliza la fuerza humana para desprender el material aurífero, con la ayuda de herramientas sencillas (palas y picos). La producción de oro es generalmente inferior a 5 kg/año pero, a los efectos del presente estudio, se considera artesanal si no utiliza motores en el proceso de extracción. Genera impactos de muy baja magnitud consistentes en producción de sedimentos al agua, destrucción muy localizada de suelos y de vegetación. Su ejecución podría ser regulada para intentar controlar los impactos descritos.

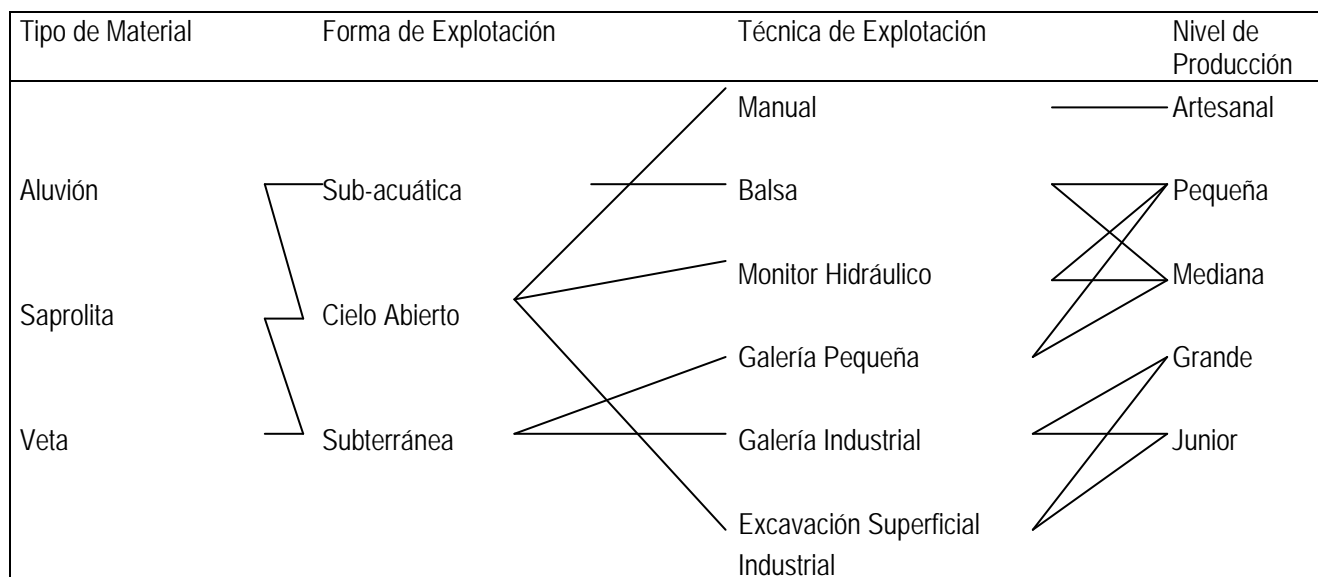


Figura 1. Tipos de minería desarrollados en Imataca.

Balsas.

estructuras flotantes con las cuales se extraen sedimentos auríferos del fondo de los ríos. Su producción es pequeña a mediana, dependiendo del nivel de organización y cantidad de balsas que opera cada propietario. Esta modalidad altera la topografía interna del río, remueve toneladas de sedimentos que en algunos casos se mantienen en suspensión por varios kilómetros aguas abajo, contamina el río con lubricantes y combustibles y afecta la biota acuática. Esta actividad está íntimamente relacionada con el procesamiento mediante mercurio y sus impactos, analizados más adelante, le deben ser adicionados. Se considera que esta actividad debe ser totalmente prohibida en la Reserva Forestal Imataca.

Monitores hidráulicos.

Utilizan agua a presión para romper el suelo y extraer los aluviones auríferos, por ello su operación depende de la existencia de cauces. Cada equipo consta de una motobomba que inyecta el agua y otra que succiona el material desprendido y lo transporta al sitio de procesamiento. Al igual que las balsas, su producción es pequeña a mediana. Esta es la modalidad que caracteriza a los "garimpeiros" y produce graves alteraciones de la topografía y sólidos en suspensión en los ríos, destrucción de suelos, de vegetación y con ello del hábitat para la fauna y contaminación por hidrocarburos. En algunos lugares, abandonados hace unos 10 años, se ha observado una aceptable recuperación natural de cobertura vegetal con especies pioneras arbustivas. Esto debe orientar las labores de restauración en dichas zonas. Sin embargo, debido a su fragilidad, es poco probable la recuperación del ecosistema original en lapsos similares a los de otros bosques tropicales (100 a 200 años). Al adicionar los impactos del procesamiento con mercurio, esta es la modalidad más destructiva del ambiente y debe ser prohibida.

Galerías pequeñas.

Consisten de túneles de 1 m de diámetro y hasta 100 m de profundidad construidos con máquinas manuales. Se utiliza un pequeño martillo hidráulico ("ploga") para romper la roca y también se hacen perforaciones con taladros para ejecutar pequeñas voladuras. La producción es pequeña a mediana. Genera cierta cantidad de sedimentos que pueden ir al agua, destruye pequeñas porciones de suelo y de vegetación. En la actualidad están relacionadas con el procesamiento por mercurio, pero potencialmente podrían trabajar con plantas de

cianuro. Esta modalidad no genera efectos muy nocivos y debería orientarse su desarrollo mediante cooperativas que respondan por los impactos ambientales y las medidas de control correspondientes.

Galerías industriales.

Son túneles de 5 m de diámetro y hasta 500 m de profundidad, abiertos mediante explosiones muy controladas. Utiliza maquinaria pesada y tecnología que requiere altas inversiones. La producción es grande y junior. Muy pocos sitios poseen yacimientos que ameriten este tipo de minería y en cada lugar se afectan unas 50 ha, por ello se considera que los impactos ambientales son de baja magnitud y están relacionados con el aporte de sedimentos, destrucción de suelos y vegetación, en áreas muy localizadas, y contaminación por hidrocarburos. La obtención de oro puro se hace con el uso de cianuro, pero al ser desarrollada por grandes empresas, esta minería es fácil de controlar mediante estudios de impacto ambiental y fianzas de fiel cumplimiento.

Excavación superficial industrial.

Utiliza maquinaria pesada (tractores de oruga y "payloaders") y explosivos para desprender aluviones y saprolitas a cielo abierto. El material es transportado a una planta de procesamiento mediante camiones de alta capacidad. La producción es mediana, grande o junior. Esta modalidad implica la deforestación en grandes superficies, destrucción del suelo, aporte de sedimentos, alteración de cauces, contaminación por hidrocarburos y afectación de la fauna. Este tipo de minería utiliza cianuro para obtener el oro puro y sus impactos le deben ser adicionados. Por otra parte, se ha observado que algunas empresas han desarrollado plantaciones con *Eucalyptus sp.* o restauración de drenajes, para acelerar la sucesión vegetal, con el objeto de favorecer la recuperación de estos sitios. Aunque algunas de estas experiencias aportan resultados prometedores, la fragilidad de estos ecosistemas y las grandes superficies afectadas, ameritan que esta modalidad se desarrolle con estrictas medidas administrativas y técnicas para controlar los impactos generados.

PROCESAMIENTO

Tiene como finalidad separar el oro del material estéril. Si el oro está contenido en roca, ésta debe ser molida hasta alcanzar el tamaño de arena fina o limo. Para separar el oro se utilizan las siguientes modalidades.

Amalgama con mercurio.

La amalgamación está relacionada con la baja tensión superficial entre el oro nativo y el mercurio, lo que causa que la superficie del oro sea mojada y absorbida por el mercurio. Es un proceso de mojado y no de disolución. Uno de los métodos más usados, amalgamación en placa, consiste en hacer pasar la pasta del mineral hacia abajo sobre una placa de cobre recubierta de mercurio, donde el oro es retenido. La amalgama es separada diariamente de la placa mediante un "rascador" y un trozo de goma dura o cuero; luego es exprimida manualmente en una gamuza o paño para quitar el exceso de mercurio, que se puede reciclar. El oro se separa de la amalgama por destilación del mercurio (Márquez, 1980). Para ello, los mineros colocan la amalgama sobre una placa metálica y la queman con un soplete.

En todo este proceso, una parte del mercurio queda en el agua y los sedimentos y otra parte se evapora. En el agua, el mercurio inorgánico es atacado por ciertas bacterias que forman metil - mercurio. Este compuesto es absorbido por microorganismos y de allí pasa a la cadena trófica, llegando a ser consumido por seres humanos, a través de los peces. El mercurio evaporado puede ser respirado por las personas que operan el equipo o se puede adherir a paredes de lugares cercanos al sitio de operación.

En Venezuela, De Quilarque y Vera (1989) determinaron concentraciones de mercurio de hasta 12 $\mu\text{g/l}$ en el Bajo Caroní. Briceño (1989) destaca que, según las normas de Environmental Protection Agency (EPA), el agua para consumo humano debe poseer menos de 2 $\mu\text{g/l}$ y el normal desenvolvimiento de la vida acuática exige menos de 0.05 $\mu\text{g/l}$. Este mismo autor reporta valores promedio de 352 $\mu\text{g/kg}$ en el Río Caroní (cuyo valor de fondo sería 20 $\mu\text{g/kg}$), 1000 $\mu\text{g/kg}$ en sedimentos suspendidos (deberían ser menores a 300 $\mu\text{g/kg}$) y 160 $\mu\text{g/kg}$ en músculos de peces (el nivel de peligro está en 500 $\mu\text{g/kg}$).

Rodríguez et al (1990) señalan que el mercurio puede generar "Mal de Minamata" (alteraciones genéticas y deformaciones musculares) e "Hidrargirismo" (temblor fino distal, dolores de cabeza, encías inflamadas y pigmentadas, trastornos gastro-intestinales y cataratas). El mismo trabajo detectó, en un sector del Bajo Caroní, síntomas de contaminación en un 69% de los mineros y en 37% de los habitantes del área de influencia inmediata.

Por todo lo antes expuesto, el uso de este elemento debería ser totalmente prohibido.

Plantas de cianuro.

El uso del cianuro es muy eficiente ya que recupera hasta 95% del oro contenido en la pasta. Según Márquez (1980), al agregar cianuro (NaCN) a un lodo aurífero se produce un compuesto ($\text{NaAu}(\text{CN})_2$) que luego, en presencia de zinc (Zn), genera un precipitado ($\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$) y oro libre (Au).

El cianuro puede ser reciclado hasta en un 90% y la otra parte sale de la planta, mezclado con agua y sedimentos que se dirigen a una laguna de colas. El cianuro es un veneno muy activo pero en estas lagunas se descompone en elementos inertes. Según Ou y Zaidi (1995), el tamaño de las lagunas depende más de los requerimientos de remoción de fracciones sólidas que de la remoción de cianuro. Existe una gran cantidad de mecanismos que contribuyen a la degradación natural del cianuro (requiere unos 10 meses), entre ellos se destacan la hidrólisis, fotodegradación, precipitación y oxidación química y bacteriológica. Los procesos predominantes que se han observado son la disociación de los complejos metal-cianuro y la volitización del cianuro (CN^-) en forma de cianuro de hidrógeno (HCN).

El gran riesgo es el desborde y posterior envenenamiento de los ríos. Esto es especialmente factible en Imataca debido a las altas precipitaciones. Un manejo adecuado de estas lagunas exige un fondo y una cobertura impermeables. Sin embargo, existen métodos industriales para acelerar la degradación del cianuro. Entre ellos se conocen el uso de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el SO_2 y la clorinación alcalina (Botz y Stevenson, 1995). Todos estos métodos han sido utilizados de manera eficiente y rentable, cumpliendo las normas ambientales de varios países. Así mismo, una empresa denominada Homestake ha usado *Pseudomonas* para el bio-tratamiento de aguas residuales de minería. Estas bacterias participan en un proceso de rompimiento del cianuro y luego la

conversión del amonio a nitratos. El sistema ha estado operando desde 1984 y genera agua de muy alta calidad que constituye una porción importante de un cauce en South Dakota, USA (Waterland, 1995).

Puede observarse que, a diferencia del mercurio, el cianuro es degradable naturalmente y existen una gran cantidad de métodos industriales para acelerar su descomposición. Ello haría posible el uso de este sistema sin generar altos impactos al ambiente.

Sin embargo, estas planta son muy costosas y, por ahora, no están al alcance de mineros pequeños. Ellos podrán acceder a esta tecnología trabajando en cooperativas.

CONCLUSIONES

El desarrollo de actividades mineras, en la Reserva Forestal Imataca, no se está realizando sobre comunidades prístinas. Estas han sufrido impactos generados por el aprovechamiento forestal y algunas actividades mineras no significarán un aumento considerable del grado de perturbación de estos bosques.

Es conveniente destacar que la minería en Imataca no afecta desarrollos hidroeléctricos ni el Parque Nacional Canaima. Esta reserva forestal no pertenece a la Cuenca del Río Caroní. Se considera inadecuada esta manipulación de la opinión pública por parte de algunos ambientalistas extremos y medios de comunicación.

Se ha pretendido identificar a toda la actividad minera con la modalidad de monitores hidráulicos ("garimpeiros"). Esto es irreal e inconveniente. Algunas modalidades de minería son más impactantes que otras. Si se considera que es casi imposible detener totalmente esta actividad en Imataca, la misma debería orientarse a los métodos menos impactantes.

En minería, cada tipo de yacimiento determina técnicamente un tipo de explotación. La existencia de aluviones con alto tenor exige desarrollar una modalidad para extraer el oro. Es muy difícil prohibir esta actividad. La modalidad menos impactante para explotar los aluviones es la Excavación Superficial Industrial, sin embargo sus efectos potenciales ameritan estudios de impacto

ambiental muy detallados, monitoreo intenso y fianzas de fiel cumplimiento ajustadas al costo real de reforestación en las áreas trabajadas.

Se considera adecuado definir algunos niveles de restricción ambiental para los diferentes tipos de minería. Se sugiere: prohibir las Balsas y Monitores Hidráulicos, permitir con fuertes restricciones la Excavación Superficial Industrial y fomentar la Explotación Manual, Galerías Pequeñas y Galerías Industriales (las cuales, en todo caso, deben hacer estudios de impacto ambiental para las reducidas áreas que intervienen y constituir las respectivas fianzas de fiel cumplimiento).

Considerando definiciones estrictas, no se puede hablar de minería sustentable. El oro no se reproduce y cualquier explotación de este mineral disminuirá su disponibilidad para las generaciones futuras. No obstante, el ordenamiento de la actividad minera puede maximizar los beneficios sociales en el corto y largo plazo. Así mismo, puede ayudar a la conservación de la diversidad biológica, financiando estudios detallados (para los cuales es difícil conseguir recursos) y el desarrollo de corredores ecológicos y otras áreas protegidas. Todo esto puede estar incluido en los estudios de impacto ambiental.

Se considera necesario que los mineros estén agrupados en cooperativas o empresas. Cada unidad de producción debería poseer un ingeniero residente para dirigir las labores de restauración ambiental y, por el Estado, un ingeniero inspector.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Energía y Minas, TECMIN y CAMIVEN por facilitar los medios para la realización del trabajo de campo, de la comisión designada por la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la ULA, para estudiar la problemática de la minería en la Reserva Forestal Imataca. A Meredith Sassoon (Editora de Mining Environmental Management) por su amable colaboración en el suministro de información bibliográfica.

REFERENCIAS

1. Botz, M y Stevenson, J. 1995. Cyanide, dispelling the myths - Process economics. Mining Environmental Management, June 1995: 13-16.
2. Brazaitis, P., Rebelo, G., Yamashita, C., Odierna, E y Watanabe, M. 1996. Threats to brazilian crocodilian populations. ORYX, 30 (4): 275-284.
3. Briceño, H. 1989. Contaminación mercurial del Bajo Caroní. Estudios de Ingeniería Geológica LITOS C.A. Puerto Ordaz, Venezuela. 42 p. Mimeografiado.
4. Canter, L. 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental. Mc Graw Hill. Madrid. 841 p.
5. De Quilisque, X y Vera, J. 1989. Determinación de mercurio en muestras de agua y sedimento del Río Caroní, en los sectores mineros de Carhuachi, Flamingo y Mundo Nuevo, de la Ciudad de Puerto Ordaz, Edo. Bolívar. Corporación Venezolana de Guayana, Gerencia de Obras Sanitarias e Hidráulicas. Puerto Ordaz, Venezuela. 20 p. Mimeografiado.
6. Franco, W., Lozada, J., León, J., Aguilar, W., Arends, E., Vidal, R., Pernía, E y Cabello, O. 1997. La situación actual de la Reserva Forestal Imataca y propuestas para orientar su ordenamiento. Informe de la comisión designada en atención a la consulta del Ministerio de Energía y Minas, sobre la Reserva Forestal Imataca. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela. 69 p. Mimeografiado.
7. Hernández, L., Parra, A y Sanoja, E. 1994. Una visión sobre el manejo forestal en la Guayana Venezolana (Edo. Bolívar). Informe preparado a solicitud del Consejo Regional de Gobierno, Ambiente, Minería y Ordenación del Territorio del Edo. Bolívar. Puerto Ordaz, Venezuela. 23 p. Mimeografiado.
8. Hylander, L., Silva, E., Oliveira, L y Silva, S. 1994. Mercury levels in Alto Pantanal: a screening study. AMBIO, 23 (8): 478-484.
9. Johnson, N y Cabarle, B. 1995. Sobreviviendo a la tala: manejo del bosque natural en los bosques húmedos. World Resources Institute, Consejo Centroamericano de Bosques y Áreas Protegidas, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 72 p.

10. Lozada, J y Arends, E. 1998. Impactos ambientales del aprovechamiento forestal en Venezuela. INTERCIENCIA, 23 (2): 74-83.
11. Malm, O., Pfeiffer, W., Souza, C y Reuther, R. 1990. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River Basin, Brazil. AMBIO, 19 (1): 11-15.
12. MARNR. 1997. Boletín Estadístico Forestal No. 1. Período 1993-1996. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas. 74 p.
13. Márquez, Luis. 1980. Cianuración del mineral de oro de El Callao. Proyecto de Grado para optar al Título de Ing. Químico. Universidad de Los Andes. Mérida. 91 p.
14. Miranda, M., Blanco U., A., Hernández, L., Ochoa, J y Yerena, E. 1998. No todo lo que brilla es oro. Instituto de Recursos Mundiales. Washington. 52 p.
15. Ou, B y Zaidi, A. 1995. Cyanide, dispelling the myths - Natural degradation. Mining Environmental Management, June 1995: 5-7.
16. Pfeiffer, W., Malm, C., Souza, C y Drude-de-Lacerda, L. 1991. Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondonia, Brazil. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 38 (3-4): 239-245.
17. Rodríguez, M., Carreño, P y García, S. 1990. Contaminación mercurial en mineros y afines del Bajo Caroní. PLEXUS C.A. - Medicina Ocupacional. Ciudad Guayana, Venezuela. 33 p. Mimeografiado.
18. Von Tumpling Jr, W., Wilken, R y Einax, J. 1995. Mercury contamination in the northern Pantanal Region, Mato Grosso, Brasil. JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION, 52 (1-2): 127-134.
19. Waterland, R. 1995. Cyanide, dispelling the myths - Homestake's bio-treatment. Mining Environmental Management, June 1995: 12-13.
20. Young, J. 1993. For the love of gold. WORLD WATCH, 6 (3): 19-26.