

## Propuesta para el desarrollo sustentable de la pequeña minería en Bolivia

\* Dr.- Ing. Gerardo Zamora Echenique - \*\* M. Cs. Ing. Elvis Trujillo L.  
\*\*\* Ing. Milan Llanque C.

### Resumen

En el ámbito minero, uno de los mayores desafíos enfrentados por el mundo actual, es la integración de la actividad económica con la preservación ambiental, las preocupaciones sociales y los sistemas eficientes de gobernanza. El logro de esta integración puede ser denominado “desarrollo sostenible”; y su perduración en el tiempo, “desarrollo sustentable”.

Hasta el momento no existe una definición ampliamente aceptada referida a la “pequeña minería”; sin embargo, se ha coincidido a nivel mundial la consideración de dichas actividades mineras con el nombre de “Minería Artesanal y en Pequeña Escala – MAPE”. En Bolivia se tiene datos de una fuerza laboral en la MAPE de cerca de 72000 personas involucradas; de las cuales, 54% están involucrados en la explotación de minerales base y 45% en la explotación de oro, alcanzando un 27% de la proporción productiva minera. La producción minera de la MAPE Boliviana alcanza a: 12 toneladas de oro; 433 toneladas de plata; 149 toneladas de zinc y 12 toneladas de estaño (dato con referencia anterior a la inclusión de cerca de 5000 cooperativistas a empresa minera estañífera de Huanuni).

Los numerosos impactos ambientales provocados por la MAPE en Bolivia son tal vez la mayor preocupación de muchos analistas del sector de la minería; los cuales se resumen en: Contaminación con mercurio y cianuro; eliminación directa de relaves y efluentes en los ríos; peligros debido a diques para relaves mal construidos; daño en los ríos en áreas aluviales; ríos convertidos en cienos; daño por erosión y deforestación; y finalmente, destrucción del paisaje.

En general, la falta de éxito del gobierno boliviano para controlar ambientalmente las actividades de la MAPE se debe en parte a que los marcos reguladores tienden simplemente a controlar, sin ofrecer muchos beneficios obvios o incentivos para los mineros. Los mineros artesanales y en pequeña escala sólo formalizarán y registrarán las operaciones si ven que logran ciertas ventajas reales al hacerlo.

Para incorporar a la MAPE a programas nacionales de protección ambiental, es necesaria la implementación de ALBAs (Estudios de Línea Base) conjuntos, como medida inicial; los mismos deberían ser definitivamente encarados bajo responsabilidad del estado; para luego, incorporar el principio de las “Tecnologías Limpias” en sus procesos, como segundo paso. Para ello, se requiere de un apoyo técnico y tecnológico adecuado a la MAPE, como tarea prioritaria del estado, que requiere además del apoyo al desarrollo de la investigación científica y tecnológica en **dos líneas prioritarias** de investigación:

- 1. Tecnologías limpias aplicables a la explotación y procesamiento de minerales base y otros en el sector de la minería artesanal y pequeña minería**
- 2. Tecnologías limpias aplicables a la explotación y procesamiento de oro en el sector de la minería artesanal y pequeña minería**

Palabras clave: pequeña minería – desarrollo sustentable - Bolivia

Docentes – Carrera de Minas– Universidad Técnica de Oruro  
Ciudad Universitaria – Zona Sud – Oruro – Bolivia

[\\*gerardozamoraechenique@yahoo.es](mailto:gerardozamoraechenique@yahoo.es) [\\*\\*jelvyst20@gmail.com](mailto:**jelvyst20@gmail.com) [\\*\\*\\* milanllanque@gmail.com](mailto:***milanllanque@gmail.com)

### Abstract

In the mining field, one of the greatest challenges faced by the world today is the integration of economic activity with environmental preservation, social concerns and efficient governance systems. The achievement of this integration can be called "sustainable development" and its durability over time.

So far there is no widely accepted definition referring to "small mining"; however, the consideration of such mining activities under the name of "Artisanal and Small Scale Mining - MAPE" has coincided worldwide. In Bolivia, there is data on a labor force in the ASM of about 72,000 people involved; of which, 54% are involved in the exploitation of base minerals and 45% in the exploitation of gold, reaching 27% of the mining productive proportion. The mining production of the Bolivian MAPE reaches: 12 tons of gold; 433 tons of silver; 149 tons of zinc and 12 tons of tin (data with reference prior to the inclusion of about 5,000 cooperative members in Huanuni tin mining company).

The numerous environmental impacts caused by the ASM in Bolivia are perhaps the main concern of many analysts in the mining sector; which are summarized in: Pollution with mercury and cyanide; direct elimination of tailings and effluents in rivers; dangers due to badly constructed tailings dams; damage to rivers in alluvial areas; rivers converted into silts; damage by erosion and deforestation; and finally, destruction of the landscape. In general, the lack of success of the Bolivian government to environmentally control the activities of the ASMM is partly due to the fact that the regulatory frameworks tend to simply control, without offering many obvious benefits or incentives for the miners. Artisanal and small-scale miners will only formalize and register operations if they see that they achieve certain real advantages in doing so.

To incorporate the MAPE into national environmental protection programs, it is necessary to implement joint ALBAs (Baseline Studies), as an initial measure; they should be definitely addressed under the responsibility of the state; to then, incorporate the principle of "Clean Technologies" in their processes, as a second step. To do this, it requires technical and technological support appropriate to the ASM, as a priority task of the state, which also requires support for the development of scientific and technological research in two priority research areas:

1. Clean technologies applicable to the exploitation and processing of base minerals and others in the sector of artisanal mining and small-scale mining
2. Clean technologies applicable to the exploitation and processing of gold in the artisanal and small-scale mining sector

Keywords: small-scale mining - sustainable development – Bolivia.

## 1. Introducción

Uno de los mayores desafíos enfrentados por el mundo actual en el ámbito de la minería, es la integración de la actividad económica con la preservación ambiental, las preocupaciones sociales y sistemas eficientes de gobernanza.

El logro de esta integración puede ser denominado “desarrollo sostenible”; y su perduración en el tiempo, “desarrollo sustentable”. Para el sector minero, dicho logro significa maximizar el aporte al bienestar de la generación actual de forma tal que garantice una distribución equitativa de costos y beneficios; además de amigable con el medio ambiente, sin reducir las posibilidades de satisfacción de necesidades de las futuras generaciones.

## 2. Análisis de la Problemática Ambiental del Sector de la Pequeña Minería en Bolivia

### 2.1 Sector de la Pequeña Minería

Hasta el momento no existe una definición ampliamente aceptada referida a la “pequeña minería”; sin embargo, se ha coincidido a nivel mundial la consideración de dichas actividades mineras con el nombre de “Minería Artesanal y en Pequeña Escala – MAPE”.

El término puede usarse para definir un amplio espectro de actividades, desde el proceso de lavado de oro realizado en forma individual en el sector de Tipuani, hasta el de los ex trabajadores de empresas mineras estatales o empleados de empresas privadas despedidos que se han organizado en cooperativas; y/o, aquellos que desarrollan operaciones mineras donde se utilizan los métodos más básicos de extracción y procesamiento.

Sin embargo, para diferenciación de ambos rubros en este documento, la minería artesanal involucra a personas o familias que realizan operaciones mineras en forma exclusivamente manual; mientras que, en la minería a pequeña escala, las operaciones de extracción son más extensas y por lo general más mecanizadas.

En la pequeña minería de Bolivia (incluyendo la minería artesanal) se pueden distinguir las siguientes formas de organización:

- Minería informal (grupos no organizados, grupos familiares, mineros solitarios; todos ellos sin concesiones legales)
- Minería Chica (pequeña minería privada)
- Minería Cooperativizada (Cooperativas mineras)

Dentro de estas formas de organización existen una gran cantidad de otras formas intermedias que no permiten una clara diferenciación.

Los mineros en los sectores arriba expuestos, tienen muchas características en común, tales como:

- Explotación de depósitos marginales o pequeños; aunque, ahora se los encuentra también realizando actividades mineras en importantes depósitos mineros
- Carencia de capital en dependencia de las cotizaciones de los metales en el mercado.
- Trabajo intensivo, con bajos índices de recuperación.
- Acceso insuficiente a los mercados y servicios de apoyo.
- Bajos estándares de salud y seguridad.
- Impacto significativo en el medio ambiente.

La mayoría de estos mineros – hombres, mujeres o niños – provienen de comunidades con una larga tradición en la minería en pequeña escala; sin embargo, no necesariamente participan en ella en jornadas completas. Los mineros artesanales normalmente se incorporan a la actividad minera como último recurso durante períodos de recesión económica.

Dado a que no existe una definición clara de la MAPE y debido a que estos mineros trabajan casual e informalmente, es imposible estimar el número total de mineros artesanales y en pequeña escala. Un estudio reciente propone que en todo el mundo la minería en pequeña escala involucra un orden de 13 millones de personas en forma directa, principalmente en los países en desarrollo y que afecta los medios de subsistencia de otros 80–100 millones. El punto importante es que el número de personas empleadas en la MAPE es muy elevado.

En Bolivia se tiene datos de una fuerza laboral en la MAPE de cerca de 72000 personas involucradas; de las cuales, 54% están involucrados en la explotación de minerales base y 45% en la explotación de oro, alcanzando un 27% de la proporción productiva minera. La producción minera de la

MAPE Boliviana alcanza a: 12 toneladas de oro; 433 toneladas de plata; 149 toneladas de zinc y 12 toneladas de estaño (dato con referencia anterior a la inclusión de cerca de 5000 cooperativistas a empresa minera estañífera de Huanuni).

Actualmente, la cantidad de personas que trabajan en la MAPE en ciertas regiones de Bolivia se han incrementado como consecuencia de la crisis económica y el alza de los precios de los metales. La minería artesanal y en pequeña escala también contribuye a los medios de subsistencia de personas que no son mineros, sus dependientes y la economía global. Muchos mineros no completan el procesamiento, sino que venden sus productos semi procesados a los intermediarios, que lo concentran y transportan al mercado.

La mujer cumple un papel relativamente pequeño en la minería en gran escala, pero están frecuentemente involucradas en las operaciones en escala más pequeña. En Bolivia, por ejemplo, las mujeres representan alrededor del 40% de la fuerza laboral de la MAPE.

Una ventaja distintiva de tener miembros femeninos de la familia involucrados en la minería es el hecho de que es más probable que gasten sus ingresos en mantener a sus familias –por ejemplo, invirtiendo en alimentación, educación, vestuario o productos agrícolas. En cambio, los hombres tienden a gastar sus salarios en apuestas, alcohol y prostitutas. Cuando las mujeres participan en la minería como miembros de una empresa familiar, sin embargo, tienen menos control de sus gastos, ya que es probable que el ingreso sea administrado por los hombres.

## **2.2 Explotación Minera en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

Como sucede en la parte moderna del sector de la minería, la decisión acerca de lo que se debe explotar depende de muchos factores diferentes, incluyendo la calidad y

disponibilidad del mineral y los precios en el mercado.

También, influye la división del trabajo: las empresas más grandes prefieren depósitos que les permitan obtener beneficios de la mecanización y las economías de escala –de modo que favorecen las vetas que son extensas y uniformes aun cuando requieran trabajo subterráneo o desplazamiento de grandes coberturas de rocas. Esto deja un nicho para los mineros que trabajan en menor escala, son más flexibles y pueden explotar cuerpos mineralizados irregulares y vetas escarpadas y en declive.

Al igual que las grandes empresas, los mineros artesanales y en pequeña escala comparan los costos de producción con los precios del mercado. Pero, como no tienen el capital o el tiempo para invertir en estudios de exploración o geológicos, dependen más del conocimiento y experiencia de los lugareños. Y cuando encuentran un posible depósito, comienzan a explotarlo inmediatamente.

La forma de extracción dependerá de la ubicación del mineral: si debe ser explotado en forma subterránea, si se puede llegar a él a través de una perforación en la tierra o si está disponible como depósito aluvial en ríos o arroyos.

Aunque los mineros en pequeña escala utilizan bajos niveles de tecnología, la recuperación de mineral a menudo es incrementada mediante la purificación repetitiva no planificada. En la primera etapa de recuperación, los mineros extraen el mineral de más alta ley en forma manual, dejando aquel de más baja ley como relleno de la mina. Sin embargo, con el tiempo, incluso este mineral de baja ley puede ser usado: los mismos mineros u otros pueden regresar más tarde, si no existen opciones más atractivas, ya que no se requiere barrenar ni usar explosivos. Tarde o temprano, todo mineral que proporcione un medio de subsistencia será explotado de alguna forma u otra.

La segunda oportunidad para recuperar el mineral se produce en la planta de procesamiento: Cuando se extrae del material de baja ley que no es llevado a la planta de procesamiento o del material de descarga o “relaves del procesamiento”. Nuevamente, se tiende a explotar sólo una pequeña parte de estos descartes residuales. Las mujeres y niños, por lo general vuelven a explotar estos desechos hasta agotar totalmente el mineral.

La recuperación también aumenta mediante el procesamiento secuencial. En el caso del oro, por ejemplo, los mineros artesanales y en pequeña escala pueden recuperar solamente alrededor del 50% del metal en la primera etapa mediante la amalgamación con mercurio. Pero, también pueden acumular los relaves y luego venderlos o procesarlos con cianuro. Es probable que la cianuración artesanal tampoco sea muy eficiente, ya que se recupera alrededor del 70% del oro restante, aunque este proceso se puede repetir, lo cual permite índices de recuperación totales de casi el 100%, aunque, esta técnica no es muy difundida en el ámbito boliviano, su posibilidad de aplicación por lo precios del oro está más cerca que nunca antes.

En el caso de la **minería artesanal**, las herramientas y tecnologías usadas son, por lo general, bastante rudimentarias –extracción con picotas y palas y lavado en canaletas y bateas con equipo simple; mientras que, en la **pequeña minería** se llevan a cabo el procesamiento mecanizado en ingenios, que por la subida de los precios de los metales, tiene una fuerte ascendencia en cuanto a su nivel de producción. La mejora de los índices de recuperación está solamente basada en el reprocesamiento y la desoxidación.

### **2.3 Impactos Ambientales en la Explotación Minera en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

Los numerosos impactos ambientales provocados por la MAPE son tal vez la mayor preocupación de muchos analistas del sector de la minería.

Para comprender que la generación de impactos negativos a de las MAPES en Bolivia, se puede mencionar los siguientes casos:

- Trabajo de las Cooperativas Mineras en Siglo XX y Catavi, Totoral y Avicaya; que no tienen diques de colas ni recirculan agua de procesamiento.
- Trabajo de las Cooperativas de Japo y Morococala que reprocesan materiales de mina y de pasivos ambientales generadores de DAR descargando efluentes a la cuenca endorreica del Lago POOPO.
- Mineros chicos que dejan escurrir DAM de sus bocaminas sin canalización ni neutralización alguna y depositan residuos sulfurosos desordenadamente por doquier.
- Procesos de amalgamación para recuperación de Au en sectores de Tipuanai, Iroco y otros.

Si bien las cargas ambientales de estas operaciones podrían tener en su favor que son menos significativas por ejemplo frente a las descargas ambientales de la Mina Huanuni o San José tienen el grave **problema de adormecer conciencias** no sólo de los miembros de las MAPES sino de las propias autoridades encargadas de hacer cumplir la Ley 1333 y sus reglamentos específicos y sectoriales.

En resumen, se puede establecer que las principales fuentes potenciales de impacto ambiental generadas por las MAPES pueden resumirse en las siguientes:

- contaminación con mercurio,
- contaminación con cianuro,
- eliminación directa de relaves y efluentes en los ríos,
- peligros debido a diques para relaves mal construidos,
- daño en los ríos en áreas aluviales,
- ríos convertidos en cienos,
- daño por erosión y deforestación, y
- destrucción del paisaje.

Algunos consideran que esto es inaceptable y que es una razón suficiente para prohibir muchas formas de minería artesanal y en pequeña escala en el mundo.

Ciertamente es efectivo que los mineros en pequeña escala tienden a provocar más daño al medio ambiente que los que trabajan en empresas mineras modernas, con un costo ambiental mayor por unidad de producción.

Contribuye a agravar este problema la falta de conciencia –especialmente con respecto a los impactos ambientales menos visibles o a largo plazo que provocan estas actividades – unida a la falta de información sobre los métodos disponibles para reducir los impactos y una falta de incentivos obvios para efectuar cambios. (Esta situación se ve agravada porque en muchos casos, los gobiernos no controlan estas actividades, que están fuera del marco regulador, o carecen de la capacidad para fiscalizarlas o controlarlas.

### **2.3.1 La Contaminación con Mercurio en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

La actividad de mayor preocupación para muchos es el uso del mercurio por parte de los mineros del oro –poniendo en riesgo su propia salud y la de los demás. Este proceso consiste en pulverizar el mineral de manera de liberar el oro y, luego, agregar mercurio, el cual se combina con el oro para formar una amalgama que es más densa que el material residual y puede ser cortada como una ‘torta’. Después, los mineros calientan esta torta para destilar – o simplemente quemar– el mercurio como vapor, dejando un residuo de oro. El mercurio es extremadamente tóxico, de modo que es un proceso peligroso no sólo para los operadores, sino también para cualquier persona que se encuentre en las inmediaciones. El uso inapropiado del mercurio a menudo se debe a una falta de conocimiento del proceso; sin embargo, la sencillez de esta técnica y su efectividad para recuperar oro han hecho de la amalgamación una de las técnicas preferidas por los pequeños mineros.

### **2.3.2 La Contaminación con Cianuro en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

Aunque el uso del cianuro en la MAPE Boliviana aún no está difundido, la facilidad de su uso en tanques o turriles para la disolución de oro fino no recuperable por métodos gravimétricos sencillos, y la posterior etapa de tratamiento de la solución mediante cementación con polvo de zinc en cajas de madera llenadas con paja brava, que genera efecto de succión y desoxigena la solución, permite la recuperación metalúrgica de oro en países como Ecuador y Perú. Las soluciones del proceso, son entonces directamente vertidas a los ríos generando así un fuerte impacto ambiental. En Bolivia el método aún no se aplica en el sector objeto del presente estudio.

### **2.3.3 La eliminación directa de relaves y efluentes en los ríos en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

La falta de sitios para la disposición final de relaves en operaciones mineras, en especial del sector de la pequeña y hasta la mediana minería boliviana, están generando “enormes” impactos ambientales a los cuerpos receptores acuáticos superficiales. En especial, las fuertes cargas de sólidos suspendidos mineralizados y de metales pesados disueltos, acidez y sulfatos, generados por la oxidación de sulfuros (especialmente pirita y complejos sulfurados) presentes en los relaves descargados, están alterando significativamente la calidad de los ríos.

A ello, se suma la descarga de drenajes ácidos de roca y de mina; los que, a partir de la presencia de pasivos ambientales mineros y sitios de descarga de desmontes en minas en operación, para el primer caso; y del desagüe obligado en minas subterráneas, para el segundo caso, respectivamente, cargan con enormes cantidades de metales pesados, acidez y presencia de sulfatos a los ríos blancos de una contaminación sin precedentes.

### **2.3.4 Peligros debido a diques para relaves mal construidos en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

La falta de conocimientos en la construcción de “diques” o sitios de almacenamiento de relaves, causa el colapso de los mismos; provocando así, un impacto ambiental a los cuerpos receptores acuáticos. Asimismo, las inadecuadas técnicas de disposición empleadas, hacen de que la operación en los diques de almacenamiento sea ineficiente para la recuperación de aguas y su posible recirculación a los circuitos de procesamiento. Finalmente, la falta de nueva tecnologías de manejo de relaves, genera usos de enormes áreas de terreno y dificultades de estabilidad en los diques construidos; o dificultades de manejo, en especial en lugares escarpados, sin superficies llanas para la disposición.

### **2.3.5 Daños en los ríos en áreas aluviales en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

El manejo inadecuado de los residuos del procesamiento de la MAPE en lechos de ríos provoca alteraciones en los cursos y formación de ciénegas. Asimismo, se debe también resaltar que para la separación de las piritas de la casiterita, en la MAPE boliviana, se recurren generalmente a una flotación rústica en buddle, utilizando para el propósito, ácido sulfúrico, xantatos y diesel.

Estos reactivos, que por desconocimiento son utilizados en cantidades exageradas, también entran a los cursos de los ríos sin ninguna precaución. Los “relaveros”, que retratan colas antiguas, utilizan la misma tecnología rústica descrita. Estos destruyen además diques de colas antiguas –que la COMIBOL u otras empresas particulares construyeron- para recuperar algo del mineral valioso aun contenidos, para luego descartar las nuevas colas a los ríos.

Las actividades mineras de la MAPE, además de generar impactos ambientales por descargas de contaminantes presentes en sus colas de tratamiento y de efluentes tóxicos, descritos en los acápite anteriores, generan la

alteración de los cuerpos acuosos por el inadecuado manejo de sólidos urbanos o basuras generados en sus campamentos; además de, aguas residuales urbanas, mismas que sin tratamiento son vertidas a los cauces de los ríos.

### **2.3.6 Daños por erosión, deforestación y destrucción del paisaje en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

El material de descarte del laboreo minero de superficie generado por la MAPE en la minería de metales base y estaño, provoca la formación de Drenajes Ácidos de Roca que, por su acidez y presencia de metales pesados, altera la calidad de los suelos (disuelve la materia orgánica y los nutrientes), generando así el aniquilamiento de las especies nativas de flora y la consecuente erosión de los suelos y su consiguiente deforestación.

Asimismo, en las actividades de exploración de yacimientos auríferos secundarios, se presentan problemas de erosión e inestabilidad de taludes. Por otra parte, la degradación de la calidad de los suelos tiene relación con la dispersión de colas y sedimentos acumulados en los lechos de los ríos, por transporte y sedimentación durante los desbordes sobre las terrazas, o a través del uso de aguas contaminadas para riego de parcelas de cultivo.

### **2.4 Peligros para la Salud en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

Normalmente, los mineros en pequeña escala a menudo trabajan en condiciones de riesgo. De acuerdo a la OIT, los cinco principales riesgos a la salud asociados con la MAPE son la exposición al polvo (silicosis); exposición al mercurio y otros productos químicos; los efectos del ruido y la vibración; los efectos de la ventilación deficiente (calor, humedad, falta de oxígeno), y los efectos del esfuerzo excesivo, espacio insuficiente para trabajar y equipo inadecuado. Aunque los riesgos a la salud provocados por la actividad extractiva son similares para ambos sexos, puede haber peligros adicionales para las mujeres que

participan en la minería, específicamente si entran en contacto con productos químicos que presentan peligro para la salud para los fetos o niños en período de lactancia. Los niños son particularmente vulnerables.

Además, se producen muchos accidentes en la minería artesanal y en pequeña escala. Las cinco causas citadas con más frecuencia son los desprendimientos de rocas y subsidencias, falta de ventilación, uso inapropiado de explosivos, falta de conocimiento y preparación, equipo obsoleto y con manutención deficiente.

El ambiente peligroso se extiende más allá de las minas. Quienes participan en la MAPE figuran entre los más pobres de la sociedad y, por lo tanto, es probable que no cuenten con las medidas de salubridad adecuadas, acceso a agua potable o atención de salud primaria. Tal vez, estos problemas sean aún más serios cuando los mineros se congregan cerca de un depósito recién descubierto o se establecen en campamentos no organizados.

### **2.5 Problemas Sociales**

La MAPE representa un aspecto importante de los medios de subsistencia para los mineros y estimula la demanda de bienes y servicios producidos en el lugar –alimentos, herramientas, equipo, vivienda y diversos tipos de infraestructura. Pero en los lugares en que la MAPE se ha desarrollado durante un período prolongado, su aporte tiende sólo a complementar los medios de subsistencia ya existentes.

Muchos de los problemas sociales que enfrentan las comunidades afectadas por la minería en pequeña escala son similares a los asociados con la minería en gran escala. En algunos casos, existe un tema importante de cambio en el orden social, ya que de la agricultura de subsistencia se pasa a la MAPE. El daño ambiental provocado por la MAPE en el lugar puede agravar también las dificultades económicas y producir daños a la salud. Además, puede provocar desorganización social –particularmente cuando se transforma

en una ‘fiebre’ repentina. Parte de esto se vincula con la inmigración: cuando grandes cantidades de personas llegan a un lugar, pueden entrar en conflicto con los lugareños, provocando, a veces, violencia e introduciendo nuevos problemas sociales y de salud. No obstante, pueden surgir otros problemas cuando los lugareños se ven atraídos por las oportunidades deslumbrantes de la actividad minera, sean reales o imaginadas, que los hace desertar de sus campos.

### **3. Incidencia de las Políticas Públicas de Gestión Ambiental en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería Boliviana**

#### **3.1 Normativas Ambientales para el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería Boliviana**

La Ley 1333 del Medio Ambiente, promulgada el 27 de Abril de 1992; y debidamente reglamentada para su aplicación recién el 8 de Diciembre de 1995, “tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población”.

La política nacional del medio ambiente, inherente a la temática abordada, debe contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, sobre las siguientes bases, de entre otras: Definición de acciones gubernamentales que garanticen la preservación, conservación, mejoramiento y restauración de la calidad ambiental; promoción de la conservación de la diversidad biológica garantizando el mantenimiento y la permanencia de los diversos ecosistemas del país; optimización y racionalización el uso de aguas, aire suelos y otros recursos naturales renovables garantizando su disponibilidad a largo plazo; incorporación de la educación ambiental para beneficio de la población en su conjunto; y finalmente, promoción y fomento de la investigación científica y tecnológica

relacionada con el medio ambiente y los recursos naturales.

Respecto a la explotación de los Recursos Minerales, la Ley 1333 establece que, ésta debe desarrollarse considerando el aprovechamiento integral de las materias primas, el tratamiento de materiales de desecho, la disposición segura de colas, relaves y desmontes, el uso eficiente de energía y el aprovechamiento nacional de los yacimientos.

La gestión ambiental en minería es un conjunto de acciones y procesos para la protección del medio ambiente desde el inicio hasta la conclusión de una actividad minera. Se consideran instrumentos de regulación directa de alcance particular la Ficha Ambiental, la Declaratoria de Impacto Ambiental, el Manifiesto Ambiental, la Declaratoria de Adecuación Ambiental, las Auditorías Ambientales, las Licencias y Permisos ambientales.

En cada una de las operaciones o concesiones mineras, los concesionarios u operadores mineros deben contar con una licencia ambiental para la realización de actividades mineras, conforme a lo establecido en la Ley del Medio Ambiente, sus reglamentos, el Código de Minería y el presente reglamento. El Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) está destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación, operación, futuro inducido, mantenimiento y abandono de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer las correspondientes medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.

El concesionario u operador minero debe realizar una Auditoría Ambiental de Línea Base (ALBA) según lo dispuesto en el artículo 86 del Código de Minería y el reglamento ambiental de actividades mineras. La degradación de dichas condiciones ambientales que pudiera resultar de actividades mineras que cumplan con los

límites permisibles vigentes no es responsabilidad del concesionario u operador minero. Si el concesionario u operador minero no realiza la ALBA asume la responsabilidad de mitigar todos los daños ambientales originados en su concesión y actividades mineras. Los concesionarios u operadores mineros que realicen operaciones en un mismo ecosistema o microcuenca podrán ejecutar una ALBA común. El informe técnico de la ALBA es parte integrante de la licencia ambiental.

Las infracciones administrativas del reglamento ambiental en actividades mineras, es sancionado de conformidad con lo establecido en el Capítulo I del Título IX del Reglamento General de Gestión Ambiental que señalan: Las sanciones administrativas a las contravenciones, siempre que éstas no configuren un delito, serán impuestas por la Autoridad Ambiental Competente, según su calificación y comprenderán las siguientes medidas:

- a) amonestación escrita cuando la infracción es por primera vez, otorgándole al amonestado un plazo perentorio conforme a la envergadura del proyecto u obra, para enmendar su infracción;
- b) de persistir la infracción, se impondrá una multa correspondiente a una cifra del 3 por 1000 sobre el monto total del patrimonio o activo declarado de la empresa, proyecto u obra;
- c) revocación de la autorización, en caso de reincidencia.

Finalmente, referido a los incentivos; artículo 68 del Reglamento de Gestión Ambiental, señala que se consideran incentivos a las acciones de fomento que puedan decidir el Estado, las personas naturales, colectivas, públicas o privadas, para que se ejecuten programas de prevención y control de la contaminación ambiental a través de sistemas de concesiones o de subsidios directos, de incentivos tributarios, de subsidios al costo de financiamiento de inversiones en tecnologías ambientalmente sanas, o de otros sistemas que se establezcan.

### **3.2 Aplicación e Incidencia de las Políticas Públicas de Gestión Ambiental en el Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería Boliviana**

La minería boliviana es una actividad de orígenes precolombinos que siempre se ha desarrollado en múltiples ecosistemas y en medio de marcados contrastes sociales, culturales, económicos y tecnológicos. Diversas organizaciones especializadas en estos temas han registrado cómo, a pesar de avances cuantitativos en los servicios básicos de salud, educación y vivienda, persisten graves índices de pobreza e inequidad en la distribución del ingreso y la calidad de vida de la población.

La Ley 1333 y sus reglamentaciones son consideradas como “una de las más estrictas” hablando comparativamente con las normativas internacionales; sólo un ejemplo, la concentración de Zn para considerar un cuerpo acuoso y clasificarlo como A (apta para el consumo humano), establece como límite máximo permisible de 0.2 ppm; mientras que, dicha concentración exigible por la OPS es de 2 ppm. Por otra parte, los límites permisibles de descarga, establecidos en el Anexo 2 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, presentan “valores teóricos” inalcanzables en operaciones mineras. Un ejemplo, el límite máximo permisible de descarga de sólidos totales suspendidos deberá ser menor a 60 mg/lit; valor posible de alcanzar posiblemente después de “varias etapas” de filtración. Nótese que, aguas aptas para riego podrían en normativas internacionales llegar a límites de 5000 ppm.

La falta de aplicación de las normativas ambientales por parte de los operadores de la MAPE y el “insuficiente” control de las autoridades ambientales llamadas por ley, son el común denominador en la gestión ambiental boliviana. Incluso, en la minería mediana, caso particular Huanuni y otras empresas, que aún siguen con el concepto de “descargas de sus procesos directamente a los ríos”.

Para incorporar a la MAPE a programas nacionales de protección ambiental, es necesaria la implementación de ALBAs conjuntos –basándose en la hipótesis de que las empresas mineras en pequeña escala en una zona ecológicamente homogénea provocarán impactos ambientales similares y, por lo tanto, podrán usar planes de gestión ambiental idénticos. Sin embargo, los altos costos y que hacen que estén muy lejos del alcance de los mineros en pequeña escala, que en el mejor de los casos, tratarán de acatar las normas contratando asesores ambientales no muy calificados o, lo que es más probable, seguirán operando ilegalmente.

En general, la falta de éxito del gobierno boliviano para controlar ambientalmente las actividades de la MAPE se debe en parte a que los marcos reguladores tienden simplemente a controlar, sin ofrecer muchos beneficios obvios o incentivos para los mineros. Los mineros artesanales y en pequeña escala sólo formalizarán y registrarán las operaciones si ven que logran ciertas ventajas reales al hacerlo. Además, únicamente dejarán la minería si se les ofrecen otras fuentes de ingreso alternativas y más interesantes. Así, quienes registren las minas podrán lograr acceso a tecnologías y servicios, junto con la información acerca de temas como salud, seguridad y gestión ambiental. También podrán obtener asesoría financiera, además de información sobre los precios en los mercados y el acceso a ellos –lo cual los haría menos dependientes de los intermediarios para la venta de sus productos y les permitiría obtener mejores precios.

Las ALBA deberían ser definitivamente encaradas bajo responsabilidad del estado y para ello se debe buscar apoyo internacional. Por otro lado, además del control por parte de las AAC y el OSC, se requiere también un apoyo técnico y tecnológico adecuado a las MAPE y esa debería ser en primera instancia la tarea del estado.

#### **4. Propuesta de Investigaciones sobre Tecnologías Limpias Aplicables al Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería**

El objeto de estudio de las investigaciones a ser propuestas en el ámbito de las Tecnologías Limpias Aplicables al Sector de la Minería Artesanal y Pequeña Minería, deben dar una respuesta a la problemática ambiental descrita.

Por otra parte, la Investigación Científica y Tecnológica, puede ser estructurada operativamente en **LINEAS, PROGRAMAS y PROYECTOS DE INVESTIGACION.**

Una **LINEA de INVESTIGACION**, es una definición estratégica de un área temática macro, importante y priorizada, a ser encarada operativamente, mediante la formulación de varios Programas de Investigación, frecuentemente interdisciplinarios.

Un **PROGRAMA de INVESTIGACION** es una formulación operativa de una temática de investigación inter- o unidisciplinaria y está estructurado por varios Proyectos de Investigación.

Un **PROYECTO de INVESTIGACION**, es la unidad básica de la actividad investigativa y cuyo desarrollo permitirá la generación de conocimiento y la solución de problemas de la realidad social, económica y tecnológica.

A partir de la información referida a los campos de acción de MAPE en Bolivia, se pueden definir **dos líneas prioritarias** de investigación:

- 3. Tecnologías limpias aplicables a la explotación y procesamiento de minerales base y otros en el sector de la minería artesanal y pequeña minería**
- 4. Tecnologías limpias aplicables a la explotación y procesamiento de oro en el sector de la minería artesanal y pequeña minería**

Los **Programas y Proyectos de Investigación** propuestos para el sector de la

MAPE y que permitirán abordar las líneas estratégicas priorizadas arriba señaladas son:

**Línea Prioritaria 1: Tecnologías limpias aplicables a la explotación y procesamiento de minerales base y otros en el sector de la minería artesanal y pequeña minería**

**PROGRAMA A: Gestión ambiental de procesos de explotación, beneficio y extracción de minerales base (Pb – Ag – Zn – Sn – otros: Sal – Azufre – Carbonatos – Áridos, etc. )**

**PROYECTOS:**

- a) Nuevas técnicas de explotación a pequeña escala de yacimientos mineros
- b) Modelación de yacimientos, técnicas analíticas, geoquímicas y geofísicas en prospección y exploración
- c) Aplicación de tecnologías limpias para el beneficio de minerales base:
  - Técnicas de trituración y molienda en seco
  - Preconcentración y Concentración en campos centrífugos
  - Preconcentración y Concentración en seco y/o minimización del uso del agua en procesos; recuperación y recirculación
  - Flotación con uso de agentes naturales y/o reducción de consumos de reactivos
- f) Aplicación de nuevas tecnologías limpias para la extracción de minerales base:
  - Hidrometalurgia
  - Biohidrometalurgia
  - Electrolixiviación de concentrados
- g) Procesos de recuperación de metales base de desmontes y relaves como alternativas de remediación

**PROGRAMA B: Gestión ambiental de residuos y efluentes de procesos de explotación, beneficio y extracción de minerales base (Pb – Ag – Zn – Sn - otros: Sal – Azufre – Carbonatos – Áridos, etc. )**

**PROYECTOS:**

- a) Tecnologías de disposición de desmontes y relaves

- b) Técnicas de densificación y disposición final de relaves
- c) Nuevas alternativas de tratamiento activo y pasivo de drenajes ácidos y/o uso de DAR en procesos
- d) Retratamiento de pasivos ambientales como alternativa de remediación de sitios mineros
- e) Tecnologías de restauración ambiental de sitios mineros contaminados
- f) Cierre de operaciones mineras subterráneas
- g) Tratamientos físicos, químicos y bacteriales de descontaminación de efluentes líquidos mineros
- h) Disposición final de residuos sólidos urbanos y manejo de aguas residuales domiciliarias de campamentos mineros

**Línea Prioritaria 2: Tecnologías limpias aplicables a la explotación y procesamiento de oro en el sector de la minería artesanal y pequeña minería**

**PROGRAMA A: Gestión ambiental de procesos de explotación, beneficio y extracción de oro**

**PROYECTOS:**

- a) Nuevas técnicas de explotación a pequeña escala de yacimientos auríferos
- b) Estabilización de taludes en sitios de explotación
- c) Tecnologías limpias de recuperación de oro fino
- d) Alternativas tecnológicas de sustitución de mercurio
- e) Alternativas tecnológicas de sustitución de cianuro
- f) Técnicas de reciclaje de mercurio

**PROGRAMA B: Gestión ambiental de residuos y efluentes de procesos de explotación, beneficio y extracción de oro**

**PROYECTOS:**

- a) Disposición final de residuos en zonas escarpadas y laderas
- b) Tratamiento de efluentes cianurados

## 5. Recomendaciones Finales

Para la planificación de la implementación de tecnologías limpias en la MAPE boliviana, es importante determinar el tipo de condiciones locales en el que se ubican las diferentes operaciones mineras. Para esto, es indispensable realizar una inventariación de las operaciones. Esta debe recabar la siguiente información:

- Lugar, infraestructura disponible, acceso, comunidades aledañas, datos climatológicos, etc.)
- Tipo de uso del suelo (áreas protegidas, comunitarias, reservas forestales, etc.)
- Tipo de yacimiento, características geológico-morfológicas;
- Tipo de organización de la mina (cooperativas, sociedades, informales, etc.)
- Minerales producidos
- Tecnología aplicada (métodos de explotación, extracción, beneficio, comercialización, etc.)
- Impactos ambientales;
- Datos socio-económicos y culturales

Para priorizar adecuadamente las tareas de una eventual intervención para la aplicación de tecnologías limpias, por experiencias ajenas y propias, se ha establecido que la difusión de tecnologías basada en “modelos” es el mecanismo más adecuado para transferir tecnologías limpias, aprovechando la vía tradicional de difusión de conocimientos. Dado que las tecnologías no pueden ponerse a prueba en laboratorio y que, con razón, nadie aceptaría una demostración realizada allí como “auténtica” o real, habrá que encontrar primero minas apropiadas que estén dispuestas a correr el riesgo de una reconversión hacia el uso de nuevas tecnologías.

El éxito de una medida depende principalmente de la selección de la mina donde se aplicarán las nuevas tecnologías por primera vez. Una mina elegida como “piloto” debe reunir las siguientes características:

- ✓ Buena ubicación geográfica (al centro de una región minera)
- ✓ Fácil acceso

- ✓ Yacimientos con potencial
- ✓ Organización eficiente y funcional
- ✓ Disposición a invertir esfuerzo humano y recursos financieros
- ✓ Buenas relaciones con las comunidades aledañas
- ✓ Sensibilización e interés en los problemas ambientales.

Sólo en contados casos será posible llenar todos estos requisitos, pero mientras más se aproxime la operación a este perfil, menores serán los riesgos inherentes a la difusión de soluciones exitosas. Un objetivo o argumento muy apropiado, que viene al caso para lograr esta oportunidad, son las minas que quieren mejorar su producción (ingresos), pero que no tienen la capacidad técnica necesaria. En estos casos, es posible que “El Proyecto” les pueda ofrecer asistencia técnica, con la condición de implementar paralelamente medidas ambientales. En muchos lugares esta estrategia ha funcionado muy exitosamente. Dentro de la asistencia técnica se debe dar primordial importancia a la transmisión de información sobre opciones “win-win” (ganar-ganar), o mejor dicho ambos ganan. Estas opciones son soluciones técnicas o técnico-organizativas que presentan al mismo tiempo resultados positivos a nivel técnico económico como también una reducción del impacto ambiental. Con ello, estas soluciones ya incluyen incentivos económicos para su aplicación, que al mismo tiempo van unidos a innovaciones técnicas. Desde el punto de vista de las políticas ambientales, estas soluciones tienen mucho más valor que los intentos de lograr metas ambientales a través de mecanismos directivos de tipo legal administrativo, por ejemplo mediante regalías, tributos y sanciones.

Las minas pequeñas muchas veces operan con márgenes de rentabilidad muy reducidos. Por esta razón, y debido a la ausencia de una conciencia ambiental, para ellos las medidas técnicas que mejorarían la situación del medio ambiente sólo serán exitosas si coinciden con la idea de una producción incrementada. Se debe realizar dicha fusión entre economía y ecología para asegurar que los mineros

apliquen estas medidas. El proyecto debe concentrar sus actividades en una región específica, en este caso Oruro (para mitigar los impactos ambientales causados por la pequeña minería). Ya se ha mencionado que el enfoque en sólo un determinado problema ambiental y su aislamiento de problemas colindantes es poco recomendable, puesto que se tienen que buscar soluciones integrales.

Sin embargo, el desarrollo de sistemas completos e integrados es complejo, requiere más personal (que además tiene que ser más capacitado), más recursos económicos y consume mucho tiempo. Por esto, para entrar, ganar confianza con los mineros es a veces conveniente empezar con un solo problema individual (por ejemplo, que tenga una alta probabilidad de aceptación y difusión), para luego complementarlo y relacionarlo con otros.

## 5. Referencias Bibliográficas

1. Hentschel, T (1998) 'Implementing environmental protection projects in small-scale mining'. En *The Proceedings of the Workshop on the Sustainable Development of Non-Renewable Resources Towards the 21st Century*. UNRFRNRE, Nueva York.
2. Hentschel, T, Hrushka, F, y Priester, M (2001) *Global Report on Artisanal and Small Scale Mining*. Informe preparado para MMSD.
3. CASM (2001) 'Charter'. Sitio Web de Collaborative Group on Artisanal and Small-Scale Mining, <http://wbln1018.worldbank.org/IFCEXT/casmsite.nsf/weblinks/charter>
4. McMahon, G, Evia, J L, Pasco-Font, A, y Sanchez, J (1999) *An Environmental Study of Artisanal, Small, and Medium Mining in Bolivia, Chile, and Peru*. Documento técnico del Banco Mundial No. 429, Banco Mundial, Washington D.C.
5. Mamadou, B (ed.) (1995) *A Summary of the Proceedings of the International Roundtable on Artisanal Mining Organized by the World Bank. Regularizando la Minería Informal*, Banco Mundial.
6. Loayza, F, Franco, I, Quezada, F, y Alvarado, M (2001) 'Bolivia: turning gold into human capital' Part 1, Chapter 2 en International Development Research Centre (2001) *Large Mines and the Community*. IDRC.
7. Wotruba, H, Hrushka, F, Preister, M, and Hentschel, T (1998) *Manejo Ambiental en la Pequeña Minería*. COSUDE, MEDMIN, La Paz, Bolivia.
8. United Nations (2002) *Berlin II Guidelines for Mining and Sustainable Development*. Available at <http://www.mineralresourcesforum.org/Berlin/index.htm>
9. World Bank (2000a) 'Managing the recent commodity price cycle'. En *Global Economic Prospects and the Developing Countries*. Banco Mundial, Washington D.C.
10. World Bank-International Finance Corporation (2001) *HIV/AIDS and Mining*. Grupo de Minería del Banco Mundial.
11. Chakravorty, S L (2001) *Country Paper on Artisanal and Small-Scale Mining*. Informe preparado para MMSD.
12. Ashton, P J, Love, D, Mahachi, H, y Dirks, P (2001) *An Overview of the Impact of Mining and Mineral Processing*
13. Azcue, J M (ed.) (1999) *Environmental Impacts of Mining Activities*. Springer, Alemania.
14. Lagos, G E, Blanco, H, Torres, V y Bustos, B (2001) *Minería y Minerales de Chile en la Transición Hacia el Desarrollo Sustentable*. Informe preparado para MMSD América del Sur.
15. Zamora G. Tecnologías de protección ambiental. Diplomado en gestión ambiental minera. Cajamarca. Perú (2005)
16. Zamora G. Gestión ambiental de residuos sólidos mineros. Maestría en tecnologías de protección ambiental. Puno. Perú (2006)