

# **Programa Nacional de Conformacion de Cadenas Productivas para el Sector Artesanal**

## **Estructuración de la Cadena Productiva de la Joyería en Antioquia**

### **Plan de manejo del oro**





CECILIA DUQUE DUQUE  
Gerente General  
Artesanías de Colombia S.A.

MANUEL F. JIMENEZ MORIONES  
Director Auditoría Fomipyme  
Universidad Nacional de Colombia

ERNESTO ORLANDO BENAVIDES  
Subgerente Administrativo y Financiero  
Director Nacional Proyecto Fomipyme

LUZ ANGELA MEDINA LLANO  
Auditora Fomipyme  
Universidad Nacional

CARMEN INES CRUZ  
Subgerente de Desarrollo

MARTHA ISABEL JIMENEZ  
MILLAN  
Auditora Fomipyme  
Universidad Nacional

SANDRA STROUSS  
Subgerente Comercial

LYDA DEL CARMEN DIAZ LOPEZ  
Coordinadora Centro de Diseño para la  
Artesanía y las PYMES - Bogotá

## INTRODUCCIÓN

Dentro del plan de acciones que ha ejecutado Artesanías de Colombia S.A. en el marco del Programa Nacional de Conformación de Cadenas Productivas para el Sector Artesanal gracias al convenio FIDUIFI – Artesanías de Colombia - Fomipyme, se han introducido una serie de acciones conducentes al desarrollo del sector artesanal para el departamento de Antioquia.

Debido a que la joyería es intensiva en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales del entorno, la explotación de estos recursos genera impactos ambientales importantes, entre ellos una alteración del ecosistema que si no es bien manejada, puede producir problemas tales como contaminación de las fuentes de agua, contaminación atmosférica, mal manejo de residuos y cambios en la disposición productiva de las tierras, entre otros. Estos problemas se agrandan en las localidades mineras que carecen de una base de datos actualizada de los recursos y problemas ambientales generados por la minería, lo que dificulta sus posibilidades de control y solución.

Con base a los estudios realizados anteriormente en la región y al censo nacional joyero realizado en el año 2002, se evidenció la necesidad de planificar un manejo sostenible de las materias primas, mediante el conocimiento de elementos, informaciones y datos que describen y caracterizan el medio físico del lugar en donde ocurren los procesos de explotación y beneficio, además de los impactos de dichos procesos, de manera que se obtenga su correspondiente evaluación, las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos. Es así como se logró diseñar el plan de manejo ambiental del oro para la cadena productiva de la joyería en Antioquia, con el objetivo de identificar los impactos ambientales producidos por la extracción y beneficio del oro, valorar su magnitud y postular el manejo apropiado de estos impactos, para asegurar la sostenibilidad ambiental de la producción de joyería artesanal.

Sin embargo, esto no es suficiente, ya que conocer la forma en que las materias primas son manejadas y distribuidas por los diferentes actores que intervienen en su explotación, beneficio, producción y comercialización es igualmente importante a lograr un manejo ambiental de estas materias primas, por lo tanto, también se hace una identificación del mercado y el uso del oro en la región, de manera que se garantice no solo la sostenibilidad de las materias primas y del medio ambiente sino la permanencia y desarrollo del sector artesanal en el departamento de Antioquia.

## MANEJO SOSTENIBLE DEL ORO PARA JOYERÍA ARTESANAL

### ANTECEDENTES DEL MERCADO DEL ORO EN ANTIOQUIA

El manejo del oro explotado en Antioquia comienza cuando los mineros encargados de su extracción lo venden a una planta de beneficio informal o formal que se encarga de refinarlo o a las compraventas; algunas de estas compraventas lo venden a las plantas de beneficio y a las fundiciones, que a su vez lo venden a empresas comercializadoras, a grandes joyeros de Medellín y al Banco de La República. Son las grandes fundiciones las que exportan altos volúmenes de oro principalmente en bruto, con lo cual se pierde para el departamento la oportunidad de dar valor agregado al oro y generar mayor trabajo y riqueza.

El suministro de oro para los joyeros artesanales consiste principalmente en la adquisición directa a mineros o en compraventas en pequeñas cantidades, lo que propicia el acaparamiento y la especulación con el precio del oro por parte de intermediarios. Los joyeros pueden comprar el oro puro o en forma de retal, este último suministrado principalmente por las compraventas. El retal es el más comprado por su menor costo, a pesar de presentarse el inconveniente de no conocerse con exactitud cual es la ley o porcentaje real de oro presente en el material. Generalmente el remanente de oro que permanece en las compraventas es el que se destina al sector joyero. El oro reciclado del cual se abastecen algunos joyeros es el oro que entra a las compraventas como joya y como producto de empeño, en estos establecimientos se hace una selección de la mercancía que puede revenderse en el mercado como oro reciclado para la elaboración de un nuevo producto.

Como se observa, actualmente la gran mayoría de los joyeros compran el oro en el mercado negro, sin certificación. La falta de suministro de oro para joyería artesanal se refleja en el aumento sustancial de los gastos de producción.

La falta de organización, estándares de calidad, cantidad, precio y tiempo de suministro, por parte de quienes extraen y refinan el oro, ha originado que hoy no se tengan alianzas estratégicas que valga la pena resaltar entre quienes demandan oro y las empresas que lo transforman. Actualmente solo Mineros de Antioquia S.A. y las grandes fundiciones en Medellín están en capacidad de adquirir compromisos importantes de suministro de oro a la cadena productiva oro/joya.

Posterior a la firma del acuerdo de competitividad de la cadena, la fundición Álvarez está dispuesta a vender el oro que necesitan los joyeros si hay un acuerdo entre éstos para que a través de una empresa asociativa se hagan las compras. Para adelantar este proceso, se elaboró como producto (249) un plan orientado al acceso permanente y estable de suministro de materias primas necesarias para los joyeros artesanales. De todas maneras, se ha visto la necesidad de que el tema del oro se toque en el orden nacional ya que la raíz del problema se origina en los valores e impuesto del oro. Los joyeros que se han formalizado

tienden a revertir su decisión ya que el contrabando del oro los deja sin posibilidad de competir, debido a los altos precios oficiales del oro.

### **Producción de oro**

Las cifras oficiales indican que la producción de oro en Colombia ha venido aumentando en los últimos años. Estas cifras son establecidas principalmente con base en los reportes de las grandes empresas mineras y de las fundiciones de oro, que lo adquieren a productores y comercializadores, quienes informan, a su libre arbitrio, el sitio de origen del mineral. Se considera que existe un ingreso de oro, de manera informal, hacia Colombia proveniente de otros países, el cual posteriormente es vendido a las fundiciones como oro producido en el país, con lo cual se alteran las cifras de producción de manera significativa. Igualmente, existen ventas de oro al exterior no reportadas, así como de atesoramiento interno, que explican el comportamiento oscilante en las cifras oficiales de exportación.

Uno de los departamentos con mayor aumento de su producción, según las cifras oficiales, en estos últimos años es Antioquia, donde se encuentran las principales empresas productoras de oro del país como son Mineros de Antioquia, Frontino Gold Mines y la Compañía Minera Oro Norte, que explotan el oro mediante minería de aluvión y minería de filón. Sin embargo, este aumento de producción está alterado por el oro ilegal que entra al país. Seguramente la producción real de oro extraído y beneficiado en Antioquia se ha mantenido estable, o aun ha disminuido debido a la carencia de reservas evaluadas, restricciones ambientales y agotamiento de aluviones.

### **Estado actual de la joyería**

La joyería ha venido jugando un papel muy importante en la economía antioqueña en los últimos años. Es necesario anotar que esta industria consume del 15% de la producción de oro del país, lo que demuestra que el problema real no está en la existencia de la materia prima, sino en la integración competitiva de la producción minera con la industria de la joyería.

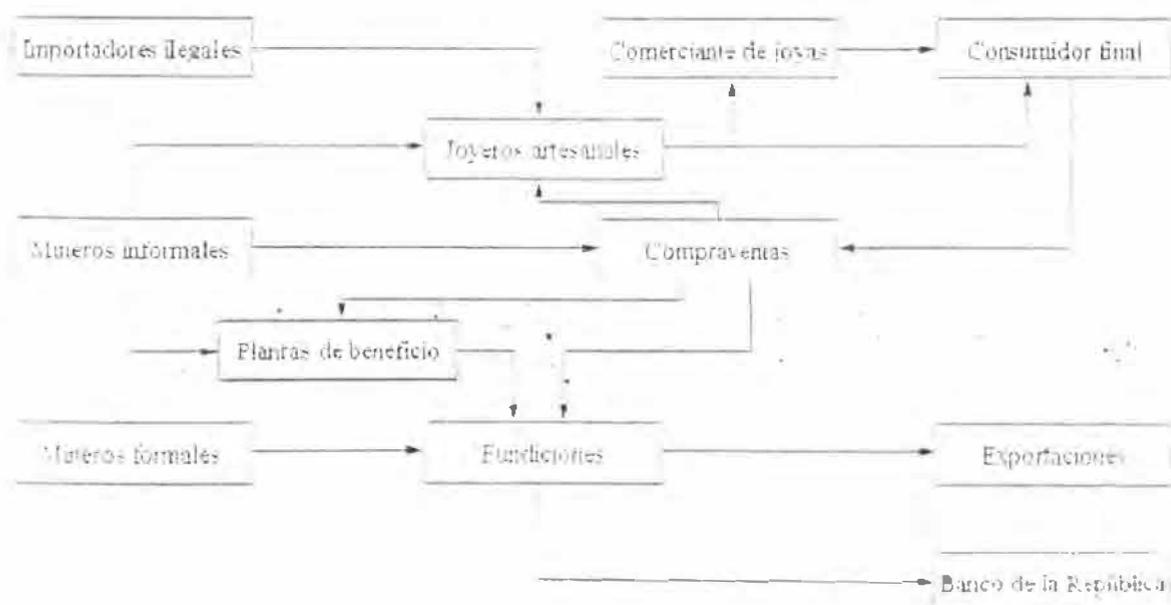
El mercado mundial de la joyería oscila alrededor de los \$ 76 000 millones de dólares/año lo cual muestra la dimensión de negocio. Colombia exporta aproximadamente \$ 19 millones de dólares al año en artículos de joyería, menos del 1% del mercado total, no obstante es uno de los principales productores de oro en el mundo. Estos datos reflejan el gran potencial que representa el crecimiento de la joyería en Antioquia y en el país.

### **MERCADO, DISTRIBUCIÓN Y USO DEL ORO**

En épocas anteriores, el mercado de oro venía siendo regulado y centralizado en el Banco de la República, lo que generó que se crearan unos procesadores de oro que servían al

banco, hasta que el comercio de oro fue liberado; sin embargo, éstos continuaron con su actividad luego de la privatización del mercado del oro. Los procesadores son las grandes fundiciones en Medellín, que transforman gran parte de la producción nacional.

Hay que señalar que el oro, por ser una mercancía que concentra mucho valor, ha sido utilizado como mecanismo de transporte de valor y de lavado de activos. Por ejemplo, la necesidad de los narcotraficantes de repatriar el valor de los envíos de droga hace que uno de los productos preferidos para hacer esa transferencia desde el exterior sean joyas que se orientan directamente a los consumidores o se ven otra vez procesadas y vendidas como oro a los transformadores, que convierten las joyas con muy poco valor agregado a oro de nuevo, o bien estas joyas son comercializadas en sanandresitos y pequeñas joyerías. Por otro lado, la negociación con oro depende en buena medida de la diferencia entre el dólar oficial y el negro. Cuando los diferenciales son altos muchos negociantes compran dólares negros y con ellos compran en Panamá o Aruba oro que venden a los intermediarios o a las fundiciones al precio internacional, logrando ganar el diferencial entre dólares negros y oficiales al mismo tiempo que se legaliza el dinero. En casos adicionales este oro comprado con dólares al valor del negro es posteriormente vendido a los joyeros que en su mayoría son pequeños e informales sin tener que pagar la regalia. Como sistema de acumulación de valor, el oro también tiene un mercado adicional que proviene de familias que venden sus joyas con el fin de solventar problemas económicos puntuales. Este oro generalmente es reciclado en las fundiciones o bien con los joyeros.



Canales de distribución y procesamiento del oro (modificado de UPME - FEDESARROLLO, 2003)

En términos de las regalías este mercado presenta el problema de la identificación del origen del metal, puesto que el reciclado es exactamente igual al producido directamente en minas (con una mezcla sencilla con otros productos el oro de joyería puede pasar por oro de

mina). El origen del oro es relevante ya que la carencia de pago de las regalías además de la ventaja por la diferencia entre dólar negro y oficial hace que se cree una competencia desleal donde el productor nacional se ve afectado, por lo que la única salida para su producto es la exportación puesto que no puede competir en el país. Las fundiciones de oro de Medellín estiman este mercado en el 25% de la producción nacional.

De esta manera se tiene oro en el mercado nacional que no paga regalías. Este es el oro de contrabando, el oro reciclado en las compraventas y el oro que surge de la producción informal y que va principalmente a las joyerías artesanales. Los retenedores principales de regalías e impuestos son los productores formales, los joyeros formales y las fundiciones (estas últimas tenían en sus inicios como fin único procesar el metal del Banco de la República y de ahí su poca orientación a la comercialización por solo tener un cliente. Esto cambió con la apertura y la eliminación del monopolio de la compra del oro para el Banco).

La gran fragmentación e informalidad del gremio de joyeros artesanales evidencian que no hay una industrialización del gremio, pues la gran mayoría son pequeños talleres informales. Algunos de ellos se nutren del oro de la zona, pero buena parte de ellos compran el oro a vendedores no formales y en muchos casos oro de contrabando con el fin de aprovechar precios bajos y evitar pagar las regalías del producto. Es así como los joyeros artesanales no son retenedores de regalías o impuestos a pesar que el canal de comercialización pasa por ellos.

La competencia desleal del contrabando y el pequeño mercado interno a la exportación hace que buena parte de la producción nacional no sea consumida por los joyeros sino exportada en forma pura o con muy poco valor agregado. De acuerdo a lo anterior se puede concluir:

- El control de la importación y utilización de oro informal es muy complejo y es una función que compete esencialmente a la DIAN.
- El oro de contrabando debe enfrentar en lo posible las mismas condiciones competitivas de la producción nacional, por ende las autoridades deben enfocar sus esfuerzos para controlar el pago de regalías o impuestos a este oro ilegal, puesto que la determinación de su origen es imposible. Por esa razón se debe cobrar regalía para el oro que no tenga su pago de regalías probado, en esencia en los municipios, las fundiciones y la exportación del metal.
- Los filtros para hacer la recolección de las regalías o impuestos del oro son los productores (mineros) formales, las fundiciones de Medellín y las autoridades de exportación. Quedan descartados los joyeros como retenedores por su fragmentación, cantidad y condición de informalidad.

## DESARROLLO SOSTENIBLE

La contribución a la sostenibilidad de las localidades en donde se desarrollan los procesos de minería y beneficio del oro se puede lograr asegurando que estos procesos sean ejecutados con buena calidad técnica. El desarrollo sostenible cobra así un significado especial en los municipios como Segovia, Frontino, El Bagre, Santafé de Antioquia, Caucasia, entre otros, que poseen grandes reservas de oro. En ellos, el concepto de desarrollo sostenible debe implicar que este oro constituya un capital natural que debe ser usado para el beneficio de los municipios y sus poblaciones con una perspectiva de largo plazo. Eso quiere decir también que las actividades de minería y beneficio deben ser desarrolladas en forma sostenible y responsable, respetando el medio ambiente natural y humano de las localidades donde se desarrolla. Será necesario promover una cultura de cooperación más que de confrontación, ya que alcanzar este desafío requiere del liderazgo de las autoridades locales y del compromiso de todos los actores de la sociedad.

Para producir un patrón de desarrollo sostenible a partir de la extracción de oro en la región, se requiere el concurso de todos los actores. Las empresas líderes deben trabajar con una visión estratégica de largo plazo en que su desempeño ambiental y su contribución al mejoramiento de las condiciones sociales sean componentes esenciales de su competitividad sostenible. A su vez, las empresas locales necesitan aprovechar las oportunidades que ofrece la minería para desarrollar competencias que puedan tener aplicaciones también fuera de la minería. Las instituciones académicas locales y regionales deben producir el capital humano y la capacidad de investigación para ello. Es labor de conjunto construir una autoridad pública local competente que pueda garantizar una interacción constructiva en el marco de una visión estratégica compartida.

Las condiciones mencionadas deben establecerse en la región lo más pronto posible, pues la actividad minera de explotación de oro en Antioquia, desarrollada desde hace más de 100 años por grandes y pequeños mineros, no ha presentado un desarrollo continuado notable y se encuentra hoy más que nunca afectada por factores de violencia, inseguridad, falta de recursos y sin una proyección clara de desarrollo local sostenible.

## **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DEL ORO**

En general todos los procesos de extracción y beneficio se efectúan sin control por la ausencia de instrumentos que permitan medir las concentraciones adecuadas de cianuro, mercurio y los porcentajes de gruesos y finos. Las explotaciones se realizan sin un diseño y planeamiento minero definido, utilizando métodos con bajo nivel de recuperación y de alto impacto ambiental.

Este sector presenta grandes deficiencias en los aspectos ambientales: sitios contaminados por vapores, polvo, residuos y ruido; ambientes de trabajo inadecuados, poco uso de elementos protectores; escasa ventilación y problemas de salud ocupacional. Esta problemática se debe a que los mineros y beneficiadores no tienen conciencia de los impactos ambientales que están causando o no quieren incurrir en gastos adicionales.

En los municipios de Antioquia donde existen explotaciones mineras, el Ministerio del Medio Ambiente en convenio con Corantioquia viene adelantando estudios sobre exploración minera y recuperación del mercurio en la explotación aurífera, desarrollando unas guías para la exploración del oro de pequeños mineros, que sirven como referencias técnicas para la gestión de proyectos en minería. Sin embargo, no se han desarrollado guías para la explotación, beneficio y transformación del oro.

## **PROCESOS QUE OCASIONAN IMPACTO AMBIENTAL**

El término impacto se refiere al contacto entre dos elementos naturales o antrópicos distintos, que afecta la condición original de uno de ellos o de ambos. Puede ser positivo, es decir que produce algún tipo de mejora en la condición original existente, o negativo si es que causa deterioro en alguno o en todos los componentes de la misma. Los procesos que ocasionan mayores impactos ambientales negativos en el medio son los siguientes:

### **Amalgamación.**

Tanto la pequeña minería subterránea como la minería de subsistencia que se realiza en lechos de ríos y quebradas se caracterizan por la alta contaminación que causan con mercurio durante el proceso de amalgamación, el cual se fundamenta en la facilidad que tiene el oro y el mercurio para formar una aleación o solución sólida que luego al fundirse permite la separación del oro por la evaporación del mercurio.

Los concentrados ricos en oro son juntados durante cierto tiempo en bateas y barriles con mercurio, el cual se une con las partículas de oro para formar la amalgama; posteriormente, la amalgama es separada de las arenas y llevada a calcinación para volatilizar el mercurio y recuperar el oro, la evaporación del mercurio se logra a unos 600°C. Con este método el mercurio en forma de vapor va al aire libre, es una contaminación que no es apreciable pero

que afecta directamente a las personas y lugares donde se ejecutan estos procesos, aunque la población no este consciente del problema.

En el caso de los barrileros, toda lavada de barril implica fugas de mercurio que va a parar a las corrientes de agua. Al multiplicar estas fugas por la cantidad de barriles que se lavan diariamente en los rios, se llega a una cantidad apreciable de mercurio que contamina las fuentes hidricas. Este método es ampliamente utilizado, principalmente en las explotaciones artesanales.

### **Cianuración.**

Una de las razones para el alto valor adjudicado al oro es su resistencia al ataque de la mayoría de los químicos. Una excepción es el cianuro o, más específicamente, una solución que contiene cianuro y que disuelve el metal precioso. El cianuro se utiliza para extraer oro del mineral, en particular minerales de baja ley y/o que no pueden tratarse fácilmente mediante procesos físicos simples como la trituración y la separación por gravedad.

El uso de soluciones a base de agua para extraer y recuperar metales como el oro se denomina hidrometalurgia. Las operaciones de minería del oro utilizan soluciones muy diluidas de cianuro de sodio (NaCN), típicamente entre 0.01% y 0.05% de cianuro (100 a 500 partes por millón). El proceso de disolución de metales se denomina lixiviación. El cianuro de sodio se disuelve en agua donde, en condiciones ligeramente oxidantes, disuelve el oro contenido en el material triturado del mineral y lo mantiene en solución en forma de una sal compleja soluble. Esta solución resultante que contiene oro se denomina "solución cargada". Luego se agrega zinc o carbón activado a la solución cargada para recuperar el oro extrayéndolo de la solución. Luego de este proceso la solución residual o "estéril" y las arenas residuales son generalmente arrojadas a los rios y quebradas, desechándose cianuro libre y metales pesados.

## **• IMPACTO AMBIENTALES**

Es muy difícil estandarizar y cuantificar la problemática ambiental en el sector de la minería y obtención de oro, lo cual se puede adjudicar principalmente a la complejidad y heterogeneidad propias de esta actividad productiva.

En las actividades de explotación y beneficio se utilizan una gran variedad de sustancias y compuestos químicos en las operaciones de afinación y procesamiento del mineral. Estos compuestos suelen estar asociados a la generación de residuos, que generalmente se desechan solos o mezclados con líquidos, una vez se ha trabajado la aleación. Entre los impactos ambientales más notorios que ocasiona la minería del oro en su fase de explotación están:

## **Impactos sobre los ecosistemas**

La actividad minera produce impactos de diversa intensidad en los ecosistemas y puede llegar a ocasionar la destrucción del hábitat, su fragmentación o la alteración de sus características naturales. Los efectos nocivos que puede generar la minería de oro sobre el ambiente pueden traducirse en la pérdida de vegetación por la emisión de cargas contaminantes al aire y al agua, y procesos de erosión acelerados. Es un error creer que la pérdida de vegetación de pastos o herbácea es menos importante que la pérdida de bosques, pues esto olvida el papel amortiguador que tienen estas formaciones vegetales frente a los procesos erosivos y su importancia en la cadena alimenticia de las especies animales. Las explotaciones a cielo abierto en gran escala pueden reducir la vegetación y poner en riesgo la existencia de algunas especies animales y vegetales. Asimismo, los cuerpos de agua pueden ser afectados ya sea por la generación de aguas ácidas, así como por la presencia de sólidos en suspensión que al aumentar la turbidez, disminuyen los rangos de luminosidad, afectando los procesos biológicos de la fauna y flora que habita en los medios acuáticos. La fragmentación del hábitat puede ocasionar la huida o desaparición de determinadas especies animales; por lo general las de mayor tamaño como los mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces, huyen cuando se producen una alteración drástica de su hábitat; en el caso de especies menores como los invertebrados puede producirse su muerte en razón de su escasa movilidad.

El impacto sobre la flora es de gran magnitud, implica la eliminación de la vegetación y los bosques en el área de operaciones. También destruye en forma parcial o modifica la flora en el área circunvecina, provoca presión sobre los bosques existentes en áreas vecinas que pueden llegar a destruirse por los impactos de la explotación.

## **Impactos sobre el medio físico**

**Sobre el medio suelo.** Los principales impactos de la minería sobre el suelo son:

- Remoción incontrolada de la capa vegetal y deforestación, como consecuencia de las actividades realizadas en las etapas de construcción de instalaciones, vías de acceso y tendido eléctrico. En la fase extractiva, la explotación de cielo abierto puede abarcar considerables extensiones, cuando la tecnología, las condiciones económicas del explotador y las características del yacimiento requieren de una explotación extensiva
- Procesos erosivos incontrolados.
- Cambios en el paisaje, como consecuencia de la construcción de instalaciones y el gran movimiento de tierras.
- Alteración en el drenaje

**Sobre el medio agua.** Los principales impactos de la minería sobre el agua son:

- Agotamiento de las fuentes de agua, por deforestación.
- Cambios de la hidromorfología debido a la reclasificación y movimientos de tierra.
- Contaminación de las aguas superficiales por vertimientos no controlados de compuestos de cianuro, de metales como mercurio, cadmio, cobre, aluminio, plata, sodio y zinc, de aguas de lavado que contienen residuos de ácido sulfúrico, soda cáustica y etanol, y de ácido nítrico que se mezcla con las aguas de lavado para ser vertido directamente al alcantarillado sin previo tratamiento.
- Contaminación de acuíferos con aceite usado, con reactivos, con sales minerales, provenientes de los botaderos de productos sólidos residuales de los procesos de tratamiento, así como el agua de lluvia que cae sobre ellos, puede contaminar las aguas subterráneas.
- Alteración de la mecánica de las corrientes de agua.

**Sobre el medio aire.** Los principales impactos de la minería sobre el aire son:

- Contaminación del aire por la dispersión de sólidos, polvo y combustibles tóxicos o inertes en suspensión emitidos las diversas fases de la explotación minera, los cuales capaces de penetrar hasta los pulmones de humanos y animales.
- Generación de emisiones tóxicas y corrosivas debidas a las sustancias utilizadas en las plantas de beneficio como el cianuro y el ácido nítrico.

### **Impactos sobre el paisaje**

La modificación de la superficie terrestre del área de explotación devasta la superficie, modifica severamente la morfología del terreno, implica la eliminación del suelo y produce resecaamiento en la zona circundante, así como una disminución del rendimiento agrícola y agropecuario.

El efecto visual y paisajístico de las explotaciones mineras de oro localizadas en el área de influencia hace que el entorno pierda su atracción paisajística, a lo que se suma la contaminación sonora por el ruido producido por las distintas operaciones: trituración y molienda, generación de energía, transporte, carga y descarga de minerales, etc.

## Impactos sobre las personas

Los potenciales impactos negativos más importantes de la actividad minera sobre la salud de las personas, y el medio ambiente pueden expresarse en:

- Problemas y patologías respiratorias y oftalmológicas en la población circundante.
- Desocupación y desarraigo laboral.
- Sobrecarga de los sistemas de salud pública por aumento de enfermedades crónicas o agudas, producto de la exposición a agentes físicos y químicos propios de la actividad minera.
- Alteración de la dinámica demográfica por presencia de población migrante, atraída por las posibilidades de empleo, oportunidades de negocios o demandas de servicios.
- Alteración del uso del suelo, ya sea en las áreas de intervención directa de un proyecto como en su entorno, por el cambio de áreas de uso agrícola o forestal para las actividades mineras o instalaciones de uso del personal.

Los agentes altamente tóxicos utilizados en la obtención del oro superan en gran medida las concentraciones límites admisibles en las aguas de consumo humano, sobretodo en épocas de verano. Según el Ministerio de Salud (Decreto 1594/84) un agua consumible por el cuerpo humano debe tener máximo las siguientes especificaciones en cuanto a contenido de cianuro y metales pesados.

Sustancia	Concentración
cianuro	0.2 mg/l
mercurio	0.2 mg/l
zinc	1.5 mg/l
plomo	0.05 mg/l
cadmio	0.01 mg/l
cobre	1 mg/l

Ahora bien, entre las causas para que sucedan estos impactos ambientales se encuentran

- Falta de responsabilidad de mineros y beneficiadores con el medio ambiente
- Desconocimiento por parte de la comunidad de los efectos reales de estos procesos
- Ausencia de normatividad específica.
- Alto costo de la tecnología limpia.

En este escenario, se puede inferir que el problema ambiental crítico de las minas y plantas de beneficio se relaciona con el inadecuado manejo de los reactivos y a su vez, el desperdicio de importantes cantidades de químicos que finalmente van a deteriorar el medio ambiente.

## **RESPONSABLES DEL MANEJO AMBIENTAL**

Son las compañías mineras y las plantas de beneficio las responsables directas, en todos sus niveles, de los impactos, amenazas y riesgos que producen sus actividades en el entorno en que éstas se desarrollan. Por lo tanto, están obligadas a minimizar riesgos y asegurar respuestas eficaces a las emergencias e informar a las autoridades competentes aspectos tales como:

- Descripción de los ecosistemas existentes, la geomorfología y características climáticas y sísmicas; el contexto social, económico y cultural del área en que se va a ubicar el emplazamiento minero y de las zonas de influencia del proyecto minero.
- Identificación de los impactos sobre los ecosistemas, el medio físico, socioeconómico y cultural.
- Identificación de riesgos probables y un mapa de riesgos que precise el grado potencial de cada uno de los mismos.
- Planes de remediación al cierre de operaciones.
- Inventario de las sustancias tóxicas, reactivas, explosivas o inflamables de uso común o en almacenamiento dentro de la instalación que entrañen un peligro, las condiciones de seguridad de sus instalaciones tales como plantas de beneficio, depósitos de desechos y los pozos de almacenamiento de agua.
- Identificación de potenciales fallas en la seguridad de instalaciones que pudieran ser provocadas por fenómenos naturales como lluvias intensas, vientos, terremotos y otros que pudieran originar desastres.
- Sistemas de prevención de accidentes en todo el ámbito de su actividad, infraestructura, equipo y personal experto en el control de riesgos, dentro y fuera de sus instalaciones.
- Planes, equipo y personal capacitado para la respuesta a situaciones de urgencia o emergencia, de origen natural, antrópico o tecnológico, dentro y fuera de sus instalaciones.

## **PRÁCTICAS REQUERIDAS PARA IMPLEMENTAR PROCESOS EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO LIMPIOS**

La producción de emisiones, efluentes y material particulado, resultado de los procesos asociados con la actividad de explotación y beneficio de oro, tienen distinto grado de complejidad y consecuentemente requieren la implementación de infraestructuras adecuadas con diferentes niveles de tecnología, inversión, innovación y desarrollo. No es posible una adecuación inmediata para esta situación y debe diseñarse de manera concertada y comprometida un programa con actividades y tiempos específicos de acuerdo a la realidad socioeconómica de la región para no ocasionar efectos lamentables que obstaculicen y disminuyan esta actividad.

En términos generales, debe iniciarse un proceso de socialización de las buenas prácticas de extracción y beneficio con el manejo adecuado de los insumos, materias primas y equipos que intervienen en el proceso.

En una segunda etapa se requiere adecuar sistemas de absorción de emisiones y efluentes con filtros de recolección y neutralización y con sistemas de almacenamiento acordes con los niveles de peligrosidad de su afectación con los operarios y con el entorno. Los materiales sólidos que se desechan dentro de los procesos de beneficio y refinación requieren de sistemas de almacenamiento, procesamiento y neutralización, dependiendo de su naturaleza. Estos procesos requieren de especial atención, pues en este sector es donde se requiere mayor inversión para el desarrollo de una infraestructura adecuada a las características de los niveles de producción.

## **ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS**

A continuación se presentan las consideraciones de algunos procesos que pueden ser implementados por las plantas de beneficio de la región. Los procesos sugeridos están sujetos a cambios de adecuación y operación, y por supuesto requieren un análisis avanzado una vez sea escogido para su aplicación.

### **Sistema de control de óxidos nitrosos mediante absorción con ácido nítrico y urea.**

La absorción es un proceso de transferencia de masa de una fase gaseosa a otra líquida. Está basada en la absorción química de los gases nitrosos, el líquido absorbente es una solución acuosa de  $\text{HNO}_3$  y urea a pH menor de 2, en este líquido los gases son absorbidos y forman el  $\text{HNO}_2$ , el cual reacciona inmediatamente con la urea por un mecanismo de oxidación-reducción produciendo  $\text{N}_2$  gaseoso. Las ventajas de este método son las siguientes:

- La temperatura de operación del sistema de remoción de  $\text{NO}_2$  varía entre 30-40°C

- La eficiencia de remoción no requiere la presencia de un catalizador.
- Los reactivos necesarios para el sistema de remoción son  $\text{HNO}_3$  y urea.
- Los productos gaseosos de la reacción son  $\text{N}_2$  y  $\text{CO}_2$ , los cuales pueden ser emitidos directamente a la atmósfera
- La eficiencia de remoción supera el 80%
- El producto de la reacción en fase líquida es agua

Este sistema de remoción puede ser implementado para varias plantas de beneficio y refinación de oro ya que el proceso no es continuo, disminuyendo los costos de inversión de capital, además es fácilmente operable. La alimentación de la urea y el control de la misma se realizan manualmente; el equipo debe estar diseñado de materiales no corrosivos como acero inoxidable, PVC y polipropileno.

### **Tratamiento de los vertimientos de cianuro**

Los vertimientos de las plantas de beneficio contienen cianuro libre y complejos cianurados de otros metales como aluminio, zinc, cobre, plata y oro. El tratamiento de las disoluciones de los complejos formados por el cianuro alteran los procesos de depuración utilizados para eliminar metales libres en aguas ácidas que no son igualmente eficaces para eliminar los metales presentes en aguas que contengan cianuro. Lo esencial para el tratamiento de las disoluciones que contienen cianuro y metales es eliminar primero el cianuro, poniendo así a los metales en formas eliminables.

El grado y tipo de tratamiento elegidos vienen determinados por factores económicos, de rendimiento y ambientales, reduciendo las concentraciones de cianuro libre a niveles no tóxicos. Las alternativas de tratamiento para estos residuos líquidos cianurados que se proponen son las siguientes:

**Análisis y monitoreo del cianuro.** Los análisis de cianuro son necesarios para controlar las operaciones, evaluar la toxicidad y el cumplimiento normativo, así como para informar al público sobre la manipulación de materiales peligrosos. Monitorear el cianuro durante y después la recuperación del oro es esencial para la buena práctica operativa y la protección de la salud y el ambiente. Con el fin de asegurar la calidad de la información disponible y tomar decisiones, son necesarios rigurosos protocolos de muestreo y procedimientos analíticos. Esto exige una estricta planificación y un desempeño excelente por parte del personal entrenado para trabajar con sistemas bien diseñados y bien administrados.

**Atenuación de las concentraciones de cianuro en el ambiente.** Una vez que se ha recuperado el oro, la solución queda desprovista de oro pero sigue conteniendo cianuro. El proceso que disminuye la concentración de cianuro en solución, ya sea en el ambiente natural o en instalaciones creadas a tal fin, se denomina "atenuación". La volatilización de  $\text{HCN}$ , con posteriores transformaciones atmosféricas a sustancias químicas menos tóxicas que reducen la concentración de cianuro libre en solución, es el principal proceso de

atenuación o degradación natural. Otros factores como la oxidación biológica, la precipitación y los efectos de la luz solar también contribuyen a la degradación del cianuro.

En los suelos, las bacterias asimilan el cianuro mediante diversas reacciones aeróbicas y anaeróbicas. En algunos casos, la combinación de estos procesos de degradación natural es suficiente para satisfacer los requisitos que reglamentan la descarga de soluciones que contienen cianuro. Las velocidades reales de degradación deben determinarse mediante ensayos basados en la especificidad del emplazamiento y empleando condiciones que imiten, tanto como sea posible, los tipos de soluciones y los procesos naturales que probablemente ocurran en ese lugar.

**Oxidación química (método de cloración alcalina).** La cloración alcalina es un proceso químico consistente en la oxidación y destrucción de las formas de cianuro libre y cianuro disociable en ácido débil en medio alcalino (pH de 10.5 a 11.5). El cloro se suministra en forma líquida o como hipoclorito de sodio o de calcio en forma sólida.

El primer paso en la destrucción del cianuro utilizando hipoclorito o cloro consiste en la oxidación del cianuro para formar un cloruro de cianógeno intermedio. Con el elevado pH de la oxidación, el cloruro de cianógeno intermedio se hidroliza rápidamente a cianato.

El primer paso de oxidación completa lleva unos 15 minutos a un pH de 10.5. El segundo paso de la oxidación comprende la hidrólisis del cianato a amoníaco y carbonato, en presencia de cloro o hipoclorito. La hidrólisis suele emplear periodos de reacción de varias horas. La oxidación del cianuro a cianato requiere aproximadamente 2.75 partes de cloro por una parte de cianuro.

Este proceso de cloración alcalina proporciona una posibilidad de tratamiento viable para la eliminación de cianuro libre y disociable en ácido débil, por lo consiguiente, posterior a este, es necesario hacer un tratamiento para eliminación de metales mediante electrodeposición, intercambio iónico o procesos biotecnológicos; que deben ser estudiados experimentalmente para ser evaluados en su eficiencia y en su factibilidad económica.

## **PROYECTOS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE Y AMBIENTAL DEL ORO**

**Conformación de la Red Mercurio.** El agosto de 2004 se instaló la Red Mercurio, que busca mejorar la calidad de vida de las personas que viven en los municipios auríferos del departamento de Antioquia y contribuir de alguna manera a evitar el envenenamiento por mercurio. Gracias a ello se promueve actualmente la formación de un ciudadano solidario con su medio ambiente y su entorno.

**Molino continuo para la recuperación de oro y plata.** Este proyecto se adelanta en la mina legalizada La Córdova ubicada en Segovia para la recuperación de oro y plata sin mercurio. Se espera que este proyecto, con un costo total de \$650 000.000 y avalado por la

Frontino Gold Mines, impacte de manera positiva específicamente en la producción más limpia. Se busca además legalizar las explotaciones mineras y evitar los riesgos tan altos por explotar ilegalmente las minas. Los beneficiarios de este proyecto serían alrededor de 2 000 mineros que hoy están desorganizados. El impacto social esperado es el siguiente:

- 120 empleos directos
- 40 empleos indirectos
- Proyectos educativos para mineros y sus hijos
- Plan de vivienda para mineros

**Oro Verde.** El proyecto Oro Verde Certificado ideado en Medellín, liderado por Catalina Cock y avalado por el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, busca revertir los procesos de devastación de ecosistemas originada por la minería sin control, al fomentar el cumplimiento de prácticas ambiental y socialmente responsables mediante un riguroso sistema de certificación de los procesos de explotación. La posibilidad de pagar mejores precios a los mineros certificados incentiva procesos de producción limpios y forja tejidos sociales. Se busca darle valor agregado al oro certificados, generar empleo e inversión técnica y social, desarrollando líneas de productos (materia prima, souvenir ambiental y joyería) encaminados al desarrollo de segmentos verdes y justos en mercados europeos y norteamericanos.

#### **Otras medidas de prevención, corrección y mitigación de impactos ambientales**

- Conformación de diques de protección
- Revegetación y reforestación de áreas de explotación
- Manejo de sedimentos mediante dragado hidráulico
- Relleno hidráulico de zonas explotadas y de bajos inundables

#### **CIERRE DE LABORES MINERAS**

Debido a que el oro es un recurso no renovable, es imprescindible que las autoridades locales tengan conciencia de lo que le sucederá a su comunidad una vez que las minas terminen sus operaciones y cómo este hecho afectará la vida de la región. Esto no solo comprende los elementos ambientales, sino también involucra, con el mismo nivel de importancia, los aspectos socioeconómicos. La sostenibilidad de cualquier medida de desarrollo se mide por su impacto después del cierre o abandono de la mina y sus instalaciones.

El cierre de minas debería planearse e iniciarse desde el mismo comienzo de una explotación minera, sin importar el tamaño de la misma. Una vez concluida la extracción del oro, se deben realizar una serie de actividades de supervisión y control que garanticen que las actividades de remediación hayan sido completadas. Estas actividades pueden prolongarse en el tiempo hasta satisfacer los planes de cierre. La remediación no implica de ninguna manera que el área minada debe volver a su estado original, pero sí disponer de los medios y acciones necesarias que la habiliten para usos futuros.