



**FAO**



Proyecto: UTF/COL/024  
Tipo de Informe: Informe Técnico  
Número de Serie: ORN\_ME

**“PROGRAMA DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA REGION DE LA MOJANA”**

**COLOMBIA**

**INFORME FINAL DE CONSULTORIA**

**PEDRO LOPEZ AFRICANO**

**PROPUESTA DE PREVENCIÓN Y MANEJO DE LA CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN LA REGIÓN DE LA MOJANA**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pag</b>
RESUMEN	4.
1. INTRODUCCIÓN	5.
2. OBJETIVOS	8.
3. METODOLOGÍA	9.
4. ASPECTOS GENERALES	9.
4.1. LOCALIZACIÓN Y COBERTURA	9.
4.2. ASPECTOS FÍSICO BIÓTICOS	9.
4.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.	9.
5. MARCO TEÓRICO	11
5.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA	11
5.1.1. Situación Actual	11
5.1.2. Fuentes principales aportantes de mercurio	12
5.1.3. Provincias mineras involucradas	12
5.1.3.1. Zona de Antioquia	12
5.1.3.2. Zona de Bolívar	13
5.1.3.3. Zona de Córdoba	13
5.1.3.4. Zona de Sucre	14
5.1.3.5. Zona de Caldas	14
5.2. ASPECTOS MINEROS	14
5.2.1. Aspectos Legales	14
5.2.2. Rangos de Explotación	15
5.2.3. Sistemas de Explotación	15
5.2.3.1. Sistema a Cielo Abierto	15
5.2.3.2. Sistema Subterráneo	16
5.2.4. Beneficio	16
5.2.5. Procesos Mineros con Mercurio y Cianuro	17
5.2.5.1. La Amalgamación	17
5.2.5.2. La Cianuración	18
5.3. ASPECTOS AMBIENTALES	19
5.3.1. Visión General	19
5.3.2. Sustancia de interés sanitario en procesos mineros	22
5.3.2.1. El Cianuro	22
5.3.2.2. El Mercurio	23
5.3. EL PRINCIPIO DE INSOSTENIBILIDAD DE LA MOJANA POR PRESENCIA DE MERCURIO	24
5.3.1. El ciclo del Mercurio	25
5.3.2. Comportamiento del mercurio en los ambientes acuáticos	25
6. PROPUESTA DE PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR MERCURIO	28
6.1. DISCUSIÓN	28
6.2. EL CICLO NEGATIVO DEL PROBLEMA	29
6.3. ESCENARIOS	30
6.3.1. Escenario a corto plazo o mitigación ambiental (5 años)	30
6.3.2. Escenarios a mediano plazo (remediación)	30
6.3.3. Escenario a largo plazo (15 años. Nuevas Alternativas de Vida)	30
6.4. ALCANCE DE LA PROPUESTA	30
6.5. LAS ESTRATEGIAS	31
6.6. PROYECTOS	32
6.7. SUB PROYECTOS	32

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla Nro. 1. Valores pico por contaminación de mercurio en la región de la Mojana.	11.
Tabla Nro. 2. Situación legal, Minería Bajo Cauca Antioqueño.	14.
Tabla Nro. 3- Caracterización de Impactos Ambientales en Minería Aurífera - Acción productora de impactos analizada: Modificaciones fisiográficas	20
Tabla Nro. 4. Identificación de posibles alteraciones ambientales producidas por la minería aurífera	21
Tabla Nro. 5. Presentación del mercurio en el medio ambiente	24
Tabla Nro. 6. Planeación de Proyectos	33
Tabla Nro. 7. Resumen de Priorización y Costos.	62.

## RESUMEN

Si bien la región de la Mojana posee un alto grado de contaminación por metales pesados y especialmente por mercurio; también es cierto, que la mayor parte de las sustancias de interés sanitario tienen origen fuera de sus límites, sólo y muy localmente existen focos contaminantes dentro del área.

Con base en esta premisa y los términos de referencia establecidos para esta consultoría, se procedió a realizar la recolección de la información primaria y secundaria, información dirigida a responder cuatro interrogantes principales.

- ¿"Cuál es el estado de contaminación actual por mercurio?".
- ¿"Cuáles son las fuentes y orígenes de la contaminación?".
- ¿"Qué se ha hecho para solucionar el problema?".
- ¿"Qué hay que hacer hacia el futuro?".

Para lograr interrelación de la información, se visitó la región minera del Sur de Bolívar (Santa Rosa del Sur y San Martín de Loba), se realizaron consultas en las memorias institucionales de INGEOMINAS, MINERCOL, UPME, DNP, Fondo Nacional de Regalías, Universidad de Antioquia, Secretaria de Planeación del departamento de Antioquia, Secretaria de Minas del departamento de Bolívar, Ministerio del Medio Ambiente, GTZ, Corporaciones Autónomas Regionales (CORPONARIÑO, CVC, CRC, CORANTIOQUIA y CSB). Finalmente se obtuvo una visión global de la situación minero – ambiental (diagnóstico) y sobre él se proyectó la propuesta de **"Prevención y manejo de contaminación por mercurio en la región de la Mojana"**, y en las zonas origen de la contaminación.

Aunque este documento identifica las principales actividades a desarrollar en los próximos quince años, solamente se puede considerar como una guía ya que debe ser alimentado y redefinido de acuerdo con la ejecución de los Proyectos y sus resultados en la zona.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Programa de Desarrollo Sostenible para la región de la Mojana, conduce a la búsqueda de alternativas de uso de sus diferentes subsistemas con el fin de contribuir a su sostenibilidad y pretender por la seguridad alimentaria, incluyó dentro de sus estrategias el apoyo a la conservación y la utilización sostenible de los recursos naturales, la generación de una producción agrícola, ganadera, pesquera y forestal, la promoción y reforzamiento en lo local y regional como marco de coordinación y de política para la agricultura, la pesca y la silvicultura.

Adicionalmente, y para la realización del programa se establecería la integralidad de todos los recursos naturales disponibles, incluyendo bosques y flora, fauna, recursos hidrobiológicos, suelos y demás, para el establecimiento de la línea base ecológica y la formulación de la propuesta de planificación ambiental.

Fue entonces, cuando se evidenciaron las diferentes restricciones ambientales, una de ellas la presencia de mercurio en contenidos superiores a los límites permisibles en casi todas las muestra ambientales, por ende se hace necesario la identificación del problema, de sus causas y la búsqueda de soluciones, para que en futuro dicho programa realmente esté enmarcado en los conceptos de sostenibilidad.

La presencia de mercurio en las diferentes corrientes hídricas de la región no es un asunto resiente, sino que obedece a una sistemática acumulación por procesos geológicos naturales y a una desmedida intervención antrópica en los últimos quinientos años.

La bioacumulación de mercurio puede dar al traste con cualquier intento de planificación en el aprovechamiento de los recursos naturales, especialmente en la comercialización de productos agrícolas, ganaderos, faunísticos o hidrobiológicos dirigidos a mercados internacionales o nacionales y serias restricciones en mercados regionales.

Como respuesta a esta limitación se procedió a caracterizar el problema de contaminación por mercurio en la región de la Mojana, determinándose que los mayores aportes de contaminantes por metales pesados provenían de las explotaciones mineras fuera de la zona objeto, luego se establecieron los flujos de carga, se magnificó el problema y por medio de una propuesta de manejo de contaminación se linearon las alternativas de prevención más que de remediación (dada la complejidad tecnológica y los altos costos para su ejecución).

La propuesta de prevención de contaminación por metales pesados especialmente mercurio, busca solucionar en las minas las causas del problema, por lo cual y como estrategia fundamental se establece la introducción planificada de Producción más Limpia y Competitiva en las áreas mineras de metales preciosos en el Bajo Cauca Antioqueño, nordeste de Antioquia, serranía de San Lucas (Sur de Bolívar), Serranía de Ayapel y el departamento de Caldas principalmente.

El establecimiento de esta propuesta exige la integración de entidades, esfuerzos y recursos, pensando en “*región*” más que en territorio, pues es evidente la interacción directa entre las fuentes de contaminación lejanas y las afectaciones de los recursos naturales en el área de la Mojana.

Durante la realización de esta consultoría se recibió el apoyo decidido y permanente de los consultores del Proyecto, la guía técnico – científica del doctor Ibrahim Abu Abed consultor GTZ/CIM y el apoyo institucional de la FAO, DNP Ministerio del Medio Ambiente, INGEOMINAS, MINERCOL, UPME, Gobernación de Antioquia, Gobernación de Bolívar, CORPONARIÑO, CRC, CVC, CORANTIOQUIA y CSB, entre otras. A estas entidades y su personal les expreso mis agradecimientos.

Finalmente la identificación de los componentes, la recolección de la información primaria y secundaria, la caracterización de acciones y la preparación de la propuesta fue ejecutada en el periodo comprendido entre el 16 de Agosto y el 16 de Octubre del 2002.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta de prevención y manejo de contaminación de mercurio en las zonas origen del problema y que afectan los ecosistemas del área de la Mojana.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Promover y efectuar reuniones de evaluación y concertación con los miembros del Proyecto, los representantes de entidades mineras y ambientales involucradas en este plan.
- Recoger y evaluar información disponible de Proyectos realizados, programados o en ejecución por diferentes entidades públicas en producción más Limpia de oro en el Sur de Bolívar, Serranía de San Lucas y Nordeste Antioqueño.
- Consultar experiencias existentes de Producción más Limpia en otras regiones del país.
- Realizar una caracterización del problema de la contaminación por mercurio en la zona de la Mojana.
- Analizar los resultados de los principales estudios desarrollados en la región de la Mojana.
- Establecer alternativas de intervención.
- Identificar y formular Proyectos a nivel preliminar de prevención y manejo de la contaminación por mercurio en la región de la Mojana.
- Preparar las memorias técnicas respectivas.

### **3. METODOLOGÍA**

Como punto de partida se tomó los términos de referencia establecidos para el Consultor, estos fueron ajustados de acuerdo con las necesidades del Proyecto.

Finalizada esta etapa se procedió realizar la recolección de la información primaria (estado minero) en la zona del Sur de Bolívar, que incluyó explotaciones auríferas de Santa Rosa del Sur y San Martín de Loba. Luego se recogió información secundaria en las instituciones de nivel nacional y regional relacionadas con el Proyecto.

Del análisis de los datos acumulados en las fases anteriores se realizó un diagnóstico del estado ambiental y minero de la región, sobre el cual se trazaron líneas de acción y se priorizaron las actividades a ejecutar, obteniendo como resultado los perfiles de Proyectos de Inversión en ésta materia.

La propuesta consolidada de las anteriores fases, se integró al Plan de Desarrollo Sostenible de la Mojana.



## **4. ASPECTOS GENERALES**

### **4.1. LOCALIZACIÓN Y COBERTURA**

El área de la Mojana se localiza en el norte de Colombia con una extensión aproximada de 500.000 hectáreas y está delimitada geográficamente por el río Cauca al oriente, el río San Jorge y la ciénaga de Ayapel al occidente, el río Magdalena (brazo de Loba) al nororiente y la serranía de Ayapel al sur.

Políticamente involucra 4 departamentos y 10 municipios así: Antioquia (Nechí), Bolívar (Magangué y Achí), Córdoba (Ayapel) y Sucre (San Marcos, Guaranda, Majagual, Sucre, Caimito y San Benito Abad).

### **4.2. ASPECTOS FÍSICO BIÓTICOS**

La región de la Mojana es considerada como una gran llanura fluviodeltaica, posee un clima tropical con una temperatura media anual de 27.8°C. La precipitación varía entre 1406.5 mm en la parte noroccidental y 4779.7 mm en el extremo suroriental, con una media anual de 2846.9 mm/año y un régimen monomodal.

La región está configurada por una intrincada red de caños, ciénagas y basines, concentrados principalmente en la zona norte como consecuencia de un proceso de subsidencia y que contribuye a la regulación de los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena.

Asociado al sistema de ciénagas, se desarrolla parte del ciclo biológico de los recursos pesqueros de mayor importancia económica continental (Bagre, Bocachico), especies que migran anualmente de las ciénagas hacia los ríos mayores de las cuencas del Cauca y Magdalena a desovar. La migración de las especies soportan alimenticia y económicamente a las comunidades de pescadores ubicados en sus riberas. Además, la región es visitada anualmente por aves migratorias de importancia internacional y cuenta con una diversidad de fauna silvestre (icoteas, pisingos, babillas, chigüiros, entre otras) de las cuales se extraen volúmenes representativos, para suplir las demandas proteicas locales y generar ingresos económicos para sus pobladores.

### **4.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.**

En la región de la Mojana se asientan cerca de 100.000 habitantes, ubicados principalmente a lo largo de los ríos, de los caños y al reborde de las ciénagas. Cerca del 50% de la población vive en condiciones de extrema pobreza, con necesidades básicas insatisfechas en más del 80%; de hecho, la cobertura de servicio de acueducto y alcantarillado oscila entre el 21% (Caimito) y el 79% (Sucre).

Las actividades económicas productivas de la Mojana giran alrededor de la ganadería (78% del área) y cultivos 16%. Económicamente predomina la ganadería extensiva de doble propósito trashumante, y a nivel de predios se manejan especies menores como aves y cerdos. Los principales cultivos comerciales son el arroz y el maíz; además, se registran pequeñas áreas de sorgo, plátano, yuca, cacao, coco, caña panelera, frutales y en los últimos años la sandía.

La región fue utilizada desde épocas prehispánicas por las culturas Zenú y Malibú, en ambos casos el desarrollo se basó en actividades de agricultura sedentaria, y en la pesca y en la caza, estrategias productivas extractivas que perduran hasta nuestros días.

En la región se observa una débil presencia de instituciones de nivel central (Ministerios e Institutos Descentralizados) y una moderada intervención del nivel regional (departamentos y CAR's), sumada a una amplia presencia de instituciones locales (municipales, pero con débil operatividad), esto se traduce en una precaria atención y prestación de los servicios públicos y sociales.

Las organizaciones comunitarias, asociaciones gremiales, Juntas de Acción Comunal y fundaciones son numerosas, pero en su mayoría son inactivas, sin capacidad de gestión y con poca capacitación y débil participación.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

**5.1.1. Situación Actual:** La región de la Mojana en particular y la depresión Momposina en general, han sido sometida a procesos de degradación por acumulación de sedimentos y contaminantes provenientes de la región Andina y de los piedemontes cordilleranos, lo que origina una reducción en la capacidad de regulación de las aguas y pone en riesgo los recursos hidrobiológicos, agrícolas y ganaderos, así como la salud de las comunidades asentadas en ellas.

Dentro del proceso de aportación de contaminantes se observa que en las muestras ambientales se evidenciaron valores por encima de los límites permisibles para mercurio, registrándose picos muy preocupante. Ver tabla Nro. 1.

Tabla Nro., 1. Valores pico por contaminación de mercurio en la región de la Mojana.

MUESTRA	REGIÓN		CONCENTRACIÓN		ESTÁNDAR	FUENTE
Aguas	Ciénaga la Raya - Caribona Media	(1)	7.30	ppb	2 ppb	D.1594
Plantas (buchón)	Ciénaga la Raya - Caribona Media	(1)	555.22	ppb	30 ppb/Kg	EPA
Peces	Aguas debajo de Nechí - Media	(1)	458.50	ppb	500 ppb/Kg	EPA
Cabello humano	Pescadores Barranco de Loba	(2)	5.32	µgrHg/gr	1.8 µgrHg/gr	EPA
Sedimentos	La Raya - Caribona - Media	(1)	804.98	ppb	17 ppm	EPA

*Fuente: (1) Caracterización del grado de contaminación de los recursos naturales en la región de la Mojana (CORPOICA, 1998). (2) Valoración del contenido de mercurio en la zona minera del Sur de Bolívar (Universidad de Cartagena)*

Si bien, el mercurio localmente puede provenir de insumos agrícolas sus altos valores en las fuentes hídricas, indican que existen aportes muy importantes originados fuera de la región de la Mojana. Un análisis del problema muestra que este metal pesado tiene su origen en el beneficio de metales preciosos en las regiones mineras del noreste Antioqueño, Bajo Cauca, serranías de Ayapel y San Lucas; sin desconocer los aportes de otras regiones mineras localizadas aguas arriba de los ríos Magdalena y Cauca y de las contribuciones de mercurio asociadas a las diferentes actividades en sus respectivas cuencas.

**5.1.2. Fuentes principales aportantes de mercurio:** Aunque no se ha desarrollado un balance de aportes para cada una de las fuentes contributivas, si existen muestreos puntuales que inducen a concluir que la presencia de mercurio en la región de la Mojana es altamente influenciada por las cargas asociadas a los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena.

- **Río San Jorge:** Nace en el nudo de Paramillo en Antioquia y desemboca en el río Magdalena en el departamento de Bolívar, a través de su recorrido recibe aportes mineros de varias fuentes secundarias y de los ríos Sucio, San Pedro y Uré.
- **Río Cauca:** Nace en el macizo Colombiano en el departamento del Cauca y recibe aportes de procesamiento de minerales auríferos de los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba y Bolívar. Hacia el norte los ríos de mayor aporte tanto de sedimentos como de sustancia de interés sanitario (metales pesados y cianuro) son: de la serranía de Ayapel (río Tarazá y río Man), del nordeste antioqueño el río Nechí (cuyos afluentes son río Bagre, río Pocuné, río Porce, río Anorí), de la serranía de San Lucas en el sur de Bolívar (río Tigüí, quebrada de San Marcos y río Caribona).
- **Río Magdalena:** Tiene su nacimiento en el macizo colombiano en el departamento del Cauca y recibe aportes de la minería aurífera de los departamentos del Huila, Tolima, Caldas, Antioquia; Santander y Bolívar. Hacia las zonas próximas del Proyecto recibe los aportes mineros originados en parte del nordeste antioqueño y el sur de Bolívar.

**5.1.3. Provincias mineras involucradas:** Se contemplarán las provincias mineras que por su cercanía e interacción con la zona de la Mojana tienen los aportes más relevantes.

**5.1.3.1. Zona de Antioquia:** Para efectos mineros y de contaminación directa con la Mojana, se divide en dos provincias así:

- **Bajo Cauca:** Se sitúa en el noreste del departamento, en las estribaciones de la cordillera central hasta la serranía de Ayapel y en dirección principal al flujo del río Cauca. Comprende los municipios de Tarazá, Cáceres, Zaragoza, el Bagre, Caucasia y Puerto Valdivia.

La región está drenada al occidente por el río Cauca y al oriente por el río Nechí, el cual confluye con el Cauca a la altura de la población de Nechí. En esta zona la minería básicamente corresponde a explotaciones aluviales caracterizadas por la remoción total del suelo, la generación de gran cantidad de sedimentos e importantísimos aportes de mercurio.

- **Nordeste Antioqueño:** Corresponde al nordeste del departamento de Antioquia y se localizada en las estribaciones de la cordillera central. Hacia el oriente se descende en forma de colinas al valle del Magdalena Medio y por el oeste hacia la región del

bajo Cauca. Aunque políticamente el nordeste está conformado por los municipios de Amalfi, Anorí, Cisneros, Carolina, Gómez Plata, Guadalupe, San Roque, Remedios (parte), Santo Domingo, Segovia, Yali y Yolombo, para efectos mineros solo se considera como de alta influencia las explotaciones localizadas en los municipios de Segovia, Remedios, Amalfi y Anorí.

La minería de los metales preciosos que se desarrolla en esta provincia en su mayor parte corresponde al tipo filoniano por métodos subterráneos y en menor proporción territorial a explotaciones de aluvión, especialmente en los lechos y márgenes de los ríos Porce y Nechí, ésta región es también aportante de sedimentos y mercurio; adicionalmente en el beneficio de los minerales preciosos en la minería de veta se introducen importantes cantidades de cianuro al medio ambiente.

**5.1.3.2. Zona de Bolívar:** Por su cercanía y en determinados sectores por su contacto directo, las zonas mineras de metales preciosos en el departamento de Bolívar, poseen gran influencia en el problema general de contaminación, la minería se puede ubicar así:

- **Sur de Bolívar:** La región se localiza en el Sur de Bolívar y está limitada al norte por el complejo cenagoso de la Mojana, al oriente con el río Magdalena, y al occidente con el río Cauca, su principal accidente topográfico es la serranía de San Lucas. Los principales centros de producción aurífera están ubicados en los municipios de Santa Rosa del Sur, San Martín de Loba, Río Viejo, Barranco de Loba, Atillo de Loba, Montecristo y Achí.

La extracción de oro filoniano principalmente se efectúa en Santa Rosa del Sur, San Martín de Loba y Barranco de Loba, mientras que la minería aluvial es representativa en los municipios de Achí y Montecristo. Tal vez los ríos de mayores aportes mineros provenientes de la serranía de San Lucas sean el Tigüí y el río Caribona en la región de la Mojana.

**5.1.3.3. Zona de Córdoba:** Esta región del país posee muy poca información secundaria y/o primaria, tanto en aspectos geológicos como mineros y por lo tanto su repercusión o influencia ambiental en la región de la Mojana aún no está determinada. La principal zona de explotación reseñada se encuentra en la cuenca alta y media del río San Jorge, en las poblaciones de Juan José, Pica Pica y Bocas de Uré, y en la cuenca de la quebrada San Pedro al sur este del departamento. Las minas registradas se localizan en los depósitos aluviales que se encuentran al sur de la ciénaga de Ayapel en el occidente del departamento.

La minería de tipo aluvial es explotada por sistemas a cielo abierto en las vegas y terrazas del río principal (San Jorge) y sus afluentes. En la producción del año 2000 reportada por el UPME, se observa que el departamento de Córdoba ocupa el primer lugar a nivel nacional con una producción total de 17.266.539 gramos de oro; sin embargo, no existen los reportes de las zonas de extracción; además, la región con el ritmo actual de producción no puede sustentar dichos volúmenes. El origen del oro podría corresponder a la existencia de una minería informal o ilegal, o a la producción de otros departamentos declarada en Córdoba (INGEOMINAS 2000).

**5.1.3.4. Zona de Sucre:** Esta región hasta el momento no posee explotaciones de metales preciosos; sin embargo, no se descarta hacia un futuro que se desarrollen explotaciones de oro muy fino en los aluviones del sur del departamento.

**5.1.3.5. Zona de Caldas:** Las zonas mineras de este departamento (Marmato y Supía, principalmente) registran producciones de 605.230 gr/año (*Estadísticas UMPE. 2000*), e importantes aportes de cianuro y mercurio a las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena, partes de estas sustancias son transportadas por los ríos en mención y acumuladas en las ciénagas de la región de la Mojana.

## 5.2. ASPECTOS MINEROS

Se tratarán los aspectos básicos de la minería que se registra en los departamentos de Antioquia, Córdoba, Caldas y Bolívar, que conducen a importantes aportes de sedimentos y metales pesados a la región de la Mojana.

**5.2.1. Aspectos Legales:** La legalización de las explotaciones de oro no es una práctica común entre los mineros, esto obedece a la gran movilidad de los frentes de explotación (por factores de inseguridad, concentración de tenores y climáticos), a la cultura individual e informal de los mineros y al nulo o muy poco control efectuado por las entidades de vigilancia, y aún por la influencia de factores de orden público.

Es de observar que en la explotación de oro existe muchas solicitudes de licencias de exploración, explotación y algunos contratos, pero la legalización ambiental es menor que la legalización minera. La tabla Nro. 2, se puede tomar como un ejemplo de la situación legal de la minería en general y del Bajo Cauca Antioqueño en particular.

Tabla Nro. 2. Situación legal, Minería Bajo Cauca Antioqueño.

Explotaciones Mineras Existentes (con título de exploración o explotación) Secretaría de Minas y Energía*		Minas registradas en la base de datos SIREMA de CORANTIOQUIA	
Caucasia	45	Caucasia	4
Bagre	41	Bagre	2
Zaragoza	67	Zaragoza	14
Tarazá	22	Tarazá	10
Cáceres	18	Cáceres	8
Valdivia	1	Valdivia	2
Total	194	Total	40

\* Información obtenida de la base de datos SIREMA de la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia. Actualizada al 06 de Julio de 2001.

De la tabla Nro. 2, se observa que en Cauca por ejemplo de 45 minas con título minero, sólo 4 poseen registro ambiental. Se supone que en la región del Bajo Cauca pueden existir alrededor de unos 5.000 frentes de explotación, de lo anterior se puede concluir que la mayor parte de las explotaciones de la zona (96%) están en la informalidad e ilegalidad, esto es una seria restricción para los procesos de planificación minera y control ambiental; adicionalmente, se observa que en la minería de rangos medios y bajos de explotación, se incrementa la variable ilegal.

**5.2.2. Rangos de Explotación:** Se refiere a los volúmenes de producción de metales preciosos como elemento y no como volumen de remoción. Existen tres categorías o rangos de clasificación para la minería de los metales preciosos así:

RANGO	PRODUCCIÓN	UNIDAD
1	Menor de 0.05	Ton/año
2	Entre 0.05 – 1	Ton/año
3	Mayor de 1	Ton/año

- **Rango 1:** Integra las explotaciones de subsistencia y pequeña minería, recoge más del 90% de las explotaciones tanto de aluviones como de filón. La característica principal de este tipo de minería es su baja producción, la nula o incipiente mecanización y el bajo conocimiento de los depósitos. Este tipo de unidad productiva se encuentra diseminada por todo el territorio objeto.
- **Rango 2:** A esta categoría pertenece la llamada mediana minería y se desarrolla con un mayor grado de conocimiento de los depósitos y mayor estado de mecanización. A este tipo de minería pertenece las explotaciones mineras subterráneas de la Frontino Gold Mines Ltda. (una en Segovia y otra en Remedios), el Limón (Zaragoza) y la Bramadora (Amalfi), en cuanto a las explotaciones de aluvión se localizan principalmente en los ríos Cauca, Nechí, Porce y San Jorge.
- **Rango 3:** Produce metales preciosos en más de una tonelada / año y la única en la región y tal vez en el país es la que efectúa Mineros de Antioquia en los depósitos aluviales de los ríos Nechí y Tigüí en la región del Bajo Cauca. Este tipo de minería se clasifica como gran minería con volúmenes removidos superiores a los 16.000.000 de m<sup>3</sup> al año, los procesos son mecanizados y exige una completa legalidad minera y ambiental.

**5.2.3. Sistemas de Explotación:** La minería de los metales preciosos se ejecuta por dos sistemas básicos, subterráneo y a cielo abierto.

**5.2.3.1. Sistema a Cielo Abierto:** La minería desarrollada por estos sistemas incluye las explotaciones en tierra y las explotaciones en agua.

- En tierra se utiliza la batea (método de barequeo o mazamorreo), las motobombas, elevadores, monitores y las retro excavadoras. Esta minería es generalmente realizada en aluviones y en muy pocos casos en los capotes de los filones y en algunos depósitos coluviales.
- Para la explotación en el agua se usa el mazamorreo, la draga de succión, las retro excavadoras sobre planchón y las dragas de canjilones, básicamente estos métodos van dirigidos a explotación de aluviones de vegas, de causes y en pocas ocasiones de terrazas bajas.

**5.2.3.2. Sistema Subterráneo:** Utiliza métodos de cámaras y pilares, cámaras irregulares, tambores con realce paralelo y recuperación parcial de pilares, este tipo de minería está básicamente dirigida a explotaciones auríferas filonianas. Para la minería de rango 1, se utilizan carretillas, mulas o transporte humano y la perforación y el arranque es manual, el rango 2, utiliza perforación neumática y voladura con explosivos, coches para transporte y tiene organización en ventilación y desagüe. Salvo en muy contados casos se explota aluviones por el sistema subterráneo en cámaras irregulares a partir de un pozo y se presentan muy bajos niveles de seguridad y por lo general se dan en explotaciones de subsistencia.

#### 5.2.4. Beneficio

Como en la explotación de los minerales preciosos el beneficio de los mismos se caracteriza por el uso de técnicas y tecnologías no apropiadas y por la falta de inversión en estos procesos. Entre menor es el rango de la minería menor es la mecanización de procesos, la aplicación incorrecta de técnicas, la baja recuperación de metales y mayores los problemas ambientales ocasionados.

El beneficio de metales preciosos (oro más plata), es realizado de acuerdo con el tipo de explotación aluvial o de filón:

- **Beneficio en Aluviones:** Una vez el material es arrancado de los aluviones es sometido a lavado ya sea en bateas, monitores, trómel y canalones (según el rango y tecnificación minera), en esta etapa básicamente se separa los materiales finos de los gruesos, los gruesos son desechados (gravas) y los finos (arenas) pasan a una segunda etapa de concentración en bateas, canalones y paños, jig o ciclones de acuerdo con el grado de tecnificación; el proceso de concentración puede tener varias de esta etapas y es aquí donde se utiliza mercurio (Azogue) para su recuperación. El mercurio colocado en las trampas de concentración (Jig, canalones, bateas y otros) se amalgama con el oro y la plata y algunos otros metales. Posteriormente y terminada la jornada la amalgama es recogida y sometida al fuego abierto para separar el mercurio del oro.
- **Benéfico para minerales filonianos:** A diferencia de los depósitos aluviales que contienen el oro sin la mayor parte de los minerales acompañantes; es decir, el oro se



encuentra “libre”, los minerales provenientes de las explotaciones filonianas (subterráneas), acompañan al oro en forma de asociación, inclusión, intercrecimiento y reemplazamiento, esto hace que el beneficio de los minerales sea más exigente y complicado para obtener los valores preciosos.

Para el beneficio de este tipo de minas, es necesario someter los minerales arrancados en la mina a un proceso de trituración; el tamaño de la partícula es reducida y está lista para llevarlo a un segundo proceso conocido como molienda (se usan molinos californianos, barriles, molinos de bolas e incluso piedras de moler), aquí el grano de los minerales esta por el orden 250 micrones. En este estado el oro liberado se liga con mercurio en los molinos y canalones; sin embargo una fracción 30 – 50% no se puede agrupar porque los granos de mineral no han sido expuestos ni completamente liberados; por ésta razón es necesario someter los minerales sólidos del molino (arenas) o un tercer proceso conocido como cianuración, en esta etapa se incluye un nuevo tóxico al beneficio del metal que es el cianuro de sodio o cianuro de potasio.

Las arenas son apiladas y tratadas por percolación o agitación y el oro expuesto es lixiviado por la solución cianurada, la solución enriquecida se trata con zinc y se forma una mezcla de zinc y oro, entonces este concentrado se funde para obtener el metal precioso.

#### **5.2.5. Procesos Mineros con Mercurio y Cianuro**

Para la recuperación de oro de los diferentes yacimientos se utilizan dos operaciones básicas la amalgamación y la cianuración.

**5.2.5.1. La Amalgamación:** Es uno de los procesos más importantes en la recuperación de oro en la minería de los metales preciosos, dada la afinidad electrónica del oro con el mercurio forma una aleación física denominada amalgama. Esta propiedad es la utilizada para capturar pequeñas partículas de oro, las cuales por su tamaño no presentan buena respuesta para la concentración gravimétrica, sin el mercurio las partículas extremadamente finas o con formas laminares serían arrastradas por las corrientes de agua creadas en el lavado, produciendo desperdicios de metal y disminuyendo considerablemente el rendimiento de las minas. Para la amalgamación es importante que el grano de oro se encuentre libre y limpio de incrustaciones de óxidos y minerales y que su tamaño oscile entre 2 y 0.02 milímetros.

En la minería aluvial en donde el metal ya se encuentra en estado libre y bastante limpio de impurezas, al pasarlo por el canalón el oro es atrapado y amalgamado; es de anotar, que parte del mercurio es arrastrado por el flujo hacia las fuentes de agua. En el caso del beneficio de minerales filonianos el mercurio se agrega en los molinos y al final de estos en placas electroplateadas, sobre las cuales el metal se adhiere formando una película. En la zona objeto, existe molinos o barriles de bolas (cocos) que sirven para moler y amalgamar simultáneamente.

La amalgama formada se recupera y se somete a temperaturas que oscilan entre 350°C y 600°C, el mercurio a éstas temperaturas es evaporado y va a parar directamente al suelo y a la atmósfera.

Las pérdidas de mercurio generadas en el procesamiento de un grano de oro son muy diferentes, no solo por la tecnificación de la explotación y del beneficio sino por el control en planta y por la actitud del minero. En términos generales se tiene:

- Pérdidas por derrames involuntarios y evaporación : 0.01 gramos.
- Pérdidas por arrastre en el flujo : 1.3 gramos.
- Pérdidas por calcinación de la amalgama : 1.4 gramos.
- Total pérdidas : 2.8 gramos.(3)

(3) *López Pedro. Minería de aluvión en el departamento del Guainía. Volumen 1. 1998.*

Es decir se pierde 2.8 gramos de mercurio por cada gramo de oro recuperado, estas pérdidas se aumentan en minas de grandes flujos de agua (explotaciones aluviales de mediana minería) y disminuyen en operaciones mineras que realizan destilación de amalgamas (retorteados) y amalgamación en circuitos cerrados. El minero de subsistencia de aluviones por regla general no usa mercurio; luego las mayores pérdidas están en los renglones de la pequeña y mediana minería

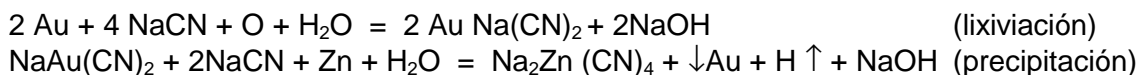
**5.2.5.2. La Cianuración:** Las soluciones de los cianuros alcalinos muy diluidas disuelven los metales nobles y no se combinan al menos en proporciones altas con elementos secundarios, esta propiedad llamada acción selectiva se aprovecha para la recuperación de valores auríferos.

Los minerales filonianos explotados se llevan a molienda para posteriormente ser amalgamados. La amalgama obtenida se somete a calcinación y fundición y así se obtiene una parte importante de oro presente en la mena; sin embargo, una buena fracción del oro no es retenida por el mercurio y va a parar en las colas del proceso (arenas y lodos).

Las arenas se acumulan en tanques o piscinas (método generalizado) que posee un doble fondo en su parte inferior, luego se les vierte cal y cianuro de sodio (NaCN) en proporciones que van desde 1.5 – 5 gramos/litro, esta solución se percola a través de la columna de arena lixiviando los metales auroargentíferos y arrastrándolos a los desagües. Una vez la solución está en el fondo es conducida a unas cajas que contienen virutas de zinc obligando a los metales a precipitarse, el precipitado obtenido es llevado a calcinación y fundición para separar el oro y la plata del zinc. Algunas minas no utilizan sistemas de percolación, sino procesos de cianuración por agitación aumentado la recuperación de metales y la rapidez en los mismos

La desventaja de la cianuración, es la alta toxicidad de las soluciones cianuradas, especialmente por el desprendimiento de HCN (Ácido Cianhídrico), al final de la precipitación del oro con el zinc, quedan unas soluciones “pobres” con alrededor de 3 gramos/litro de cianuro de sodio, los cuales son arrojados a las fuentes de agua sin ningún tipo de neutralización, con las consecuentes perjuicios para el medio ambiente.

En términos generales se ocasionan dos reacciones químicas en el proceso de cianuración, una de lixiviación y otra de precipitación.



### 5.3. ASPECTOS AMBIENTALES

**5.3.1. Visión General:** La utilización de técnicas y tecnologías no apropiadas ha llevado a la actividad minera de los metales preciosos, a un verdadero estado de insostenibilidad y el cual afecta negativamente los ecosistemas locales y produce serias intervenciones en sectores alejados.

Los pasivos ambientales acumulados por la explotación de metales preciosos, no son del todo el resultado de la tecnología o de las técnicas utilizadas, sino por su inadecuada implementación, sumadas a la poca apropiación del territorio y la casi nula “conciencia ambiental” por parte de los mineros, a la falta de control estatal y de inversiones en mejoramiento técnico y tecnológico, amén de las razones de orden público existentes.

Los altos precios internacionales del oro en las décadas de los 70’s y los 80’s, en adición con los subsidios creados para esta actividad minera a nivel nacional, jalónaron el rápido crecimiento en número y en tamaño de las explotaciones con sus consecuentes efectos negativos al medio ambiente. Esa medición de impactos se reflejó tanto en el medio físico como en el antrópico.

El cambio obligado del uso del suelo ha generado grandes conflictos a nivel socioeconómico, dado que esto presiona el cambio de las actividades tradicionales, la pérdida de costumbres y la alteración de los hábitos de producción, elementos seculares encargados de sostener el equilibrio ecosistémico de la región.

Los impactos ambientales generados por la actividad minera de oro en los departamentos de Antioquia, Córdoba, Caldas y Bolívar, son graves y acumulativos y muchos de ellos de carácter permanente, las causas principales de esos efectos se pueden resumir así:

- Procesos de deforestación.
- Procesos de erosión.
- Procesos de deterioro de suelo, de fuentes de agua y cuencas en general..
- Procesos de inestabilidad (hundimientos, deslizamientos, remoción en masa).
- Vertimientos de sustancias tóxicas.

Los problemas ambientales derivados de la extracción aurífera en las regiones cercanas a los sitios de explotación se manifiestan como: (ver tablas Nro. 3 y 4)

- Áreas degradadas por el uso irracional del suelo.
- Colmatación de ciénagas.
- Alta sedimentación y taponamiento de caños que comunica a las ciénagas.
- Alteración en los cauces de las diferentes fuentes de agua.

**Tabla. Nro. 3- Caracterización de Impactos Ambientales en Minería Aurífera -  
Acción productora de impactos analizada: Modificaciones fisiográficas**

ELEMENTOS, CARACTERÍSTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA AURÍFERA		CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORIZACIÓN																
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10		11		12				13
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACIÓN		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PRÓXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS		MAGNITUD				AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
SI	NO			SI	NO											SI	NO	Alto	Medio	Bajo	SI	NO	COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO	CRÍTICO			
ATMÓSFERA	Composición de la Atmósfera.	*	*			*	*		*				*	*		⊖				*		*							*
	Nivel de ruidos																												
AGUA	Agua Superficial	*	*			*	*		*	*			*	*		⊖		*						*	*				
	Agua Subterránea	*	*			*	*		*	*		*		*						*				*					
SUELOS	Características Edáficas																												
	Usos del Suelo	*	*			*	*		*	*		*	*	*	*	⊖		*				*				*			
VEGETACIÓN	Especies y comunidades vegetales	*	*			*	*		*	*		*	*	*	⊖		*					*				*			
FAUNA	Especies y poblaciones animales	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	⊖		*		*							*			
PROCESOS ECOLÓGICOS	Cadenas y redes tróficas	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	⊖		*								*				
PROCESOS GEOFÍSICOS	Inundación	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	⊖		*		*					*					
	Erosión	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	⊖		*								*				
	Sedimentación	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	⊖		*								*				
	Inestabilidad	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	⊖		*								*				
	Sismicidad (Vibraciones)																												*
	Subsidencia	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	⊖		*								*				

<b>MORFOLOGIA Y PAISAJE</b>	Modificaciones en el paisaje		*	*			*		*	*		*			*		⊙			*					*			
-----------------------------	------------------------------	--	---	---	--	--	---	--	---	---	--	---	--	--	---	--	---	--	--	---	--	--	--	--	---	--	--	--

**Tabla. Nro. 4. Identificación de posibles alteraciones ambientales producidas por la minería aurífera**

		ELEMENTOS, CARACTERÍSTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES A SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA															
		ATMÓSFERA		AGUA		SUELOS		VEGETACIÓN	FAUNA	PROCESOS ECOLÓGICOS	PROCESOS GEOFÍSICOS					MORFOLOGÍA Y PAISAJE	
ACCIONES PRODUCTORAS DE IMPACTOS O ALTERACIONES		Composición de la atmósfera	Nivel de Ruidos	Agua Superficial	Agua Subterránea	Características Edáficas	Usos del Suelo	Especies y comunidades vegetales	Especies y poblaciones animales	Cadenas y redes Tróficas	Inundación	Erosión	Sedimentación	Inestabilidad	Sismicidad (Vibraciones)	Subsidencia	Modificaciones en el Paisaje
1. EXPLORACIÓN E INVESTIGACIÓN			□	□	□		□	□				□	□				□
2. INFRAESTRUCTURA	2.1. Construcción de edificios y plantas de tratamiento.		□	□			□										○
	2.2. Nuevos viales y conducciones		□	□	□		□	□			□	○	○	○			○
	2.3. Desagües y drenajes			○	□		□			○	○	○	○	○			
3. OPERACIÓN	3.1. Perforación																
	3.2. Voladura																
	3.3. Arranque y carga		□	□	○							○	□	□		○	
	3.4. Transporte de materiales y tráfico de maquinaria																
	3.5. Mantenimiento			□													
	3.6. Tratamiento de minerales	□	□	○	□	□		□	○	○		□					○
4. MODIFICACIONES FISIográfICAS	4.1. Creación de huecos			○	○		○	○	□			□	□	○		○	○
	4.2. Vertido de estériles escombreras y balsas			○	○		○	○	□	□	○	○	○	○		□	○

**SIMBOLOGÍA**

- Alteraciones Generalmente Importantes
- Alteraciones Generalmente poco importantes



- Socavamiento de las arillas de los ríos y daños a la infraestructura cercanas a ellos.
- Aumento de erosión y erodabilidad en los suelos,
- Baja navegabilidad de los ríos.
- Fenómenos de eutroficación.
- Baja productividad en la actividad pesquera.
- Problemas de salud y de salubridad.
- Daños en infraestructura física y social.
- Hundimientos de la superficie

Los principales impactos derivados en la actividad minera de los metales preciosos en la zona norte y que causan efectos negativos en la región de la Mojana son:

- Aporte de sedimentos.
- Introducción de metales pesados especialmente mercurio al sistema cenagoso..

Lo anterior conduce a:

- Contaminación de las ciénagas.
- Cambios en las cotas de inundación.
- Modificación del espejo de agua tanto en invierno como en verano.
- Alteración en la navegabilidad.
- Acumulación de mercurio en peces y recursos hidrobiológicos.
- Acumulación de mercurio en las comunidades asentadas.
- Introducción de mercurio en productos agrícolas y ganaderos,
- Aumento de los problemas de salud.
- Consecuencias negativas en el mercado de productos.
- Afectación general del sistema cenagoso de la Mojana.

**5.3.2. Sustancia de interés sanitario en procesos mineros:** En la minería aurífera, se utiliza con regularidad sustancias químicas y/o minerales que pueden producir alteraciones ambientales tales como el mercurio, cianuro, soda cáustica, cal, litargirio, Zinc, Hipoclorito de Calcio, jabones, ácido nítrico, ácido sulfúrico, grasas y aceites minerales, combustibles y explosivos, entre otros; sin embargo, el mercurio y el cianuro son consideradas como las sustancias más xenobióticas utilizadas en esta actividad para los ambiente acuáticos.

**5.3.2.1. El Cianuro:** Es el nombre genérico de las sales del ácido cianhídrico (CNH), en procesos mineros se ha generalizado el uso de cianuro de sodio (por precios) en relación con cianuros de otros metales. Como se mencionó anteriormente esta sal diluida disuelve selectivamente los metales nobles.

El principio activo de los cianuros alcalinos es el radical cianógeno (CN), este radical es monovalente, de suerte que el grupo tiene una de las valencias del carbono libre, cuando se fija sobre el metal monovalente Na forma NaCN, si llega a fijarse sobre un átomo de H, forma un terrible tóxico conocido como ácido prúsico o ácido cianhídrico el cual es el responsable de los envenenamientos con cianuro.



En el proceso de cianuración el oro es incorporado a la solución formando un cianuro doble de oro y sodio, al agregar zinc al proceso el oro se precipita junto con la plata, y el zinc reemplaza a el oro en la solución, obteniéndose un cianuro doble de zinc y sodio.

Como el cianuro “se gasta” en la lixiviación de los metales preciosos y de otras sustancias, al final del proceso quedan soluciones “pobres”, con contenidos entre 0.2 – 0.3 gramos / litro de cianuro, estas soluciones no solamente contienen cianuro sino que adicionalmente poseen una adición de oro no precipitado las soluciones pobres con una concentración mil veces superior a los límites permisibles de descarga (2 ppm) son arrojadas a las fuentes de agua. Si la corriente receptora posee suficiente caudal, las soluciones de cianuro se diluyen rápidamente y es casi imposible registrar trazas de cianuro a unos 300 metros debajo de la descarga, si el caudal de la fuente no es lo suficientemente alto para diluir la solución, las sales descienden acabando con toda forma de vida existente en ella.

El cianuro contenido en las fuentes receptoras es desnaturalizado en un periodo máximo de 72 horas, esto como consecuencia de la acción del oxígeno disuelto, los ácidos orgánicos y la luz ultravioleta. La molécula doble de cianuro de zinc y sodio se descompone así: el zinc entra como metal, el nitrógeno es liberado como gas y parte de este se acompleja con otros elementos, aumentando el nitrógeno disponible; nitrógeno que puede en cierta manera contribuir con los procesos de eutroficación en las diferentes ciénagas a donde llega.

**5.3.2.2. El Mercurio:** Por su gran afinidad física con el oro el mercurio se ha utilizado en la concentración de este metal desde tiempos más allá de 400 años a. de C. El mercurio posee una densidad de  $13.6 \text{ g/cm}^3$ , es el único metal que se presenta en estado líquido a temperaturas y presiones ordinarias y tiene un punto de ebullición de apenas  $357^\circ\text{C}$ .

El mercurio se encuentra en la naturaleza en estado nativo, pero su mayor presentación es en forma de un sulfuro llamado cinabrio (HgS). La tabla Nro. 5 muestra los compuestos más comunes disponibles en el medio ambiente.

El mercurio colocado en molinos, placas, trampas, canalones, bateas, jigs y otros elementos de concentración se amalgama con el oro y con la plata y en menores proporciones con otros metales. Una vez formada la amalgama esta se recoge y se procede a su quema liberando el mercurio en forma de vapor.

El mercurio ingresa al medio ambiente a través de tres acciones principales.

- Derrames involuntarios en los suelos o en las corrientes de agua.
- Por arrastre del flujo de agua de pepitas de amalgama, mercurio y minerales combinados con este.
- Por evaporación del mercurio durante la quema de la amalgama y por evaporación natural cuando el mercurio se halla en contacto con la atmósfera.

Al final de los canalones en donde se utiliza mercurio se pueden registrar medidas de 100 a 200 ppb y en las colas de los molinos de pisonos se encuentra valores hasta de 800 ppb (López Africano Pedro Ernesto. *Transferencia de Tecnologías Limpias en la recuperación de valores auríferos. 2001*) (recuérdese que el límite permisible es de 2 ppb), el mercurio

una vez en la corriente de agua o fuente receptora inicia su viaje adherido a partículas finas (lodos) y se desplaza por mecanismos de flotación y suspensión, otra parte viaja con la carga de fondo y una pequeña parte sufre un proceso de soterración debido a la mayor densidad del mercurio que la de las arenas.

Tabla Nro. 5. Presentación del mercurio en el medio ambiente

NOMBRE	FORMULA QUÍMICA
<b>Mercurio Metálico</b>	
Mercurio	Hg
Amalgamas de mercurio con oro, plata, cobre y zinc	Au - Hg, Ag - Hg, Cu - Hg, Zn - Hg
<b>Mercurio Inorgánico</b>	
Cloruro mercurioso	Cl <sub>2</sub> Hg <sub>2</sub>
Cloruro mercúrico	Cl <sub>2</sub> Hg
Sulfuro mercúrico (cinabrio)	S Hg
Nitrato mercúrico	(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Hg
Oxido mercúrico	O Hg
Bromuro mercúrico	Br <sub>2</sub> Hg
<b>Mercurio Orgánico</b>	
Etilmercurio	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Hg
Metilmercurio	C H <sub>3</sub> Hg
Dimetilmercurio	(C H <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Hg
Cloruro de metilmercurio	C H <sub>3</sub> Hg Cl
Fenilmercurio	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Hg

El mercurio directamente liberado por la quema de las amalgamas, es arrojado a la atmósfera en estado de vapor, parte pasa a los pulmones de las personas cercanas al sitio de quemado y el restante se licua y pasa a las corrientes de agua y a los suelos.

A diferencia del cianuro, el mercurio es un elemento estable y residual de difícil biodegradación; además, tiene la propiedad de penetrar en las cadenas tróficas y producir bioacumulación y biomagnificación. La presencia de mercurio en organismos vivientes es síntoma de contaminación y pasadas determinadas concentraciones conduce a serios trastornos de salud y de efectos negativos ambientales.

### 5.3. EL PRINCIPIO DE INSOSTENIBILIDAD DE LA MOJANA POR PRESENCIA DE MERCURIO

Es ilógico que mientras el hombre depende cada vez más del recurso hídrico (por su crecimiento demográfico), éste deteriora a través de sus actividades, en mayor cantidad esas fuentes. En la región de la Mojana como se explicó en varios de los anteriores

análisis, es insignificante la actividad minera; sin embargo, sus ecosistemas están altamente amenazados por la presencia de mercurio y otros metales pesados, lo cual representa un alto riesgo debido a su capacidad de bioacumulación y biomagnificación a través de la cadena trófica.

**5.3.1. El ciclo del Mercurio:** El mercurio se encuentra en la naturaleza en estado nativo y en forma de sulfuros (muy estables) y pasa a los diferentes ecosistemas en la medida que los agentes naturales actúa sobre las rocas y los libera; sin embargo, estos tipos de acumulación son muy lentos. El hombre a través de sus actividades industriales toma mercurio de la naturaleza y lo devuelve en forma libre o en muy diversos compuestos, compuestos que por lo general son de elevada toxicidad. Una vez en la naturaleza el mercurio antrópico es sometido a procesos de absorción, desorción, volatilización, difusión, hidrólisis, fotólisis, biodegradación, bioconcentración, bioacumulación y oxidación. En ningún momento el mercurio es eliminado, sino que cambia sus asociaciones y pasa rápidamente de forma estable a inestable y viceversa, este proceso junto con la adición continua del metal se presenta acumulación en todos los ordenes ambientales.

Un proceso conocido como metilación convierte al mercurio metálico en compuestos orgánicos de mercurio, compuestos que son letales para los seres vivos. La metilación se da por la acción de bacterias de manera natural en las capas superficiales de los sedimentos, en los sedimentos suspendidos y en el fondo de los cuerpos de agua e incluso en la atmósfera.

El metil mercurio es acumulado rápidamente por los seres vivos a través de las membranas biológicas, de una forma tan eficiente que nunca se ha detectado metil mercurio en agua filtrada. Los organismos degradan el metil mercurio a mercurio inorgánico con menor lentitud, y también, ese compuesto es excretado de forma más lenta.

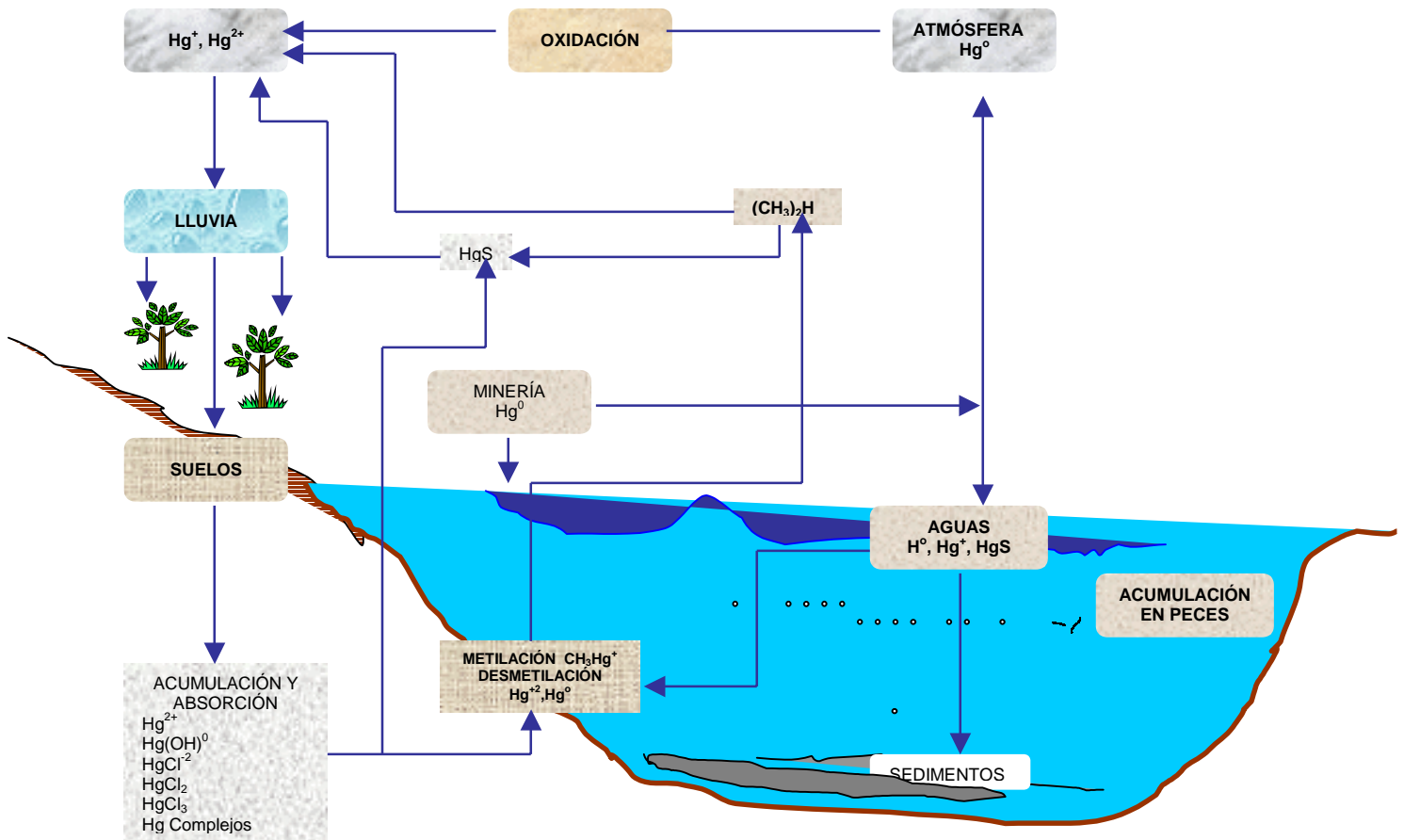
En los procesos mineros de metales preciosos la fracción importante a analizar es la del mercurio adicionado como "ligante", este mercurio entra al medio ambiente de forma líquida o de vapor como se explica en secciones anteriores, una vez en el medio ambiente es sometido a los diferentes procesos descritos. En términos generales se puede mostrar el ciclo del mercurio en la figura Nro. 1.

### **5.3.2. Comportamiento del mercurio en los ambientes acuáticos**

Las formas naturales predominantes del mercurio en el medio ambiente son el mercurio elemental ( $Hg^0$ ) y el ión mercúrico ( $Hg^{+2}$ ), adicionalmente el sulfuro de mercurio ( $HgS$ ), presente por lo general en suelos y sedimentos anaeróbicos.

Cuando el mercurio de origen minero (antropogénico) alcanza los sedimentos del fondo en aguas naturales, es sometido a los siguientes mecanismos:

- Adsorción en el óxido férrico hidratado
- Adsorción y/o intercambio iónico con las cargas terminales (iones) presentes en materiales arcillosos como la montmorillonita
- Adsorción y/o enlace químico con materia orgánica como turba y especialmente aquella que contiene azufre.



**Figura Nro. 1. Ciclo del Mercurio producido por la minería del Oro.**

La interacción entre los metales y algunos microorganismos involucran cambios en el estado de oxidación de los iones metálicos, es así como bacterias quimioautótrofas del hierro (*Thiobacillus ferrooxidans*), obtienen su energía a partir de la oxidación del ión ferroso a ión férrico. Algunas reducen compuestos de mercurio a mercurio elemental y otros lo oxidan.

El mercurio arrastrado a los cuerpos de agua de la región de la Mojana y provenientes de las actividades mineras se fija a la capa de humus del suelo en los sedimentos que están presentes en los sistemas acuáticos, en la medida que la materia orgánica se sedimenta en el fondo, el mercurio es adsorbido y su concentración en la columna de agua disminuye.

Los sedimentos hacia el fondo se tornan mas anaeróbicos y el mercurio precipitado pasa a sulfuro mercúrico ( $HgS$ ), como elemento estable, reduciendo la posibilidad de ser reintegrado a la columna de agua. En condiciones aeróbicas y cuando se reducen los niveles en las ciénagas el  $HgS$  se puede transformar en sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) que es más soluble, y el ión  $Hg^{+2}$  nuevamente se encuentra disponible para ser metilado, Bajo condiciones aeróbicas los compuestos inorgánicos del mercurio son metilados por los microorganismos de tipo anaerobio.

El mercurio en estas ciénagas es sometido a diferentes transformaciones químicas y biológicas, que involucra reacciones de metilación, desmetilación y reducción. La metilación que es la formación de compuestos orgánicos mercuriales, ocurre principalmente en la capa superior de los sedimentos (1 a 2 cm de espesor), dada la gran población bacteriana.

Las formas organometálicas del mercurio son más fácilmente acumuladas por la biota acuática, debido a la facilidad de difusión en sus membranas celulares y la afinidad de los compuestos con los lípidos corporales. El proceso de transformación a mercurio metálico por parte de los microorganismos es más rápido entre mayor sea la temperatura del agua.

Los materiales que forman sedimentos especialmente aquellos con gran área superficial, tienen alta capacidad de intercambio catiónico con las sustancias orgánicas, especialmente con los ácidos húmicos. Una baja concentración de materia orgánica puede causar un elevado gradiente en el intercambio o capacidad de reacción del sedimento, esta condición y la de niveles de agua variables durante las épocas de verano o invierno en las ciénagas, sumadas a los cambios de pH hacen prever que durante las épocas de verano debe existir mayor cantidad de mercurio biodisponible.

## 6. PROPUESTA DE PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR MERCURIO

### 6.1. DISCUSIÓN

El aporte del mercurio proveniente de las áreas mineras externas a la zona de la Mojana, evidencia una acumulación muy importante en sus sedimentos y una removilización constante a la columna del agua, esto trae como consecuencia una permanente biodisponibilidad que conduce a procesos de bioacumulación y biomagnificación, con sus consecuentes efectos negativos sobre los componentes ambientales. Adicionalmente la sedimentación de partículas muy finas ocurre en todo el espejo del agua, produciendo una concentración muy diseminada del elemento, salvo el mercurio que se deposita con arenas finas y limos es predecible su ubicación.

Los costos de las medidas de extracción y limpieza del mercurio en las ciénagas o su fijación por métodos químicos y físicos superaría en cientos de veces a las medidas de prevención de la llegada del mercurio al sistema cenagoso, por esto esta propuesta está orientada a la disminución de emisiones de sustancias tóxicas en las explotaciones de metales preciosos.

Para lograr disminuir los niveles de aportes de mercurio, sedimentos y otros contaminantes al área de la Mojana, se debe planificar el desarrollo del sector minero, pero dicho sector no se puede seguir manejando como una colcha de retazos con planes municipales y departamentales individuales, sino que por el contrario cada plan zonal, municipal y departamental debe ser articulado a uno regional, el cual a su vez debe estar enmarcado dentro de la política y planificación sectorial nacional.

Ya que la región norte (Antioquia, Córdoba, Bolívar y Caldas) produce cerca de 90% del oro nacional (19.565.000 gramos de oro por año) (*UMPE 2001*) y que en la misma medida tiene la participación de aportes de cargas contaminantes, es necesario tratarlos como un bloque (bloque norte) en la explotación de metales preciosos facilitando los lineamientos de intervención minero - ambiental. Llegó la hora de tomar decisiones muy importantes porque se está comprometiendo la sostenibilidad no solamente de las áreas mineras, sino del sistema cenagoso más importante del país y del cual dependen cientos de miles de personas.

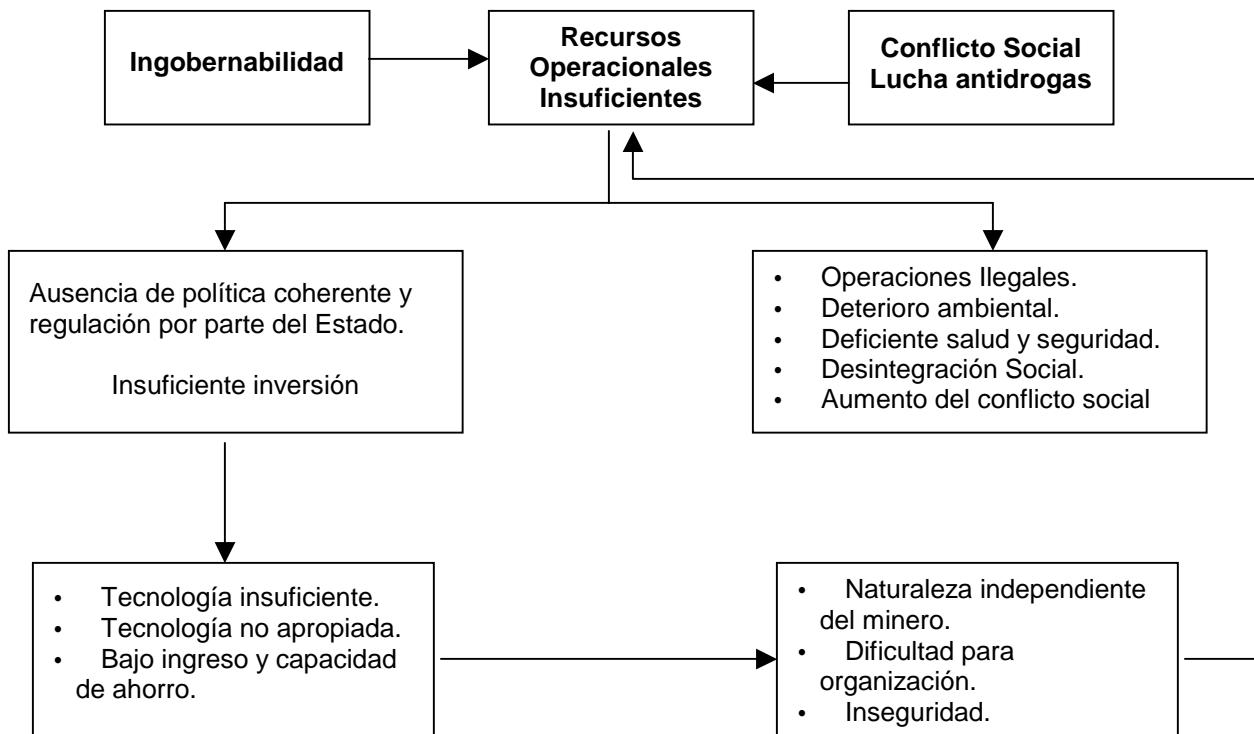
La planificación de este sector minero (bloque norte) debe incluir tres lineamientos fundamentales:

- **Instrumento Político:** Se deben desarrollar los instrumentos políticos que permitan la planificación de este sector minero como “región minera”, facilitando la intervención en legalización, desarrollo, control, fiscalización, vigilancia e inversión; corrigiendo el problema de ingobernabilidad y la falta de estado en las zonas mineras.

- **Explotación:** Los programas dirigidos al mejoramiento de la parte técnica y tecnológicas apoyadas por el Fondo Nacional de Regalías, MINERCOL, INGEOMINAS y el Ministerio de Minas y Energía, deben ser planificados para que los explotadores reciban en forma más directa sus beneficios y en contraprestación el minero pueda mejorar sus explotaciones. Se debe crear un incentivo minero (redescontable al pago de regalías) para la inversión en técnicas y tecnologías apropiadas.
- **Descontaminación:** La identificación de prioridades en prevención y remediación ambiental deben linearse y dirigir los recursos económicos de estos tipos de Proyectos a esas necesidades identificadas y planificadas; además, la inversión debe ser coherente con los resultados esperados.

## 6.2. EL CICLO NEGATIVO DEL PROBLEMA

La identificación de estrategias y alternativas de intervención, serán el resultado del análisis de las variables que inhiben, retarda o no incentiva la Producción Competitiva y Limpia (sostenible). La Figura Nro. 2. representa una aproximación del ciclo negativo del problema para la minería.



**Gráfica Nro. 2. Ciclo negativo del problema para la minería**

### 6.3. ESCENARIOS

El programa de prevención de contaminación por mercurio y metales pesados en la Mojana y para el cual se requiere inversión en minería sostenible en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba y Caldas (de acuerdo con la producción nacional). contempla los siguientes escenarios:

**6.3.1. Escenario a corto plazo o mitigación ambiental (5 años):** Está orientada a la organización del sector minero, a su planificación y a la promoción de tecnologías limpias que minimicen los efectos ambientales y mejoren la competitividad del sector, en esta etapa es necesario realizar las siguientes actividades:

- Planificación minero – ambiental para la zona norte del país.
- Introducción de tecnologías apropiadas.
- Minimización de efectos ambientales.
- Mejoramiento de la competitividad.
- Preparación de escenarios para el cambio tecnológico.
- Legalización minero – ambiental.
- Control y monitoreo

**6.3.2. Escenarios a mediano plazo (remediación):** Se continúa con algunas de las actividades del anterior escenario y se refuerza a partir de sus resultados, en este periodo es preciso realizar:

- Eliminación del mercurio en todos los procesos abiertos mineros (por norma y por técnica).
- Mejoramiento de la infraestructura y equipamiento social de las áreas mineras.
- Remediación ambiental en las áreas degradadas y/o abandonadas.
- Capacitación y asistencia técnica
- Control y vigilancia.

**6.3.3. Escenario a largo plazo (15 años. Nuevas Alternativas de Vida):** El agotamiento de los depósitos especialmente los de tipo aluvial con los ritmos actuales de explotación y las reservas proyectadas para esta región, tiene una vida útil entre 8 y 12 años (depósitos con más de 250 mg/m<sup>3</sup> de tenor), lo cual conducirá a una drástica reducción de la actividad minera en los rangos 1 y 2 con la consecuente desocupación de mano de obra, por lo cual, esa fuerza laboral debe ser reubicada y el país debe ir construyendo los escenarios apropiados. En este periodo se debe enfocar los esfuerzos

- Creación de nuevas opciones de vida.
- Mejoramiento de la infraestructura y equipamiento social de las áreas.
- Remediación ambiental en áreas degradadas y/o abandonadas.
- Control y vigilancia.

### 6.4. ALCANCE DE LA PROPUESTA

Esta propuesta pretende identificar acciones y valorarlos para los próximos 15 años; sin embargo no analizaremos lo referente a las nuevas opciones de vida dado la complejidad



del problema y la no aportación en la reducción de contaminación sobre el área de la Mojana, esto debe ser tratado prioritariamente en las propuestas de planificación de las regiones mineras.

## 6.5. LAS ESTRATEGIAS

Se deben de seguir dos caminos así:

- **Prevención de la contaminación por metales pesados:** Orientados en las zonas mineras, fuentes de la contaminación.
- **Remediación en la Mojana:** Se deben realizar los estudios pertinentes para remediar el problema de la contaminación en áreas específicas cuya concentración de mercurio sea focalizado y donde la técnica, la tecnología y los recursos económicos los permitan.

Las estrategias entonces deben contemplar:

1. **Actividades de construcción y dotación de Centros Mineros:** Es una estrategia de corto plazo y permite tener la infraestructura y la tecnología adecuada para la implementación de todos los programas.
2. **Actividades de elaboración de estudios base:** Comprende los estudios de planificación minero – ambiental de la región, los estudios geológicos, mineros, ambientales y sociales para inversión en áreas y por sectores, es una tarea especialmente a corto plazo e inclusive a mediano plazo.
3. **Actividades de capacitación:** Son actividades a corto, mediano y largo plazo; sin embargo, su orientación inicial debe ser a corto plazo pero con resultados a mediano y largo plazo.
4. **Actividades en procesos de mitigación ambiental:** Deben ser planificadas para los primeros cinco años, y tienden a multiplicar procesos de prevención y mitigación ambiental en los Proyectos mineros establecidos o por establecer. A partir del quinto año esta actividad debe ser más de acompañamiento que de ejecución.
5. **Actividades de introducción de tecnologías apropiadas:** Las tecnologías apropiadas inducen a la minimización de cargas contaminantes y al mejoramiento de la productividad minera, debe ser introducidas en los primeros cinco años y preparar el camino para el cambio de procesos a partir del quinto año.
6. **Actividades de legalización minera – ambiental:** Es una actividad de corto plazo que permita la integración de áreas mineras y su legalización a nivel minero y ambiental.

7. **Actividades de organización y fortalecimiento minero:** El contar con organizaciones asociativas en los diferentes núcleos mineros permitirá a futuro la participación comunitaria dentro de los procesos de planificación minera y ambiental y su participación en la toma de decisiones y en la ejecución de los Proyectos; por eso es necesario crear, fortalecer y acompañar a las asociaciones y cooperativas mineras. Las inversiones deben ser orientadas con prioridad a corto plazo y de acompañamiento a mediano y largo plazo.
8. **Actividades de control y vigilancia:** Se deben programar acciones de monitoreo, control y vigilancia en las explotaciones mineras para verificar el cumplimiento de los lineamientos ambientales y sus estados legales; además de realizar muestreos sistemáticos en los diferentes componentes ambientales que permitan vislumbrar si los procesos están arrojando los resultados correctos o replanificar algunas actividades, ésta acción es de carácter permanente.
9. **Actividades de recuperación, conservación y administración de zonas degradadas por minería:** Uno de los pasivos ambientales más grandes legados por la minería informal e incluso por la minería legalizada, es la destrucción a todo nivel de las áreas de explotación, el estado debe recuperar esas zonas para ingresarlas a la vida productiva, ésta actividad es de mediano y largo plazo.

## 6.6. PROYECTOS

De acuerdo con las necesidades identificadas y las estrategias a emplear se recomienda la propuesta de "Prevención y manejo de la contaminación por mercurio en la región de la Mojana", sea desarrollada de acuerdo con tres proyectos así:

- Gestión minero - ambiental.
- Prevención de contaminación por metales pesados.
- Remediación ambiental.

A su vez cada Proyecto está integrado por las actividades a desarrollar y por la inversión a ejecutar, por esta razón los Proyectos se subdividen en sub proyectos. La tabla Nro. 6 resume la planeación de los Proyectos.

## 6.7. SUB PROYECTOS

Los sub proyectos se identificaron con base en las actividades a ejecutar y su formulación está a nivel de perfil. A continuación se presenta el desglose de cada uno de los sub proyectos así

Tabla, 6. Planeación de Proyectos

<b>PREVENCIÓN Y MANEJO DE LA CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN LA REGIÓN DE LA MOJANA</b>		
<b>PROYECTO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>SUB PROYECTO</b>
<b>GESTIÓN MINERO - AMBIENTAL.</b>	Actividades de elaboración de estudios base	Elaboración de estudios base
	Actividades de organización y fortalecimiento minero	Fortalecimiento de la organización minera y desarrollo de la participación comunitaria.
	Actividades de control y vigilancia	Monitoreo, control y vigilancia en las zonas mineras y sus áreas de influencia.
<b>PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS</b>	Actividades de construcción y dotación de Centros Mineros	Construcción y dotación de Centros Mineros – Ambientales. Región Aurífera del Norte
	Actividades de capacitación	Programa de Capacitación Minero – Ambiental
	Actividades de introducción de tecnologías apropiadas	Promoción e Introducción de Técnicas y Tecnologías Limpias
	Actividades de Asistencia Técnica	Asistencia técnica en procesos ambientales y mineros
<b>REMEDIACIÓN AMBIENTAL</b>	Actividades en procesos de mitigación ambiental	Conservación y administración de zonas degradadas por minería
	Actividades de recuperación, conservación y administración de zonas degradadas por minería	Descontaminación por mercurio en zonas focalizadas de la región de la Mojana

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Elaboración de estudios base

### **ANTECEDENTES**

La formulación, gestión y ejecución de Proyectos minero – ambientales en la región norte, no obedece a una política clara y articulada de planificación sectorial, ni mucho menos a planes de ordenamiento minero – ambiental que tenga caracterizados los problemas, identificadas las soluciones y priorizadas las actividades y su inversión; más bien, la inversión estatal realizada obedece a simple gestión institucional individual. Es necesario contar con los lineamientos de “Región minera” y con los estudios soporte para la inversión en los diferentes sub proyectos.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA POR RESOLVER CON LOS CONFLICTOS**

La repetición de Proyectos similares por diferentes entidades en una misma región, la pérdida de memorias institucionales, los diagnósticos y documentos propuesta de “Anaquel”, han producido pérdidas económicas de recursos que deberían estar solucionando el problema, por esto se busca elaborar las bases de datos necesarias para realizar proyección e inversión y además contar con los modelos de planificación minera y ambiental de la región.

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Contar con los lineamientos políticos y la información técnica necesaria para ejecutar los diferentes subprogramas.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el plan de ordenamiento minero – ambiental para explotación de metales preciosos en la región norte de Colombia.
- Realizar estudios base en geología, minería y metalurgia de los yacimientos.
- Realizar los estudios base en contaminación y recursos naturales.
- Recopilar y analizar la información existente.
- Crear las bases de datos.
- Crear y manejar un SIG para minería y medio ambiente.

### **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

Se debe realizar un documento de planificación minera y ambiental de la zona norte que sea la guía principal del Proyecto; adicionalmente es necesario realizar por lo menos dos estudios base (minero, geológico, ambiental, socioeconómico) por cada Centro Minero – Ambiental para un total de 12 estudios por año.

## **PRODUCTOS Y MERCADO**

En este Proyecto se pretende identificar las necesidades de inversión, establecer los lineamientos de ejecución, planificar el desarrollo regional minero, planificar las actividades ambientales y preparar al sector minero para acometer la introducción de una minería sostenible. La planificación minera y ambiental debe estar preparada en los dos primeros años del Programa y los estudios base en los primeros diez años, el total del estudio base será de 120.

## **TECNOLOGÍA**

La planificación minero – ambiental para explotación de metales preciosos en la zona norte, será el cable conductor del proceso y los estudios bases será el desarrollo puntual de lo programado.

Los estudios deben pretender ser los soportes técnicos de las diferentes actividades por ejecutar y que tienen como finalidad establecer sistemas limpios en la explotación y beneficio de los metales preciosos, por lo tanto para su realización es necesario contar con las tecnologías de estudio para estos casos como teledetección y análisis de imágenes y sensores remotos, medios geoquímicos, mineralógicos y mineralúrgicos, por técnicas modernas, ensayos y laboratorios de tecnología de punta.

## **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental de el Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

## **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Se busca la participación de los Ministerios del Medio Ambiente y de Minas y Energía, las Corporaciones Autónomas Regionales y los entes territoriales, con una participación activa de las comunidades mineras.

## **ASPECTOS ECONÓMICO COSTO / BENEFICIO**

La inversión total del Proyecto durante los diez años de ejecución será de 4.500 millones (U\$ 1.6 millones) distribuidos así: 1.500 millones (U\$ 535.000) para los estudios y propuesta de planificación de la región norte y 3.000 millones (U\$ 1.07 millones) para los estudios base.

Los beneficios obtenidos son de tipo técnico, pues permiten linear las inversiones y planificar el futuro de la región desde los puntos mineros y ambientales.

Sus efectos se podrán medir en los recursos no ejecutados a través de Proyectos sueltos y sin respaldo que pocos resultados en el orden minero y ambiental producen.

**ASPECTOS FINANCIEROS**

Dado el poco interés que sobre la comunidad minera, sobre los explotadores y sobre los entes territoriales despierta este tipo de iniciativas se propone la siguiente financiación:

Ministerio del Medio Ambiente	: U\$ 640.000	40%
Ministerio de Minas y Energía	: U\$ 640.000	40%
Corporaciones Autónomas Regionales	: U\$ 320.000	20%

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Fortalecimiento de la organización minera y desarrollo de la participación comunitaria.

## **ANTECEDENTES**

La Ley 685 del 2001 prevé el desarrollo de proyectos mineros especiales, los desarrollos comunitarios y las asociaciones comunitarias de mineros, con el fin de vincular al productor al desarrollo de la actividad minera y la preservación de los recursos naturales. De igual manera dentro de la Ley 99 de 1.993, se contempla que las acciones para la protección y recuperación ambiental del país es una tarea conjunta entre el estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado.

En la región norte del país existe varias organizaciones mineras (cooperativas y asociaciones), pero su participación en el sector minero es débil, por lo tanto se requiere de incentivar el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias existentes, y procurar la creación de nuevas asociaciones y cooperativas que colaboren en la ejecución de las metas trazadas en el Proyecto.

## **PLANTEAMIENTOS DEL PROBLEMA A RESOLVER**

Baja participación ciudadana en los Proyectos de desarrollo minero y en Proyectos de tipo ambiental asociadas a las explotaciones, debilidad estructural de las cooperativas y asociaciones existentes, poca creación de procesos de autogestión por parte de las organizaciones mineras y sus asociados, poca capacitación en temas de participación comunitaria, liderazgo y organización comunitaria.

Se pretende vincular a los explotadores de una forma organizada en la autogestión del aprovechamiento racional de los recursos naturales.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Promover y desarrollar la participación de los explotadores de metales preciosos de una forma organizada en la ejecución de Proyectos de minería Competitiva y Limpia.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Fortalecer las asociaciones y cooperativas mineras existentes.
- Crear nuevos grupos organizados en diferentes provincias mineras.
- Acompañar los procesos de participación comunitaria y ciudadana en la autogestión y el desarrollo de Proyectos ambientales y mineros.
- Generar procesos de capacitación en temas de organización y participación ciudadana.

## **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE LOS PROYECTOS**

Con esta actividad se pretende llegar a los sectores de concentración de explotaciones en donde existan grupos organizados o en donde se necesite la creación para que permite la organización de los explotadores y su participación en el desarrollo de los Proyectos.

## **PRODUCTOS Y MERCADO**

El desarrollo del programa de fortalecimiento de organizaciones mineras, es sin duda punta de lanza en la ejecución de Proyectos, porque el estado exige la organización del gremio y porque permite acceder rápidamente a los explotadores asociados.

Como producto final se espera generar los procesos internos del gremio minero en la autogestión y la auto regulación para el aprovechamiento de los recursos naturales, para ello es necesario fortalecer 25 asociaciones y cooperativas mineras y crear otras 20 organizaciones, las cuales aglutinarán por lo menos a 4.500 explotadores. Estos asociados serán capacitados en participación comunitaria y las organizaciones serán integradas al desarrollo del Proyecto de Producción Competitiva y Limpia.

## **TECNOLOGÍA**

Se utilizarán las experiencias exitosas en el fortalecimiento y la organización minera, partiendo de la confianza generada por el gremio explotador a través de la interrelación existente con los Centros Mineros - Ambientales.

Se debe acompañar permanentemente a las organizaciones mineras en su legalización, gestión y ejecución de sus iniciativas de promoción en la participación comunitaria de los Proyectos relacionados con el desarrollo de la actividad minera y el manejo sostenible de los recursos naturales.

## **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental del Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

## **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Debe existir participación nacional en la ejecución de este sub proyecto, pero la máxima expresión de interés y de esfuerzo debe ser de las instituciones de nivel regional y local, que permitan integrar a los explotadores con las comunidades asentadas en la región y las autoridades de la zona.

Por eso es necesario la vinculación del SENA, CAR's, Umatas, Secretarías de Educación locales y departamentales, y las instituciones de nivel central como el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio del Medio Ambiente.



### **ASPECTOS ECONÓMICOS / BENEFICIOS / COSTOS**

Los costos se calculan sobre las necesidades para el acompañamiento en organización y fortalecimiento de 45 organizaciones mineras, la realización de 10 talleres anuales y la capacitación no formal en autogestión, desarrollo y participación comunitaria, en formación y fortalecimiento de grupos nucleados, liderazgo, entre otros.

La creación y puesta en funcionamiento de las 20 nuevas organizaciones mineras, debe desarrollarse en los primeros tres años del Proyecto a un costo de \$ 800 millones de pesos, el acompañamiento y fortalecimiento de las 45 asociaciones durante los diez primeros años tendrá un valor de \$2.500 millones y la realización de 150 eventos durante los quince años tendrá un costo de \$1.500 millones. El total del Proyecto asciende a \$4.800 millones (U\$ 1.715.000), ejecutados en los quince años del programa.

### **ASPECTOS FINANCIEROS**

Las CAR's y las unidades territoriales deben asumir gran parte de los costos acarreados de esta actividad, ya que ellas reciben parte de los beneficios económicos generados en la actividad de explotación, y porque además, la repercusión del programa se dará en los territorios de sus jurisdicciones. Se propone la siguiente financiación.

Ministerio del Medio Ambiente	U\$ 171.500	10%
Ministerio de Minas y Energía	U\$ 514.500	30%
Corporaciones Autónomas Regionales	U\$ 514.500	30%
Entidades Territoriales	U\$ 343.000	20%
Gremios mineros	U\$ 171.500	10%
Total	U\$ 1.715.000	

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Monitoreo, control y vigilancia en las zonas mineras del norte y sus áreas de influencia.

## **ANTECEDENTES**

El monitoreo, control y vigilancia de las zonas de explotación aurífera desde el punto minero y ambiental es una clara falencia de la actuación del estado. Las consecuencias saltan a la vista: Un sector minero altamente informal e ilegal, un muy bajo índice de competitividad y una asociación de graves problemas de contaminación y enormes pasivos ambientales.

A través de estudios no articulados se tienen registros de mediciones ambientales puntuales de sectores y de cuencas, que de alguna u otra manera se pueden utilizar para proyectar las medidas de prevención y corrección ambiental.

La debilidad en el accionar de las CAR's y del Ministerio de Minas y Energía frente al control y la vigilancia de las zonas de explotación, debe ser analizada y corregida, y proceder a tomar las medidas pertinentes que permitan monitorear el estado de las zonas, es por esto que se hace necesario elevar a nivel de sub proyecto la actividad de control, monitoreo y vigilancia minero – ambiental.

## **PLANTEAMIENTOS DEL PROBLEMA A RESOLVER:**

Muy poca o nula presencia permanente en las zonas mineras por parte del Ministerio de Minas y Energía y las CAR's, baja posibilidad operativa de los organismos del estado, estudios desarticulados y puntuales, evaluaciones precarias por aportes de contaminantes y sus consecuencias sobre el medio ambiente, baja vigilancia sobre las explotaciones y sobre los recursos utilizados, buen ambiente para promover la ilegalidad, la informalidad, el desconocimiento y la contaminación.

Con este Proyecto se pretende establecer un programa de monitoreo, control y vigilancia en las zonas mineras que corrija las debilidades estructurales actuales.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Establecer un sistema permanente de monitoreo, control y vigilancia sobre las zonas mineras para dimensionar la actividad, sus repercusiones sobre el medio ambiente y sentar las bases de su desarrollo planificado.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Establecer censos de explotación y localización de las minas.
- Dimensionar la actividad minera.
- Obtener datos consolidados del estado legal y el estado ambiental.
- Desarrollar mecanismos de alerta sobre contaminación.
- Tener herramientas de juicio para la aprobación o suspensión de actividades mineras.
- Realizar el seguimiento sobre las fuentes hídricas.
- Monitorear la afectación sobre la salud pública.
- Suministrar la información necesaria para promover la sostenibilidad y competitividad del sector.

### **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

El monitoreo, control y vigilancia desde el punto de vista minero, debe ser ejecutado por el Ministerio de Minas y Energía y la componente ambiental por las CAR's y el Ministerio del Medio Ambiente.

Desde los Centro Mineros – Ambientales se planificaría y ejecutaría las acciones pertinentes de monitoreo, control y vigilancia de las zonas mineras para lo cual se establece un plan de acción que cubra los departamentos de Caldas, Bolívar, Antioquia y Córdoba y abarque por lo menos 10.000 explotaciones. Adicionalmente se realizaran los monitoreos sobre suelos y aguas en las cuencas del Magdalena, Cauca y San Jorge.

### **PRODUCTOS Y MERCADO**

Es necesario la realización de 10.000 visitas entre fiscalización y vigilancia, de la realización de 4.500 ensayos de aguas y suelos (determinación de sus características y sus grados de contaminación), de la creación de bancos de datos y de su actualización permanente. El producto final es la generación de información confiable como herramienta en la toma de decisiones para la planificación del sector, su regulación y las proyecciones de inversión.

### **TECNOLOGÍA**

El objetivo primordial del monitoreo, control y vigilancia es la generación de datos e información como herramienta de intervención en el sector minero, por ende se debe utilizar las técnicas y tecnologías acordes para tal propósito que conduzcan a la obtención de dicha información de una forma concisa y confiable.

Para lograrlo se utilizará la infraestructura y tecnología existente en los Centro Minero – Ambientales y se complementará con la colaboración de centros especializados en las Universidades, las CAR's y los Ministerios entre otros.

### **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental del Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

### **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Se hace necesario la participación articulada del Ministerio del Medio Ambiente, del Ministerio de Minas y Energía, las CAR's y como instituciones de apoyo los entes territoriales y los gremios mineros.

### **ASPECTOS ECONÓMICOS / COSTO / BENEFICIO**

El monitoreo, control y vigilancia sobre las zonas mineras y la afectación de los recursos naturales, permite evaluar el estado real de la actividad, la repercusión en las regiones y proyectar los correctivos necesarios.

La inversión se deberá orientar a la realización de 10.000 visitas de fiscalización y vigilancia con un costo de \$2.000 millones, a la toma y análisis de 4.500 ensayos con muestras ambientales a un costo de \$650 millones, al establecimiento de las bases de datos y su actualización por \$400 millones, para un total de \$3.050 millones (U\$1.008.800) distribuidos en los próximos quince años.

### **ASPECTOS FINANCIEROS:**

Los procesos de fiscalización y vigilancia son de responsabilidad estatal, concomitantes con una política no intervencionista y que se deben realizar con cargos a las tasas e impuestos generados en la misma actividad, por eso se propone un marco de financiación así:

Ministerio del Medio Ambiente	: U\$ 216.000	20%
Ministerio de Minas y Energía	: U\$ 324.000	30%
Corporaciones Autónomas Regionales	: U\$ 432.000	40%
Entidades Territoriales	: U\$ 108.000	10%
Total	: U\$ 1.080.000	

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Construcción y dotación de Centros Mineros – Ambientales. Región Aurífera del Norte.

## **ANTECEDENTES**

Los Centros Mineros – Ambientales (CMA), son unidades de infraestructura de logística, de técnica y de tecnología más importantes para desarrollar el programa de prevención de contaminación por mercurio en la zona de la Mojana. Los CMA han sido herramientas probadas con éxito en el sur occidente colombiano dentro del Proyecto **“Hacia una producción más limpia en la minería. Programa para minimizar la contaminación generada por la minería en el sur occidente colombiano”**. Ejecutado por el SINA – Ministerio del Medio Ambiente – GTZ. Adicionalmente las unidades mineras de MINERCOL en el departamento de Bolívar (Santa Rosa del Sur, San Martín de Loba y Montecristo) están siendo acondicionados para tal fin.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA POR RESOLVER CON LOS PROYECTOS**

Las limitantes económicas, técnicas y tecnológicas, impiden a las CAR´s y a las entidades mineras brindar soluciones al problema de contaminación y ejercer sus funciones de control, vigilancia, fiscalización y monitoreo. Estas unidades ponen al alcance, las tecnologías y el recurso humano para desarrollar las actividades propuestas.

## **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **OBJETIVO GENERAL**

Proveer a las CAR´s en la zona del Proyecto, los medios adecuados para investigar, desarrollar, adoptar, evaluar, difundir técnicas y tecnologías de Producción Limpia, lo mismo que le permita realizar las actividades de monitoreo, control y vigilancia ambiental.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Construir la infraestructura necesaria.
- Dotar con tecnologías adecuadas a las CAR´s.
- Involucrar a la comunidad minera en el proceso.
- Involucrar a las entidades ambientales y mineras en el proceso.

**LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

Es necesario la construcción y dotación de cuatro CMA para completar una red de siete (junto a los de Bolívar localizados en Santa Rosa del Sur, San Martín de Loba y Montecristo). Los nuevo CMA estarían ubicados así:

- Antioquia: Uno en Segovia, uno en Cauca
- Córdoba: Por identificar
- Caldas: Uno en Marmato.

### **PRODUCTOS Y MERCADO**

Los CMA, producen servicios de investigación y adaptación de tecnologías. Servicios de laboratorio ambiental, servicios metalúrgicos y de beneficio, servicios de ingeniería, y servicios para monitoreo y control. Así mismo se convierten en las unidades para la ejecución de todas las estrategias del programa de prevención de contaminación. La información y los servicios producidos van para las instituciones asociadas, otras instituciones de diferente nivel y los usuarios mineros.

### **TECNOLOGÍA**

Es necesario la construcción y dotación de las siguientes áreas: sala de capacitación, sala de ingeniería, laboratorio ambiental, laboratorio tecnológico; con tecnologías de punta capaces de sustentar los servicios a prestar.

### **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental del Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

### **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

El Proyecto debe integrar al Ministerio del Medio Ambiente, al Ministerio de Minas y Energía (con sus entidades adscritas a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's), a las entidades territoriales del orden departamental y municipal, a las cooperativas y asociaciones mineras, a los explotadores de metales preciosos y a la Cooperación Técnica Internacional.

### **ASPECTOS ECONÓMICO COSTO / BENEFICIO**

Las inversiones necesarias para la ejecución de este Proyecto ascienden a \$4.650 millones (Us 1.660.000) de los cuales \$2.400 millones (U\$ 857.000) corresponde a la infraestructura y dotación y \$2.250 millones (U\$ 803.000) a operación, mantenimiento e insumos.

Los beneficios se derivan de la obtención de la infraestructura construida, de las tecnologías adquiridas y de los servicios prestados.

Las inversiones en infraestructura y dotación se ejecutaría en los dos primeros años y la operación de los CMA en los quince años proyectados.

**ASPECTOS FINANCIEROS**

Dado que el Proyecto sería financiado por un conjunto de entidades se propone la siguiente financiación:

Ministerio del Medio Ambiente	: U\$ 830.000	50%
Ministerio de Minas y Energía	: U\$ 332.000	20%
Corporaciones Autónomas Regionales	: U\$ 332.000	20%
Entes territoriales	: U\$ 116.200	7%
Gremio Minero	: U\$ 49.800	3%
Tota	: U\$ 1.660.000	



## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Programa de Capacitación Minero – Ambiental

### **ANTECEDENTES**

La capacitación a nivel minero y ambiental es otra línea de financiamiento permanente por parte del gobierno central, especialmente con dineros girados por el Fondo Nacional de Regalías. Capacitar no es la realización de talleres magistrales en temas que por lo general no tienen asidero práctico, sino formar personas capaces de pensar y ejecutar sus acciones.

La capacitación se ha ejecutado de manera fugaz y puntual, sin claros lineamientos, ni objetivos específicos ni programados, más al azar que sobre un plan general. Los resultados no son los mejores y prueba de ello es el estado antitécnico y contaminante de la minería de los metales preciosos, otro gran problema es que los capacitadores no están capacitados para asumir temas de complejidad técnica y/o ambiental y se limitan a consideraciones generales que en poco o nada benefician al minero, a su productividad y a su control ambiental

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Formar talento humano con competencia en aspectos técnicos, administrativos, legales, empresariales y ambientales de los procesos involucrados en el desarrollo de la minería de los metales preciosos, como elemento indispensable en la complejidad y en la autorregulación del aprovechamiento de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Preparar a técnicos institucionales en el manejo integral de la minería y el medio ambiente, para que estén en capacidad de apropiar y ejecutar programas de Producción Limpia.
- Promover y facilitar la transferencia, el incremento científico y técnico de los aspectos mineros y ambientales a los pobladores y explotadores del área.
- Fortalecer institucionalmente a las CAR´s.
- Establecer nuevos lazos de comunicación entre la comunidad minera y el estado.
- Crear nueva visión en la oportunidad de trabajo y desarrollo de la región.
- Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes.

### **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

Desde los siete Centros Minero – Ambientales se espera capacitar a por lo menos 35.000 mineros en temas ambientales, mineros, legales, empresariales y administrativos y a por lo menos 500 funcionarios públicos (de las CAR's, entes territoriales, empresas de servicio público, otras).

Para cumplir con estos objetivos es necesario la realización de eventos de capacitación en los Centro Minero – Ambientales y eventos de capacitación en las minas.

Al igual que la asistencia técnica, la capacitación debe ser más intensa en los cinco primeros años e ir disminuyendo gradualmente, esto como resultado de la integración de áreas mineras y del descenso de la actividad como producto de agotamiento de reservas.

Se propone efectuar seis eventos por Centro por cada año para mineros y tres eventos por Centro por año para los funcionarios, y 100 charlas / Centro / año en las minas, en los primeros cinco años, para el periodo comprendido entre el año 5 y 15, 3 eventos / Centro / año para mineros, 2 eventos / Centro / año para funcionarios y 50 charlas.

### **PRODUCTOS Y MERCADO**

Se espera realizar durante los quince años del Proyecto un total de 360 eventos para mineros, 210 para funcionarios públicos, 6.000 charlas en las minas. Una población atendida de 35.000 mineros y 3.500 frentes de trabajo.

La población objeto está dentro de los funcionarios públicos, los explotadores mineros y la comunidad minera.

### **TECNOLOGÍA**

Se contará con la tecnología que esté a disposición en los Centros Minero – Ambientales y con los paquetes de capacitación existentes para el sector de los metales preciosos; adicionalmente, se prevé que algunos de los eventos de capacitación sea de intercambio práctico entre Distritos Mineros, permitiendo que algunos mineros aprendan sobre procesos productivos limpios y mejorados y se conviertan en elementos multiplicadores para sus zonas mineras.

La educación en los aspectos considerados; adicionalmente pretende modificar la actitud individual del minero y el poco valor concedido a los elementos naturales y a su entorno, de lo contrario la persistencia de la cultura puramente extractiva no permitirá cumplir con los objetivos trazados.

### **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental de el Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

### **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Participa el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Minas y Energía, las CAR's , el SENA y los explotadores y comunidad minera, adicionalmente los entes territoriales que reciben regalías por concepto de explotación de metales preciosos.

### **ASPECTOS ECONÓMICO COSTO / BENEFICIO**

Es otro aspecto en los cuales los mineros están dispuestos a recibir, pero que no apoyan económicamente; sin embargo, es una estrategia fundamental en el cambio de mentalidad de los explotadores y en el cambio y mejoramiento de procesos, en principio se proyecta una inversión de 3.400 millones (U\$1.200.000) para ejecución de eventos y 1.200 millones (U\$340.000) en charlas en los frentes de explotación, para un total de 4.620 millones (U\$1.840.000).

Los beneficios solo podrá se medibles con sus efectos en la protección y conservación de los recursos naturales, el menor uso de prácticas y tecnologías no apropiadas en el aumento de la productividad y en la menor generación de contaminantes y el mayor aprovechamiento de la energía.

### **ASPECTOS FINANCIEROS**

Si bien es cierto que los mineros no aportarán económicamente al Proyecto, hay que reconocer los costos que ellos incluyen por el transporte, manutención y alojamiento para asistir a los talleres, lo mismo que el tiempo dejado de laborar.

Por lo anterior se propone la siguiente financiación:

Ministerio del Medio Ambiente	: U\$ 368.000	20%
Ministerio de Minas y Energía	: U\$ 552.000	30%
Corporaciones Autónomas Regionales	: U\$ 368.000	20%
SENA	: U\$ 368.000	20%
Entes territoriales	: U\$ 184.000	10%
Total	: U\$ 1.840.000	

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Promoción e Introducción de Técnicas y Tecnologías Limpias.

### **ANTECEDENTES**

El cambio de procesos contaminantes en las actividades extractivas y de beneficio de los minerales auríferos, necesariamente exige, la adaptación, promoción e introducción de tecnologías limpias. Como es bien sabido ni la técnica ni la tecnología empleada en las explotaciones mineras en el norte de Colombia y en el país en general, ha sido la adecuada y sus resultados negativos son observables en las regiones mineras y aún en ecosistemas lejanos tal y como es el caso de la Mojana.

Este Proyecto debe procurar en los primeros cinco años introducir tecnologías probadas y que eliminen la adición de contaminantes en más del 70% y preparar el camino para que se introduzcan tecnologías en los siguientes diez años, con cero uso del mercurio en sistemas abiertos y el uso de técnicas que conduzcan a la minería en un sendero de sostenibilidad.

La promoción e introducción de este tipo de tecnologías se ha probado en otras regiones con resultados muy satisfactorios tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A RESOLVER CON EL PROYECTO**

Falta de conocimiento de las tecnologías, la no disponibilidad en los mercados de los sistemas, la no apropiación de las tecnologías, la cultura inmediatista del minero, la permisibilidad del uso de sustancias altamente tóxicas, permiten la depredación de los recursos geomineros y del medio ambiente.

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Adoptar, promocionar e introducir tecnologías apropiadas en la explotación de los metales preciosos, que proporcionen aumentos en la productividad y sean amigables con el medio ambiente.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Introducir el uso de las retortas en todas las explotaciones de rango 1, 2 y 3 en donde se utilice la quema de amalgamas.
- Introducir el uso de trampas cónicas de mercurio en todas las explotaciones mecanizadas de los rangos 1 y 2.
- Promocionar los sistemas de concentración gravimétrica.
- Promocionar los sistemas de cianuración por agitación.

- Promocionar los sistemas de molienda continua.
- Promocionar los sistemas de cementación en torres de Merri Crow.
- Promocionar la amalgamación en circuito cerrado.
- Implementar la neutralización de cianuro con peróxido de Hidrógeno, en todas las plantas de beneficio.
- Eliminar el uso de mercurio en sistemas abiertos.

### **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

Con respecto a la introducción de las retortas se alcanza un total de 3.500 unidades de producción o minas (aluvión y filón) en donde se utiliza la quema de amalgama. Se instalarán 3.500 trampas cónicas de mercurio; adicionalmente se montarán ocho unidades de producción con todos los sistemas de Producción Limpia que sirvan como elemento a ser reproducidas a nivel general. Las unidades de producción se pueden considerar como Proyectos demostrativos. Estas tecnologías promocionadas e introducidas deben ser ejecutadas durante los primeros cinco años.

A partir del año quinto se espera que no exista la utilización del mercurio en sistemas abiertos, esto se gestionará para que por norma se prohíba el uso del mercurio en sistema abierto y porque se habrá producido el cambio en los procesos mineros.

### **PRODUCTOS Y MERCADO**

Es consistente introducir a corto plazo la tecnología de mitigación y a mediano plazo la eliminación de mercurio en sistemas abiertos, se persigue eliminar del ciclo ambiental por lo menos unos 35 millones de gramos de mercurio anualmente, neutralizar unos 2.5 millones de metros cúbicos por año de soluciones cianuradas “pobres”, aumentar la productividad en por lo menos el 25% y se espera producir cambios tecnológicos en por lo menos 3.500 frentes de explotación.

### **TECNOLOGÍA**

A través de la Agencia de Cooperación Técnica del Gobierno Alemán GTZ/CIM, junto con el Ministerio del Medio Ambiente y algunas CAR's del sur occidente del país, se han desarrollado y probado tecnologías apropiadas para este objetivo; además, se cuenta con los paquetes tecnológicos ya desarrollados. Adicionalmente se dispone a nivel comercial de toda la tecnología necesaria para implementar la Producción Limpia.

### **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental de el Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

### **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Se prevé la activa participación del Ministerio del Medio Ambiente, del Ministerio de Minas y Energía, de las CAR's, las asociaciones y cooperativas mineras, los explotadores, las facultades de Minas de la UPTC, de la Universidad Nacional y del SENA.

### **ASPECTOS ECONÓMICO COSTO / BENEFICIO**

Para la adopción, promoción e introducción de tecnologías es necesario la inversión de 41.000 millones de pesos (U\$14.780) de los cuales 12.000 millones (U\$4.825.000) para la construcción de cuatro plantas de producción limpia, introducción de 3.500 retortas; 600 millones (U\$215.000) introducción de trampas de cónicas de mercurio; 2.800 millones (U\$1.100.000), cambios de procesos a 500 minas; 25.000 millones (U\$8.930.000).

Los beneficios será el incremento en la recuperación del oro del 25% que en cifras de hoy significa ahorros de 150.000 millones / año (U\$ 53 millones /año), sin contar con el valor del mercurio recuperado y los costos no tangibles por adicionalidad ambiental y financiera más los costos que significaría invertir para remediación ambiental.

Las inversiones estarían a cargo de:

Ministerio de Medio Ambiente	: U\$ 1.470.000	10%
Ministerio de Minas y Energía	: U\$ 3.700.000	25%
Corporaciones Autónomas Regionales	: U\$ 740.000	5%
Explotadores mineros	: U\$ 8.820.000	60%
Total	: U\$ 14.780.000	

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Asistencia técnica en procesos ambientales y mineros

### **ANTECEDENTES**

Al igual que otras actividades de los Proyectos mineros no se cuenta con los instrumentos necesarios para su correcta ejecución y adicionalmente la asistencia es muy puntual con pocos resultados positivos. El programa de asistencia técnica debe ser conjunto entre los aspectos mineros y ambientales pues no tienen relación intrínseca; adicionalmente existe experiencias positivas de mejoramiento ambiental y minero como producto de esta actividad. Una de las inversiones de mayor cuantía que el estado dedica a la actividad minera es el pago de servicios en asistencia técnica por lo cual se debe racionalizar.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA POR RESOLVER CON LOS PROYECTOS**

Altos índices de contaminación, pérdidas exageradas de metales preciosos, técnicas inadecuadas, tecnologías no utilizadas, improvisación en los trabajos, altos riesgos en la salud y provocación frecuente de accidentes.

Se propone asistir técnicamente a los mineros con el fin de corregir las falencias presentadas por los explotadores.

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Colocar a disposición de los explotadores de metales preciosos paquetes tecnológicos necesarios para aumentar su productividad, prevenir y mitigar los efectos negativos ambientales.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Asistir al minero en tecnologías limpias.
- Asistir al minero en procesos de explotación.
- Asistir al minero en procesos de concentración y beneficio.
- Asistir al minero en medidas de prevención, mitigación y corrección ambiental.

### **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

Desde los siete Centro Minero – Ambientales planteados para la región norte, se atenderán por lo menos 3.500 explotadores rango 1 y 2 de los cuales dependen por lo menos 35.000 mineros de forma directa, la asistencia se realizará mediante visitas a las minas y en donde se asesorará a los explotadores en la implementación de los paquetes tecnológicos ofrecidos.

## **PRODUCTOS Y MERCADO**

Se espera realizar alrededor de 250 visitas de asistencia técnica por Centro Minero – Ambiental / año para un total de 1.500 en el año, este promedio debe mantenerse para los primeros cinco años y debe ser reducido al 50% para el periodo 5 – 10 año y al 20% para el periodo 10 – 15 año; esto debido a la disminución de los frentes mineros a la integración de áreas mineras y por la productividad de las minas. Como producto entonces se tendrá 3.500 minas atendidas, 35.000 mineros asesorados.

## **TECNOLOGÍA**

Se empleará toda la tecnología que se adapte en los Centros Mineros – Ambientales y se le sumará aquella que por iniciativa de los mineros y una vez evaluada sea conveniente en los procesos. Adicionalmente se partirá de los paquetes tecnológicos existentes para minería de metales preciosos tanto de aluvión como de filón. El objetivo primordial de la asistencia técnica es el asesoramiento en la introducción de tecnologías apropiadas y la eliminación de mercurio en los procesos a sistema abierto; así como la reducción de cargas de cianuro en las fuentes de agua. Se espera que con estas medidas se contribuya a la competitividad del sector minero y la mitigación de los efectos negativos ambientales.

## **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental de el Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

## **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Se debe contar con la participación en la ejecución de este Proyecto con el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Minas y Energía, las CAR's las administraciones territoriales a través de sus oficinas de Minas, las organizaciones mineras y los explotadores.

## **ASPECTOS ECONÓMICO COSTO / BENEFICIO**

La asistencia técnica se considera como un proceso formativo práctico y en el sitio de explotación, la realización de la asistencia técnica es fundamental para introducir las técnicas y las tecnologías y realizar los controles ambientales y de la producción sobre ellas.

Será necesario realizar una inversión de 4.800 millones (U\$1.710.000) distribuidos así: Para los cinco primeros años 7.500 visitas para un valor de 3.000 millones (U\$1.070.000), para los siguientes cinco años, 3750 visitas por un valor de 1.500.000 millones (U\$535.000) y para los cinco años finales 1.500 visitas por un valor de 300 millones (U\$107.000).

Los beneficios de este tipo de Proyecto se miden más como resultados de la operación y como los beneficios producidos que como bienes tangibles; este tipo de Proyectos es el



más solicitado por los explotadores mineros; sin embargo, es muy poco el interés de ellos en financiarlos, por eso el estado debe asumir directamente la financiación del programa.

### **ASPECTOS FINANCIEROS**

En razón a las consideraciones arriba mencionadas, los costos por ejecución deben ser asumidas por el estado, pero no debemos desconocer que el tiempo que dedican en conjunto los mineros para recibir la asistencia técnica tiene un importante valor económico.

La financiación se propone así:

Ministerio del Medio Ambiente	:	U\$ 515.000	30%
Ministerio de Minas y Energía	:	U\$ 515.000	30%
Corporaciones Autónomas Regionales	:	U\$ 340.000	20%
Entidades territoriales	:	U\$ 340.000	20%
Total	:	U\$ 1.710.000	

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Conservación y administración de zonas degradadas por minería.

### **ANTECEDENTES**

Durante las fases mineras especialmente las de aluvión y durante el proceso de explotación los diferentes estratos geológicos son mezclados, afectando las propiedades físicas, químicas, mineralógicas y biológicas de los suelos. La modificación a todo nivel es visible, formas de paisaje diferentes, inversión de los estratos superficiales y subsuperficiales, desaparición completa de la vegetación y en la mayoría de los casos la superficie presenta incapacidad del suelo para sostener vegetación.

Se ha observado que en la región minera del norte del país se presenta serias restricciones para el establecimiento de vegetación adecuada sobre zonas ya explotadas, el alto grado de acidez, el alto contenido de aluminio y manganeso son prueba de ello. Algunas CAR´s han emprendido rehabilitación de suelos y establecimiento de vegetación, pero es una labor gigante para los precarios recursos con que cuenta; por lo tanto es una actividad para asumir dentro del Proyecto e ir solucionando el pasivo ambiental de la región.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA PARA RESOLVER CON LOS PROYECTOS**

Existe una acelerada pérdida de oferta ambiental expresada en términos de cobertura vegetal, suelo, agua, fauna y biodiversidad, un marcado impacto a nivel de suelos, una fuente constante de aportes de sedimentos por erosión laminar y eólica, un foco de generación de vectores de enfermedades tropicales.

Por ende es necesario la restauración de los suelos y el replantamiento de especies forestales de la región.

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Restaurar los suelos y establecer nueva cobertura vegetal con fines de protección e incremento de la oferta ambiental.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer áreas para corregir el deterioro en los suelos y el bosque como resultado de la explotación minera.
- Establecer modelos de recuperación para suelos desnudos.
- Realizar estudios de asociaciones simbólicas.
- Seleccionar especies vegetales.
- Acondicionar los suelos.
- Mejorar la geomorfología actual.

## **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

Se calcula que pueden existir unas 5.000 hectáreas totalmente degradadas por acción minera y que anualmente se destruyen alrededor de 400 en toda la región; es decir, a los ritmos actuales de producción se intervendría cerca de 6.000 hectáreas adicionales durante los próximos quince años.

Como dentro del Proyecto macro se encuentra el control, fiscalización y vigilancia se espera que estas nuevas 6.000 hectáreas sean adecuadas durante las fases de explotación. Las áreas de intervención de minería aluvial se localizan en los márgenes de los ríos “mineros” principales en la región y paralelos a las trazas de afloramiento de los filones en las regiones de explotación subterránea.

## **TECNOLOGÍA**

Con los diferentes Proyectos desarrollados en restauración y rehabilitación de zonas degradadas por minería, se tiene ya los paquetes tecnológicos básicos los cuales consisten en nivelación del terreno, adecuación, producción de plántulas, establecimiento y mantenimiento.

La nivelación del terreno se realizará con buldózer y la adecuación por bombeo y para el establecimiento de la vegetación se contará con las especies más recomendables y de mejor adaptación y desarrollo.

## **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental de el Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

## **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Se prevé la participación del Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Minas y Energía, las CAR´s, los entes territoriales, los explotadores y la comunidad minera.

Los explotadores serán responsables por la restauración de las nuevas 6.000 hectáreas, pues no es lógico que mientras ellos usufructúan de los recursos mineros, al país en general le corresponda financiar los daños.

Las comunidades mineras tendrán un valor importante en cuanto al mantenimiento y vigilancia de las superficies restauradas; así como su futuro aprovechamiento.

## **ASPECTOS ECONÓMICO COSTO / BENEFICIO**

Las inversiones para restauración de las 5.000 hectáreas correspondientes al pasivo ambiental ascienden a 35.000 millones (U\$12.500.000), mientras que las restauradas (6.000) durante las fases de explotación en los próximos 15 años asciende a 18.000.000 (U\$6.430) para un total de 53.000 millones (U\$18.930.000).

Los beneficios obtenidos del programa son a corto plazo la restauración paisajística y el aislamiento de sedimentos y mercurio, y a largo plazo la función productora protectora de esos nuevos bosques y la regulación de caudales para la región.

### **ASPECTOS FINANCIEROS**

Dado el poco control por parte de las CAR's sobre la minería aurífera, sumado a las razones de orden público y la ingobernabilidad general en la zona, día a día se suman nuevos pasivos ambientales a expensas del enriquecimiento de unos pocos. Es por esto que se debe contar con la participación de los mineros mecanizados, pues son ellos los únicos responsables de la degradación de los suelos y la desaparición de los bosques de las zonas de explotación.

La financiación propuesta es:

Ministerio del Medio Ambiente	; U\$ 3.786.000	20%
Ministerio de Minas y Energía	: U\$ 1.142.000	6%
Corporaciones Autónomas Regionales	: U\$ 3,786.000	20%
Entidades territoriales	: U\$ 3.786.000	20%
Explotadores mineros	: U\$ 6.430.000	34%
Total	: 18.930.000	

## **NOMBRE DEL SUB PROYECTO**

Descontaminación por mercurio en zonas focalizadas de la región de la Mojana.

### **ANTECEDENTES**

La acumulación de mercurio metálico y el cual después de sufrir procesos de metilización se convierte en un elemento biodispensable en la columna de agua, tiene un patrón similar al proceso de sedimentación de lodos. En la región de la Mojana, según los estudios sedimentalógicos elaborados por CORPOICA y la Universidad de los Andes existe un “cono de eyección” a la altura de San Antonio, en la desembocadura del río Mojana al río San Jorge de alrededor de 2 kilómetros y con una superficie de 2 km<sup>2</sup>, una concentración focalizada de mercurio, permitiría recolectarlo de una forma sistemática y eficiente por métodos gravimétricos o en el peor de los casos por fijación con selenio y soterramiento. Es verdad que no existen experiencias desarrolladas en el país y que es probable, que necesitamos de aprender de Proyectos ejecutados con objetivos similares en otras latitudes.

Las anteriores razones nos llevan a pensar que este Proyecto debe ser ejecutado, una vez se disminuyan considerablemente los aportes de mercurio originado en las explotaciones mineras, permitiendo concentrar el máximo de tóxicos. Como consecuencia de este análisis se debe preparar los estudios preliminares para abordar la solución al problema, esto se realizará en los primeros cinco años y en el periodo año quinto y año décimo se procederá a la descontaminación por mercurio en zonas focalizadas de la región de la Mojana.

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Retirar del complejo cenagoso de la Mojana los excesos de mercurio presentes en zonas de alta sedimentación del tóxico.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar los estudios de factibilidad económica, técnica y ambiental para la descontaminación de mercurio teniendo como base tres procesos:.
- Fijación con azufre.
- Fijación con selenio.
- Concentración gravimétrica.
- Analizar experiencias exitosas en este tipo de Proyectos.
- Efectuar las obras de removilización de mercurio dentro de los límites permisibles para fuentes hídricas.
- Disminución de mercurio dentro de los límites permisibles para fuentes hídricas.

### **PLANIFICACIÓN DEL PROBLEMA POR RESOLVER CON LOS PROYECTOS**

Disponibilidad de elementos tóxicos para los recursos hidrobiológicos, agrícolas y la población en general, contaminación a nivel de suelos y aguas con mercurio, pérdida de valor y mercados en los productos de la región, grave afectación de la salud de las poblaciones asentadas en la región de la Mojana.

Para mitigar el problema se propone eliminar el mercurio en exceso en sitios de clave depositación por lo cual se debe realizar los estudios y tomar un área de prueba.

### **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL SUB PROYECTO**

El primer Proyecto que es de carácter experimental se localiza en la altura del caserío de San Antonio en la desembocadura del río Mojana con el río San Jorge, la zona de sedimentación puede tener aproximadamente 1.000.000 m<sup>3</sup> de sedimentos con una concentración de mercurio de 676 ppb. Sobre esta zona se realizarán los estudios base y se ejecutará el Proyecto experimental.

### **PRODUCTOS Y MERCADO**

Este Proyecto espera recolectar el mercurio metálico presente en los sedimentos del sector de San Antonio y servir como modelo técnico y tecnológico, para el acometimiento de remediación en otros partes de la Mojana y del país.

### **TECNOLOGÍA**

Existe tecnología para enfrentar el reto, el problema radica en los altos costos y en la aplicabilidad. Por un lado la técnica de descontaminación con azufre o con Selenio y soterramiento de sedimentos es altamente costoso y solo aplica para concentraciones focalizadas.

El método de recuperación por medios gravimétricos es mucho más fácil y más barato, también aplica para contaminación focalizada y puede tener un agravante ambiental, es decir si no se maneja correctamente se pueden desencadenar efectos ambientales muy perjudiciales en todos los ordenes.

### **MARCO DE POLÍTICA**

Los Proyectos se pueden sustentar dentro del Proyecto colectivo ambiental del Plan de Desarrollo, el Programa de Producción más Limpia (agenda conjunta Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente) las estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano (documento COMPES 2898), Ley 99/93 y Ley 685 / 2001

### **ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Dado que la acumulación de mercurio y su bioacumulación es un pasivo ambiental, solamente el estado estaría interesado en realizar inversiones para su remediación, por eso es necesario que el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Minas y Energía y las CAR's asuman la responsabilidad en la ejecución del Proyecto.

### **ASPECTOS ECONÓMICO COSTO / BENEFICIO**

Los costos están calculados para la realización de los estudios base en el sector de San Antonio que debe incluir, sedimentología, estratimetría, batimetría, perforación, análisis de muestras y debe concluir con la forma del depósito, su volumen y su contenido de mercurio, como también con los métodos recomendados para su movilización.

Los estudios se comenzarían a partir del tercer año del Proyecto y deben estar terminados hacia finales del quinto año, luego se procedería a la ejecución de la remediación en el año sexto si los resultados son favorables, se continúa con otras áreas hasta el décimo año.

El valor tentativo de los estudios ascienden a U\$1.000.000. y si la solución fuese concentrar gravimétricamente los sedimentos se tendría un costo de \$25.000/m<sup>3</sup> tratado. Si la cuña en San Antonio tiene un volumen de 1.000.000 m<sup>3</sup>, el valor de la remediación ascendería a \$25.000.0000

### **ASPECTOS FINANCIEROS**

Por tratarse de una actividad de remediación ambiental, se propone que el estado financie en su totalidad la iniciativa. La financiación se distribuye así:

Ministerio del Medio Ambiente	: U\$ 3.970.000	40%
Ministerio de Minas y Energía	: U\$ 3.970.000	40%
Corporaciones Autónomas Regionales	: U\$ 1.988.000	20%
Total	: U\$ 9.928.000	

## 6.8. PRIORIZACIÓN Y RESUMEN DE COSTOS

La inversión total para la propuesta de manejo de la contaminación por mercurio para la región de la Mojana y sus zonas de influencia asciende a 53.243.000 dólares en los próximos quince años, esta inversión necesariamente requiere de una priorización en la ejecución, que por un lado permita la destinación de recursos económicos y por otro produzca resultados en la mitigación de los efectos ambientales. Por lo tanto la tabla Nro. 7. resume la priorización de los proyectos y sus actividades así como sus costos.

**Tabla Nro. 7. Resumen de Priorización y Costos.**

<b>PREVENCIÓN Y MANEJO DE LA CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN LA REGIÓN DE LA MOJANA</b>		
<b>PROYECTO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>COSTO ESTIMADO Miles de dólares</b>
<b>PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS</b>	Construcción y dotación de Centros Mineros – Ambientales. Región Aurífera del Norte	1.660
	Capacitación Minero – Ambiental	1.840
	Fortalecimiento de la organización minera y desarrollo de la participación comunitaria.	1.715
	Asistencia técnica en procesos ambientales y mineros	1.710
	Sub Total	<b>6.925</b>
<b>GESTIÓN MINERO - AMBIENTAL.</b>	Elaboración de estudios base	1.600
	Promoción e Introducción de Técnicas y Tecnologías Limpias	14.780
	Monitoreo, control y vigilancia en las zonas mineras y sus áreas de influencia.	1.080
	Sub Total	<b>17.460</b>
<b>REMEDIACIÓN AMBIENTAL</b>	Recuperación, conservación y administración de zonas degradadas por minería	18.930
	Descontaminación por mercurio en zonas focalizadas de la región de la Mojana	9.928
	Sub Total	<b>28.858</b>
<b>Total</b>		<b>53.243</b>