

**UNIVERSIDAD MAYOR DE “SAN ANDRÈS”  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS  
CONTADURIA PÚBLICA**



**PROYECTO DE GRADO**

**“LAS NORMAS MEDIOAMBIENTALES APLICADAS A  
LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LAS INDUSTRIAS  
MINERAS”**

**POSTULANTE** : Álvaro David Segales Saravia

**TUTOR** : Lic. Juan Pérez Vargas

*La Paz – Bolivia*

2010

## **DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto a:*

- ♠ *Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar*
- ♠ *Mis padres David y Blanca que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.*
- ♠ *Mi Cinthia quien es el Amor de mi vida y la mujer de mis sueños. Ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. Te Amo mi Cinthia.*
- ♠ *Mi familia por ayudarme siempre incondicionalmente en todo momento.*
- ♠ *Mis amigos por brindarme su valiosa amistad y llenar mi vida de momentos inolvidables.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Doy gracias a Dios por acompañarme siempre en todo momento de dificultad, permitirme terminar satisfactoriamente mis estudios y por cuidar a mi familia en las horas de ausencia.*

*Un agradecimiento especial a mi papito David, mi mamita Blanca y mi hermano Jesús por el apoyo y la confianza que me dan en las distintas facetas de mi vida que convergen hoy en mi graduación, por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto.*

*Un agradecimiento a mi Amada novia Cinthia quien me ayudo incondicionalmente en la elaboración del presente trabajo, apoyándome, comprendiéndome y sobre todo amándome.*

*Muchas gracias también al Lic. Juan Pérez Vargas por su predisposición permanente e incondicional en aclarar mis dudas y por sus substanciales sugerencias, conocimientos, orientaciones y su motivación el cual ha sido fundamental para mi formación y la investigación del presente Proyecto de Grado.*

*Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión.*

*A todos ellos, muchas gracias de todo Corazón.*

**Alvaro S. S.**

# ÍNDICE

Página

## CAPITULO I

<b>CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Antecedentes a Nivel Mundial.....	1
1.1.2. Antecedentes en Bolivia.....	4
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	9
<b>1.5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
1.5.1. Tipo de Investigación.....	10
1.5.2. Alcance.....	10
1.5.3. Procedimientos.....	10
<b>1.6. CAMPO DE APLICACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1.7. ALCANCE DEL ESTUDIO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....</b>	<b>12</b>

## CAPITULO II

<b>IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DE LA MINERÍA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. ANÁLISIS DEL IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DE LA     MINERÍA.....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Clasificación de los impactos ambientales.....	14
2.1.2. El impacto ambiental: evaluación.....	15
<b>2.2. MINERÍA Y ATMÓSFERA.....</b>	<b>16</b>
2.2.1. La Troposfera.....	17
2.2.2. La Estratosfera.....	17
2.2.3. La Mesosfera.....	17
2.2.4. La Termosfera o ionosfera.....	18
2.2.5. Composición de la atmósfera.....	18
2.2.6. Atmósfera y salud humana.....	21
2.2.7. Gases.....	21

2.2.8. Sales.....	22
2.2.9. Partículas.....	23
2.2.10. Emisiones mineras a la atmósfera.....	23
2.2.11. Emisiones sólidas.....	24
2.2.12. Control de la contaminación atmosférica.....	29
<b>CAPITULO III</b>	
<b>SUELOS EN LA MINERIA.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 CARACTERES GENERALES DE LOS SUELOS EN LA         MINERIA.....</b>	<b>33</b>
3.1.1. Origen del suelo.....	34
<b>3.2. MINERALES.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3. AGUA EN EL SUELO.....</b>	<b>38</b>
<b>3.4. MATERIA ORGÁNICA.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES EN LOS         HORIZONTES DEL SUELO.....</b>	<b>40</b>
<b>3.6. TEXTURA Y ESTRUCTURA DEL SUELO.....</b>	<b>40</b>
<b>3.7. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....</b>	<b>42</b>
<b>3.8. TÉCNICAS FÍSICAS.....</b>	<b>43</b>
<b>3.9. ANÁLISIS QUÍMICO.....</b>	<b>44</b>
<b>3.10. SUELO Y SALUD HUMANA.....</b>	<b>45</b>
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>MINERÍA Y SUELO. LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1. CONTAMINANTES EN EL SUELO.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2. CONTAMINANTES DE ORIGEN MINERO.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3. VULNERABILIDAD DEL SUELO ANTE LOS         CONTAMINANTES QUÍMICOS.....</b>	<b>50</b>
4.3.1. La geodisponibilidad.....	50
4.3.2. La biodisponibilidad.....	51
<b>4.4. PROCESOS DE PRECIPITACIÓN/DISOLUCIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>4.5. PROCESOS DE SORCIÓN/DESORCIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>CAPITULO V</b>	
<b>EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA).....</b>	<b>53</b>
<b>5.1. LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA).....</b>	<b>53</b>

<b>5.2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN UNA INVESTIGACIÓN DE LÍNEA BASE.....</b>	<b>55</b>
<b>5.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES Y MEDIDAS CORRECTORAS.....</b>	<b>57</b>
<b>5.4. REHABILITACIÓN Y USO FINAL DEL TERRENO.....</b>	<b>61</b>
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>CONCEPTOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES.....</b>	<b>63</b>
<b>6.1. CONCEPTOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES ÚTILES EN CONTABILIDAD MINERA.....</b>	<b>63</b>
6.1.1. Minería de acuerdo al método de explotación.....	63
6.1.2. Minería de acuerdo al sistema de administración.....	63
<b>6.2. ETAPAS DE LA MINERÍA.....</b>	<b>64</b>
6.2.1. Etapas de la minería y nomenclatura técnica.....	64
6.2.2. Duración de las etapas mineras.....	65
6.2.3. Gestión ambiental y costos.....	65
6.2.4. Parámetros del medio ambiente.....	67
6.2.5. Relación entre las Leyes Medioambientales y las Normas Contables.....	67
<b>CAPÍTULO VII</b>	
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>69</b>
<b>7.1. ANÁLISIS DE LAS LEYES MEDIOAMBIENTALES.....</b>	<b>69</b>
7.1.1. Código de minería.....	69
7.1.2. Ley de medio ambiente.....	70
<b>7.2. REGLAMENTO A LA LEY DE MEDIO AMBIENTE.....</b>	<b>74</b>
7.2.1. Reglamento de Gestión Ambiental.....	74
7.2.2. Reglamento de Prevención y Control Ambiental.....	75
7.2.3. Reglamento de Contaminación Atmosférica.....	76
7.2.4. Reglamento de Contaminación Hídrica.....	76
7.2.5. Reglamento sobre Actividades con Sustancias Peligrosas.....	76
7.2.6. Reglamento de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos.....	77

<b>7.3. REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES</b>	
<b>MINERAS (RAAM)</b> .....	77
<b>7.4. INSTITUCIONES DE CONTROL Y SEGUIMIENTO</b>	
<b>MEDIOAMBIENTAL</b> .....	79
7.4.1. Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL).....	80
<b>7.5. ANÁLISIS DE LA NORMA INTERNACIONAL DE GESTIÓN</b>	
<b>AMBIENTAL (ISO 14000)</b> .....	81
<b>CAPITULO VIII</b>	
<b>PROPUESTA CONTABLE</b> .....	84
<b>8.1. PROPUESTA CONTABLE</b> .....	84
8.1.1. Contabilidad minera.....	84
8.1.2. Impactos ambientales mineros.....	85
8.1.3. Clasificación de impactos ambientales.....	86
8.1.4. Técnicas de valoración.....	87
8.1.5. Valores de uso.....	88
8.1.6. Los valores de no utilización.....	88
8.1.7. Naturaleza de pasivos ambientales.....	88
8.1.8. Pasivos ambientales.....	89
8.1.9. Pasivo estimado.....	89
8.1.10. Pasivo contingente.....	90
<b>8.2. NATURALEZA DE COSTOS AMBIENTALES</b> .....	90
<b>8.3. DETERMINACIÓN DE LAS CUENTAS</b>	
<b>MEDIOAMBIENTALES</b> .....	91
8.3.1. Costos implícitos.....	91
8.3.2. Costos de inversiones.....	91
8.3.3. Costos de proceso.....	92
8.3.4. Costos sociales.....	92
8.3.5. Costos y/o gastos ambientales.....	92
8.3.6. Costos y/o gastos pre operativos.....	93
8.3.7. Costos de producción.....	94
8.3.8. Inversiones de capital.....	95
8.3.9. Otras cuentas ambientales.....	95
<b>8.4. COSTOS Y BENEFICIOS</b> .....	96

<b>8.5. LA INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL MINERA PARA LA TOMA DE DECISIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>8.5.1. Indicadores específicos.....</b>	<b>97</b>
<b>8.5.2. Balance social de la sociedad.....</b>	<b>97</b>
<b>8.5.3. Balance ecológico.....</b>	<b>97</b>
<b>8.5.4. Estado de resultados.....</b>	<b>98</b>
<b>8.6. CONSIDERACIONES FINALES.....</b>	<b>98</b>
<b>CAPITULO IX</b>	
<b>CONTABILIZACIÓN DE LOS GASTOS Y/O COSTOS MEDIOAMBIENTALES.....</b>	<b>100</b>
<b>9.1. CONTABILIZACIÓN DE LOS GASTOS Y/O COSTOS     MEDIOAMBIENTALES.....</b>	<b>100</b>
<b>9.2. CONTABILIDAD MINERO MEDIOAMBIENTAL DE LA     ETAPA PRE OPERATIVO.....</b>	<b>101</b>
<b>9.3. CONTABILIDAD MINERO MEDIOAMBIENTAL DE LA     ETAPA DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>103</b>
<b>CAPITULO X</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>110</b>



# **LAS NORMAS MEDIOAMBIENTALES APLICADAS A LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LAS INDUSTRIAS MINERAS**

## **RESUMEN**

El medio ambiente es el hábitat donde se desarrolla la vida de nuestro planeta el cual nos provee de las materias primas las cuales son esenciales para el desarrollo de la humanidad, constituyéndose así un escenario donde es necesario e imprescindible llevar el control adecuado de los recursos naturales y la preservación de los mismos; por tal motivo se propone una previsión contable para los costos de producción en las industrias mineras que existen en nuestro país enmarcándonos de acuerdo a las normas ambientales vigentes y la actual bibliografía existente.

Se presenta un panorama general del impacto ambiental en la minería y su propia evaluación, enfocando los efectos directos que tiene la explotación minera el cual se clasifica como industria extractiva y las consecuencias o repercusiones de la misma ya sea con la atmósfera, el suelo, la fauna, la flora y otros que pertenecen al ecosistema también se detallan conceptos técnicos y ambientales referentes a la contabilización minera utilizados en nuestro medio para llevar a cabo un buen control y salvaguardia del medio natural enfocándonos siempre en el concepto de desarrollo sostenible el cual se lo establece como el “proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras”.

Todo profesional debe preservar y custodiar el futuro del medio ambiente conociendo y aplicando eficientemente las normas medioambientales vigentes que rigen hoy en día, también se debe tener una capacidad de identificación en los costos mineros y desarrollar nuevos sistemas de información – control en los costos medioambientales. Todo ello con el objetivo principal de tener un buen desarrollo sostenible y contar con herramientas útiles e invaluable para nuestro avance como país.

## CAPITULO I

# CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LA INVESTIGACION

### 1.1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1.1. Antecedentes a Nivel Mundial

La problemática ambiental es uno de los problemas que más discusión trajo durante el último siglo, entre los gobiernos de los Países Industrializados, Países en Desarrollo, Países en Vías de Desarrollo y los denominados tercer mundistas o pobres, así también como parte de las empresas que se dedican a la fabricación de productos, y principalmente de las Industrias Petroleras y Mineras.

Ligado también a este tema, se habla de sostenibilidad, o desarrollo sostenible y a fin de siglo la sostenibilidad del medio ambiente se encuentra en la posición desventajosa con relación al legado de las futuras generaciones, como la calidad de vida

Lamentablemente, a pesar de los esfuerzos puestos de manifiesto a través de los acuerdos internacionales, declaraciones de los principios y acciones sobre el desarrollo mundial sustentable, presentados en la Cumbre de la Tierra realizada en Río de Janeiro como los de Kyoto, posteriores reuniones como la fracasada Cumbre de Copenhague que sólo alcanzó acuerdos mínimos sobre el clima y el medio ambiente y el deterioro incesante del ecosistema.

El término desarrollo sustentable reúne dos líneas de pensamiento en torno a la gestión de las actividades humanas: una de ellas concentrada en las metas de desarrollo y la otra en el control de los impactos dañinos de las actividades humanas sobre el ambiente.

En 1987 la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Público “Nuestro Futuro Común”, documentado que se pronuncia por la preservación y

salvaguarda de los recursos naturales del planeta y el crecimiento económico continuado.

Se promovió el uso del término “desarrollo sostenible” en “Nuestro Futuro Común”. El informe proporciona una de las definiciones más citadas: afirma que se deben “satisfacer las necesidades de esta generación sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades”.

En cuanto a la definición de sostenibilidad, “La Estrategia Mundial de Conservación”, publicada en 1980, aportan un enfoque ecológico de la misma, al esbozar tres objetivos considerados necesarios para la conservación de los recursos vivos: al mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas que dan sostén a la vida, la preservación de la diversidad genética y el aprovechamiento sostenible de las especies y de los ecosistemas.

Los objetivos del componente desarrollo sostenible pueden ser los contenidos en la Declaración Universal de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas de 1948 o más recientemente, en la Declaración sobre el Derecho al Desarrollo de 1986 es decir, el derecho de todos a disfrutar de un nivel de vida adecuado en términos de salud y bienestar, que incluyen la alimentación, el vestido, la vivienda y la atención médica, así como los servicios sociales necesarios. Esta misma declaración documentos subsecuentes y “Nuestro Futuro Común” también subrayan que los objetivos del desarrollo deben incluir el derecho de voto en un marco de gobierno representativo, cabe considerar la evolución de la conciencia social acerca del tema, la que muestra un interés in-crescendo a partir de la década del 70.

En la década del 50 comenzó a advertirse que las especies y las comunidades naturales podrían no recuperarse de las destrucciones excesivas de su hábitat. En los 60, en cambio, se puso el énfasis sobre el desarrollo de la agricultura y el ámbito rural, siendo prioritarias las exigencias de los mercados de consumo más

prósperos de todo el mundo, las que inhibían, en muchos casos el desarrollo y la propia sostenibilidad, a los principios de los 70 se pensó que las limitaciones que el medio podía imponer al crecimiento económico y la relación entre pobreza aguda y ambiente además de crearse conciencia sobre la vulnerabilidad del medio natural. La segunda mitad de los 70 y de los 80 fueron escenario de la creciente concientización sobre la naturaleza y principalmente sobre los recursos no renovables en el mundo y de la vulnerabilidad de los ecosistemas frente a la contaminación derivada de las actividades humanas principalmente las industrias petroleras y mineras, por último la década del 90 la preocupación por los daños derivados de las industrias, como el agotamiento de los recursos no renovables.

El ambiente se convierte en un tema internacional en 1972, con la conferencia de Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano llevada a cabo en Estocolmo Suecia. Un resultado de la misma fue el establecimiento del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

En dicha Conferencia se tomó la decisión de organizar la Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos en 1976, un reconocimiento explícito en el sistema de Naciones Unidas, y el papel de los asentamientos humanos en el desarrollo y en la calidad del ambiente. Esta conferencia, conocida como la Conferencia Hábitat, contribuyó a enfatizar el papel central que debe ocupar la satisfacción de las necesidades básicas en el desarrollo (especialmente agua, saneamiento y atención primaria de salud).

En los años siguientes fueron alcanzados sólo resultados limitados para hacer del ambiente parte de los planes nacionales de desarrollo e incluirlo en el proceso de toma de decisiones y mientras se realizaban algunos progresos sobre la temática de carácter científico y técnico, desde un punto de vista político, el ambiente continuaba siendo descuidado frente a fenómenos como la disminución de la capa de ozono, el calentamiento del planeta, el degradamiento de los bosques y

algunos problemas ambientales que se tornaban siempre más graves con el correr del tiempo.

### **1.1.2 Antecedentes en Bolivia**

Dentro de nuestro país se empezó a abordar la problemática ambiental desde fines de la década de los 80, después de la implantación del Decreto Supremo 21060, y en primer instancia se empieza a atacar en la contaminación del medio ambiente por parte de las movilidades (el auto transporte), y posteriormente la contaminación hídrica y la contaminación industrial. Al mismo tiempo también se habla del concepto de desarrollo sostenible, debido a que entra en auge de la extinción de especies y el desaparecimiento de áreas forestales.

Sin embargo no se habla de la contaminación de las Industrias Extractivas como las Empresas Petroleras y las Empresas Mineras, que contaminan el medio ambiente principalmente los ríos por el uso de reactivos tanto en la separación de fluidos (Empresas Petroleras) y la concentración (refinación) de minerales (Empresas Mineras).

Con la promulgación de la Ley del Medio Ambiente (LMA) N° 1333 de abril de 1992, se estableció el marco regulador general para proteger y conservar el medio ambiente y los recursos naturales promoviendo un desarrollo sostenible.

A partir de esta situación se va realizando una serie de leyes y reglamentos que fundamentan fuertemente el marco legal de la gestión ambiental dentro del país; el siguiente cuadro es un resumen de la Legislación ambiental vigente.

**CUADRO Nº 1  
LEGISLACIÓN BOLIVIANA EN MATERIA AMBIENTAL: CALIDAD  
AMBIENTAL**

<b>Nombre de la Norma</b>	<b>Rango y Número de la Norma</b>	<b>Fecha</b>
Ley del Medio Ambiente	Ley Nº 1333	Abril de 1992
Reglamentos de la Ley del Medio Ambiente	D.S. 24176	Diciembre de 1995
Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos	D.S. 24335	Julio de 1996
Reglamento Ambiental para el Sector Minero	D.S. 24782	Julio de 1997
Ampliación de plazos para la presentación de Manifiestos Ambientales en el Sector Minero	D.S. 25419	Junio de 1999
Ratifica la Convención Marco sobre el Cambio Climático	Ley Nº 1576	Julio de 1994

En la actualidad la gestión ambiental relacionada con la problemática ambiental ha dado como resultado la promulgación del (Registro ambiental Industrial) RAI y del RASIM (Reglamento Ambiental del Sector Manufacturero Industrial), que se ha constituido como un gran avance en gestión ambiental dentro de nuestro país.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A partir de la Revolución Industrial en el siglo XVIII, principalmente en Europa la concepción de desarrollo a dado curso a la generación de distintos estilos de desarrollo, que buscan responder a las interrogantes, qué, cómo y para quiénes producir los bienes y servicios, y por otra parte la Explotación de materias primas

principalmente la proveniente de la Industria Minera, basándose en prioridades y modelos económicos o disponibilidad de recursos y tecnología, provocando resultados no deseados o quizás no imaginados sobre las condiciones de equidad y preservación ambiental, suscitando inquietud sobre la sostenibilidad de los estilos de desarrollo imperantes en la actualidad, bajo el sistema neoliberal o capitalista.

Dentro de este marco se destacan los siguientes aspectos:

La gravedad de los problemas ambientales y su relación con el desarrollo, plantea la búsqueda de un estilo de desarrollo que se pueda mantener en el tiempo. De esta forma surge la idea de un estilo de Desarrollo Sustentable, concepto que involucra simultáneamente crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental.

En el caso de nuestro país, Bolivia es tradicionalmente minero, a partir de la Época colonial y después de la Independencia de la República, puesto que su economía se basa en la producción de recursos mineralógicos, si bien en la actualidad la minería y los cambios políticos sociales y económicos a partir de la década de los 80, la industria minera sufre cambios porque la minería estatal deja de hacer actividades, sin embargo la minería privada y la creación de Cooperativas Mineras siguen desarrollando sus actividades.

La conservación ambiental cada vez recibe mayor importancia en la toma de decisiones sobre la gestión económica en nuestro país y los nuevos proyectos de inversión, tanto en el sector petrolero y minero cobran una mayor conciencia; lo que hace prioridad la definición de una política ambiental que incorpore el concepto de Desarrollo Sostenible, dentro de la estrategia de desarrollo nacional.

Hace dos décadas, opinión predominante era que, la protección ambiental sólo era posible a cambio de un crecimiento económico más lento. Hoy, se sabe que esto

no es así y que dicha protección y el desarrollo económico se refuerzan mutuamente logrando un Desarrollo Sostenible.

Las externalidades negativas generadas por la Explotación y Producción de las empresas mineras sirven como base para establecer los criterios básicos necesarios para definir una Metodología de Evaluación del Impacto Ambiental, los que podrían ser extensibles al resto de las actividades productivas. Este último con el propósito de introducir el objetivo ambiental en la evaluación de proyectos y la gestión ambiental al interior de las Empresas, de tal manera de reforzar el concepto de Desarrollo Sustentable.

Profundizando en el tema, surgen algunas interrogantes que es preciso plantear. ¿Es posible compatibilizar Desarrollo y Medio Ambiente? ¿Cuáles son los principios e instrumentos para tender hacia la aplicación de una estrategia de Desarrollo Sustentable dentro de Bolivia? ¿Es posible responder positivamente a la problemática ambiental, sin que sea afectado el aspecto económico dentro de las Empresas Mineras?

¿Será que las Normas Medioambientales de nuestro país puedan ser aplicadas a la Minería, la misma que tenga una incidencia moderada en los Costos de Producción dentro de las Actividades Mineras?

Estos son los puntos que este estudio espera contribuir a resolver, de tal modo de determinar si es posible compatibilizar Desarrollo y Medio Ambiente, considerándose la existencia de instrumentos técnicos que ayuden a este propósito.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Basado en el planteamiento del problema es muy importante saber con qué instrumentos se cuenta y cómo se debe aplicarlos, cuando se llevan adelante



políticas de gestión ambiental en las Empresas Mineras y/o actividades mineras a partir de la Exploración, prosiguiendo con la Explotación y/o Producción y lo que es más importante dentro la Concentración fase donde se utiliza una serie de reactivos, y de la misma forma en el ciclo de Fundición y Refinación, considerando las normas medioambientales, y en relación a la realización de actividades que de una u otra fase involucradas en la producción de los Recursos mineralógicos y teniendo el cuidado con la contaminación ambiental principalmente de los ríos y a las comunidades aledañas a los centros mineros o asentadas en los márgenes de los ríos.

El reglamento ambiental para las actividades mineras (RAAM), nos permitirá establecer y aplicar a los Costos Mineros, los gastos que inciden en las actividades mineras que se realizan conforme al principio de Desarrollo Sostenible.

De la misma forma determina la obligatoriedad de las Cooperativas Mineras, de contar con la licencia medioambiental en estricta sujeción al Código de Minería en actual vigencia y la Ley del Medio Ambiente.

Por otra parte nos permitirá crear mecanismos para el manejo de las aguas superficiales y subterráneas que utiliza la minería en la fase de Concentración, como también de la utilización del cianuro y el mercurio y otros tantos reactivos que son utilizados en las actividades mineras.

La Producción dentro las actividades de la minería debe cumplir la gestión ambiental, la cual esta establecida en estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, que comprende planes tales como el control de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, control de la calidad del aire y otros, estos controles se deben realizar a través de monitoreos y muestreos que deben ser efectuados por el personal y laboratorios.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

El presente estudio tiene por objetivo lograr que las inversiones por las empresas mineras permitan adaptarse a las necesidades y costos de producción derivados de cada uno de los procesos productivos, clasificando los costos medioambientales y los debitos o cargos a las partidas de los costos que no incidan en los Costos Generales de Producción en las Actividades Mineras.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos que surgen del planteamiento del problema y se pretende abarcar son los siguientes:

Presentar un marco general del estudio sobre Desarrollo y Medio Ambiente, mediante la cual se compatibilicen los objetivos de desarrollo económico y conservación ambiental, en la realidad nacional.

Definir los elementos básicos de una Política Ambiental en la Actividades de la Industria Minera en Bolivia.

Identificar los beneficios indirectos y externalidades del estudio de caso, de tal manera de establecer que los mismos no afecten de manera incidental en los Costos de Producción.

Establecer en forma razonable la incidencia de los costos en cada uno de los procesos y fases de Producción dentro las actividades de la Minería.

## **1.5. METODOLOGÍA**

### **1.5.1. Tipo de Investigación**

La investigación de los antecedentes bibliográficos existentes será descriptiva, aún cuando mantiene un carácter exploratorio, de acuerdo al nivel de desarrollo que tiene esta temática en el medio nacional.

Parte de la búsqueda se la hizo también con la ayuda del Internet, como medio de acceso a determinada información sobre medio ambiente.

### **1.5.2. Alcance**

El alcance de estudio del presente trabajo comprende el contexto de la realidad boliviana y la relación con el ámbito de las actividades de la industria minera en Bolivia, considerando a la Corporación Minera de Bolivia, a las Empresas Privadas: Grandes, Medianas y Pequeñas como también al Sector de las Cooperativas Mineras.

Para hacer una buena ejemplificación se presentará un informe de la problemática ambiental en el sector de la Industria Minera en Bolivia.

### **1.5.3. Procedimientos**

#### **a) Recolección de Información**

Se recolectó información a partir de la revisión de la bibliografía sobre los problemas del medio ambiente, los problemas del desarrollo y la interrelación de ambos.

## **b) Sistematización de la Información**

A partir de toda la información recolectada se dará pleno trabajo, al proyecto de investigación, definiendo los objetivos esperados, alcances y limitaciones del estudio.

### **1.6. CAMPO DE APLICACIÓN**

El ámbito de aplicación correspondiente al presente trabajo se extiende a todas aquellas empresas dentro las actividades Extractivas (Industria Minera), cuyas actividades dentro el proceso de producción se encuentren relacionadas de una u otra forma con la contaminación del medio ambiente.

La realidad nacional exige la existencia de este tipo de documentos, como un medio de referencia para tener una referencia sobre la problemática del medio ambiente en nuestro país, y tener registros como referencia para el sector minero sobre la problemática del medio ambiente.

### **1.7. ALCANCE DEL ESTUDIO**

Esta investigación incorpora los fundamentos y elementos básicos de la problemática ambiental en su relación con el desarrollo sostenible para el sector de la industria minera en Bolivia, debido a la novedad del tema dentro del país, este enfoque permitirá a todos los involucrados introducir progresivamente consideraciones ambientales en su gestión.

Las instituciones político-administrativos, en la definición de políticas ambientales, control y fiscalización con estándares de calidad ambiental, instrumentos económicos, educación ambiental, etc.; de los sectores empresariales dedicados a la industria minera en nuestro país, la minimización del impacto ambiental derivado de los procesos productivos en la actividades mineras; y en general

todos los sectores de las industrias extractivas en contribuir a una mayor conciencia sobre las implicaciones de la gravedad de los problemas del medio ambiente.

## **1.8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Las limitaciones del presente trabajo se detallan a continuación:

- a).** Se optó por analizar el tema desde una perspectiva general, sin embargo la misma permite entregar una enorme cantidad de información a los sectores involucrados, que en el futuro será preciso profundizar en forma independiente sobre cada uno de los tópicos señalados en este trabajo, fundamentalmente cuando ya exista una mayor evidencia teórica y práctica.
  
- b).** El análisis y la investigación como de las conclusiones aquí emanadas, estará relacionada con la problemática dentro las industrias de la actividad minera, y en forma general para el sector extractivo, por lo cual las conclusiones se apoyaran con antecedentes cualitativos y cuantitativos de otros estudios.

## CAPITULO II

### IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DE LA MINERÍA

#### 2.1 ANALISIS DEL IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DE LA MINERÍA

La minera, es una parte de las actividades que realiza el hombre para su subsistencia, creando alteraciones o cambios en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio en que se desarrollan.

Esto lleva a definir la concepción de **impacto ambiental** de una actividad: la diferencia existente en el medio natural entre el momento en que la actividad inicia, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que esta muere.

Estas cuestiones, que hace algunos años no se percibían tanto como un factor de riesgo para el futuro de la humanidad, hoy se contemplan con gran preocupación, que no siempre está justificada. Pero ciertamente, los abusos anteriormente cometidos en el campo minero han hecho que crezca la conciencia de la necesidad de regular los impactos producidos. De cualquier manera, debe quedar claro que el hombre necesita los recursos mineros hoy, como los necesitará en el futuro. Un punto a destacar es, que la actividad minera es incomparablemente menos impactante (por su escasa extensión) que otras actividades industriales, como el desarrollo de obras civiles (impacto visual, modificación del medio original) y la agricultura (modificación del medio original, uso masivo de productos químicos: pesticidas, fertilizantes y otros)

Así, en el momento actual existen normativas muy estrictas sobre el impacto que puede producir una explotación minera, que incluyen una reglamentación de la composición de los vertidos líquidos, de las emisiones de polvo, de gases, de ruidos, de restitución del paisaje, etc., que ciertamente a menudo resultan muy

problemáticos de cumplir por el alto costo económico que representan, pero que indudablemente han de ser asumidos para llevar a cabo la explotación.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la actividad minera no solo produce un impacto ambiental, es decir, sobre el medio ambiente, también produce lo que se denomina Impacto Socioeconómico, es decir, una alteración sobre los modos de vida y la economía de la región en la que se implanta, que pueden ser en unos casos positivos y en otros, negativos.

### **2.1.1. Clasificación de los impactos ambientales**

El impacto que produce la minería desde el punto de vista ambiental se puede clasificar de muy diversas formas:

- ✓ Según sea un impacto directo, o indirecto sobre el medio.
- ✓ Según sea a corto o a largo plazo.
- ✓ Según sea reversible o irreversible (a escala humana).
- ✓ Según sea local o externo.
- ✓ Evitable o inevitable.

Por otra parte, en función de los aspectos del medio que modifican, pueden ser:

- ✓ Acciones que modifican el uso del suelo.
- ✓ Acciones que implican la emisión de contaminantes (sólidos, líquidos, gases y otros: ruidos, onda aérea).
- ✓ Acciones que implican sobreexplotación de recursos (agua).
- ✓ Acciones que implican la modificación del paisaje (casi todos).
- ✓ Acciones que repercuten en las infraestructuras.
- ✓ Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural (impacto socioeconómico).

También, en función del momento en que se producen, podemos considerar el impacto durante la fase de instalación, durante la fase de explotación propiamente dicha, y el impacto durante la fase de abandono o cese de la explotación.

### **2.1.2. El impacto ambiental: evaluación**

A la vista de las consideraciones anteriores, el impacto ambiental de una actividad minera es la diferencia entre la situación del medio ambiente antes de llevar a cabo la actividad, y durante o tras la actividad minera.

Una cuestión interesante es que el estudio de impacto se puede considerar como una comparación entre la situación real de la zona estudiada, y la situación teórica de esta zona si no estuviera afectada por la actuación minera.

Los objetivos del estudio de impacto ambiental serían los siguientes:

1. Evitar posible errores y deterioros ambientales originados durante el proceso extractivo, cuya corrección posterior podría tener un alto coste, tanto desde en punto de vista privado (costes transferibles a las empresas) como desde el punto de vista social (costes transferibles a la sociedad).
2. Disponer de datos que permitan introducir en las decisiones empresariales los efectos de los proyectos de desarrollo en el medio natural y social, siempre difíciles de cuantificar y evaluar.
3. Presentar una información integrada sobre los impactos de nuestra actividad sobre el medio ambiente.
4. Integrar a los diversos organismos públicos y privados que tienen algún grado de responsabilidad sobre las decisiones que afectan al medio ambiente.

Para la determinación práctica de este impacto ambiental se elaboran una serie de matrices de impacto, que constituyen una herramienta básica del estudio, pues



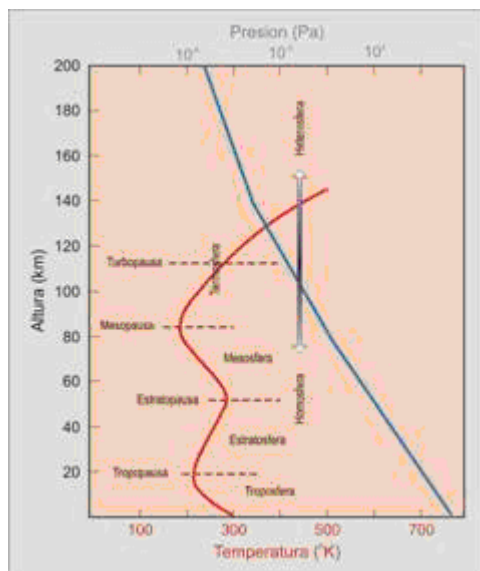
recogen toda la información referida a las distintas posibilidades de afectación al medio y su grado estimado.

Siempre es de gran interés delimitar las distintas acciones que producen impacto (acciones impactantes: excavaciones, voladuras, emisión de gases y efluentes líquidos, creación de vías de transporte, etc.), así como establecer sobre qué aspectos concretos del medio se produce cada impacto (factores impactados: vegetación, fauna, paisaje).

## **2.2. MINERÍA Y ATMÓSFERA**

La minería produce efectos en distintos aspectos del medio ambiente, entre ellos los concernientes a la atmósfera. Estos efectos no son tan importantes en términos volumétricos como los que producen otros procesos industriales, o incluso el tráfico, o la actividad urbana, pero indudablemente, la minería puede generar problemas de consideración. Por ello, se estudia la estructura y composición de la atmósfera, la relación existente entre calidad de la atmósfera y salud, y las emisiones que la minería produce.

La atmósfera terrestre es una de las capas (o geosferas) que componen el planeta, en concreto la que recubre la parte sólida (litosfera) y líquida (hidrosfera) del mismo. En la atmósfera se pueden diferenciar una serie de capas concéntricas. Existen varios puntos de vista referentes a la división en capas de la atmósfera. La más conocida es la distribución según la temperatura, en troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera.



*División en capas de la atmósfera*

**2.2.1 La Troposfera** constituye la primera capa de la atmósfera, y se encuentra en contacto con la superficie de la Tierra. Alcanza en los trópicos una altura de 16 a 17 km, mientras que sólo llega a 8 km en los polos. En los niveles inferiores de la troposfera se producen los fenómenos atmosféricos, y se halla un 80% del agua de la atmósfera, la que puede estar en forma de vapor hasta aproximadamente los 14 km. de altura. Estas masas de aire y de vapor se mueven a grandes velocidades, entre temperaturas extremas de 40°C y -75°C.

**2.2.2. La Estratosfera** alcanza hasta 50 km. y tiene gran importancia en la vida terrestre, porque en su zona superior se forma el ozono, combinación molecular de tres átomos de oxígeno (O<sub>3</sub>). La radiación ultravioleta del Sol induce la formación de ozono, y en este proceso se debilita tanto que alcanza la Tierra en cantidades inocuas para la vida.

**2.2.3. La Mesosfera** constituye la siguiente capa, que alcanza hasta unos 80 km. En esta región la temperatura disminuye a -80° C, y con ello alcanza su punto más bajo, aunque en la termosfera, vuelve a ascender rápidamente. La mesosfera es la región de las nubes nocturnas luminosas.

**2.2.4. La Termosfera o ionosfera.** En la capa superior, que se extiende hasta los 300 o incluso 400 km de altura, se alcanzan temperaturas de 1.000 a 2.000°C. Este calor espacial debe atribuirse sobre todo a la radiación ultravioleta, que produce en esta zona la disociación de las moléculas gaseosas y la carga eléctrica de sus partículas ionizadas. La densidad de los gases es tan pequeña que el calor generado es incapaz de transmitirse, por lo que un astronauta se helaría en esta atmósfera “caliente”.

Una parte de las radiaciones del Sol que llegan a la atmósfera son absorbidas, mientras que otra parte son reflejadas. La Tierra, a su vez, emite radiaciones de manera similar a un cuerpo negro en función de la temperatura. La presencia de la atmósfera impide que se den grandes variaciones de temperatura. Este efecto amortiguador se denomina efecto invernadero. Se le da este nombre porque realiza un trabajo semejante al de los invernaderos, cuyos cristales son altamente transparentes a las radiaciones solares, y muy opacos a las de la banda térmica de la Tierra (permiten la entrada, pero se oponen a la salida).

**2.2.5. Composición de la atmósfera** La atmósfera en sentido estricto, es decir, la capa de aire retenida por la fuerza de atracción de la tierra y que toma parte en su rotación, es una mezcla de diferentes gases: 78,09% de nitrógeno, 20,95% de oxígeno, 0,93% de argón, 0,30% de vapor de agua, 350 ppm (0.035%) de CO<sub>2</sub> y trazas de otros gases, sobre todo de los denominados nobles, y otros procedentes de la contaminación del hombre y la actividad geológica, tales como el SO<sub>2</sub>, que es generado tanto por la actividad industrial como por las erupciones volcánicas.

No se sabe con certeza cómo se formó la atmósfera. Sin duda, no procede del exterior, sino que debió de haberse originado a partir de los propios medios del planeta. Otras cantidades surgieron de las capas inferiores de la Tierra (manto) por la acción de la actividad volcánica.

Cabe destacar que sin las plantas, el oxígeno del aire desaparecería con el tiempo, quedando fijado en la corteza terrestre en la forma de óxidos diversos. Hasta una altura de unos 120 Km. no se altera esencialmente la composición de la mezcla de gases que existe cerca de la superficie, por tener lugar continuos procesos de equilibrio. Lo único que disminuye con la altura es la densidad de los gases, aunque a alturas superiores a los 120 Km. tiene lugar la difusión gaseosa.

Gas	Fórmula	%Volumen	Función ambiental
<b>Componentes permanentes</b>			
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78,09	Inerte como N <sub>2</sub> . Indispensable para la vida como N
Oxígeno	O <sub>2</sub>	20,95	Indispensable para la vida. Químicamente activo
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	5,0 x 10 <sup>-5</sup>	Importante en la química atmosférica
Argon	Ar	0,93	Inerte
Neon	Ne	1,8 x 10 <sup>-3</sup>	Inerte
Helio	He	5,2 x 10 <sup>-4</sup>	Inerte. Escapa de la corteza terrestre
Cripton	Kr	1,0 x 10 <sup>-4</sup>	Inerte
Xenon	Xn	8,0 x 10 <sup>-6</sup>	Inerte
Radon	Rn	6,0 x 10 <sup>-18</sup>	Radioactivo. Variable con la altitud y el tiempo porque se desintegra
<b>Componentes variables</b>			
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	3,5 x 10 <sup>-2</sup>	Indispensable para la vida, ópticamente activo
Ozono	O <sub>3</sub>	4,0 x 10 <sup>-6</sup>	Tóxico, óptica y químicamente activo
Vapor de agua	H <sub>2</sub> O	0-4	Indispensable para la vida, ópticamente activo
Metano	CH <sub>4</sub>	<2,0 x 10 <sup>-3</sup>	Ópticamente activo
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	< 10 <sup>-4</sup>	Tóxico
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	<2 x 10 <sup>-6</sup>	Químicamente activo
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	<10 <sup>-6</sup>	
Monóxido de carbono	CO	<10 <sup>-6</sup>	Muy tóxico

Tabla 1.- Composición del aire atmosférico

El fenómeno de **inversión térmica** se presenta cuando en las noches despejadas el suelo ha perdido calor por radiación, y las capas de aire cercanas a él se enfrían más rápidamente que las capas superiores, lo cual genera un gradiente positivo de temperatura con la altitud. Esto constituye un fenómeno contrario al que se presenta normalmente, donde la temperatura disminuye con la altitud (figura 1 arriba). Esto provoca que la capa de aire caliente quede atrapada entre las dos capas de aire frío sin poder circular (figura 1 abajo).

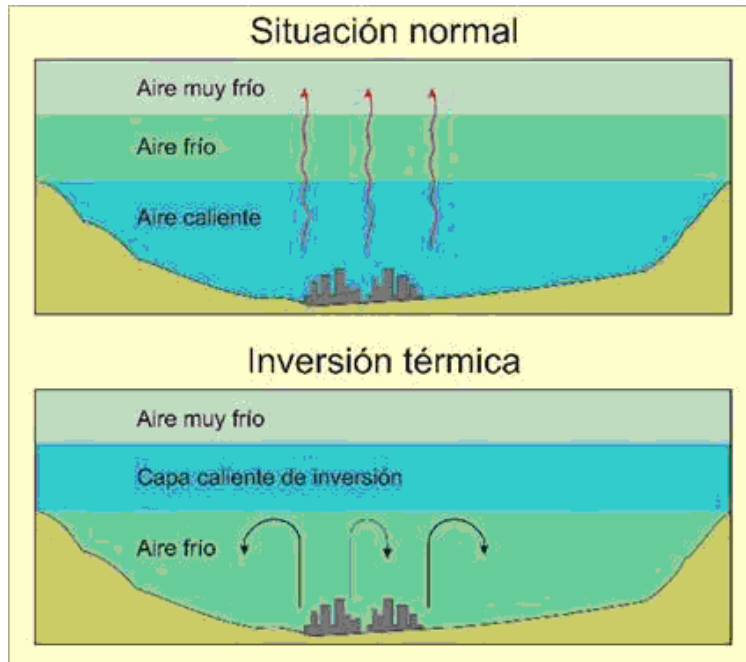


Figura 1.- Efecto de la inversión térmica

El problema se presenta cuando se emiten contaminantes al aire en condiciones de inversión térmica, ya que éstos se acumulan localmente debido a que los fenómenos de transporte y difusión ocurren de forma demasiado lenta, comprimiendo la capa de aire frío a la capa inferior con los contaminantes contra el suelo (figura 2).

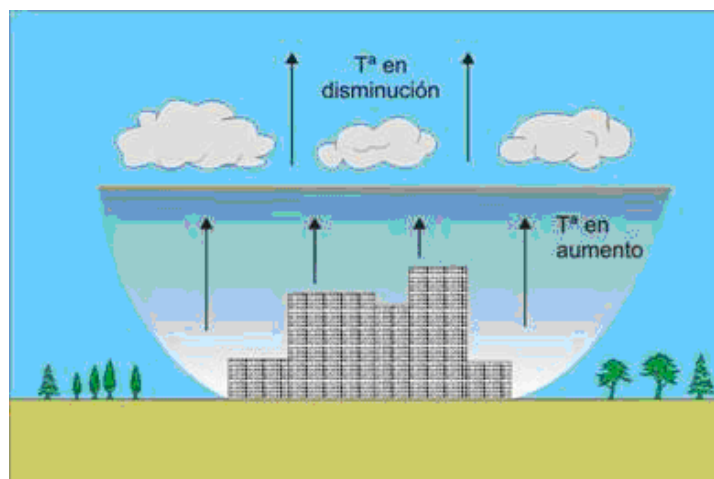


Figura 2.- Efecto contaminante de la inversión térmica

El efecto de **isla de calor** es específico del ambiente urbano: El pavimento, la ausencia de aire en movimiento, y la gran cantidad de construcciones, provocan una concentración de calor superior al registrado en las áreas rurales que rodean la ciudad. A su vez, el calor recibido durante el día es retenido durante la noche por un espacio de tiempo mayor en el área urbana que en la rural, lo que da origen a un ciclo cerrado de circulación del aire que favorece la concentración de los contaminantes (figura 3).

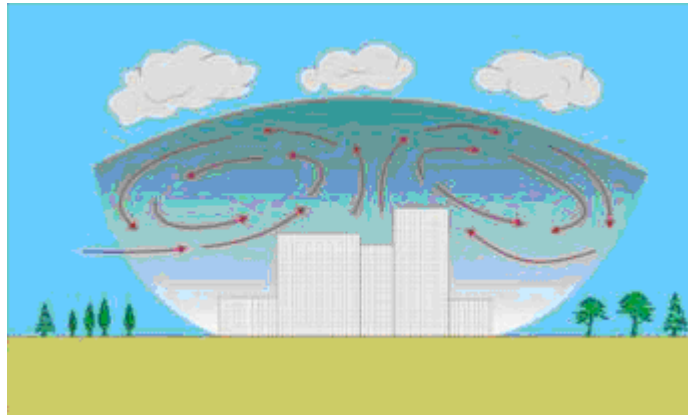


Figura 3.- Efecto de isla de calor

El efecto final, en ambos casos, es la concentración de contaminantes en sobre las ciudades, efecto especialmente notable sobre las de mayores dimensiones, con importante actividad industrial, y rodeadas de áreas montañosas.

**2.2.6. Atmósfera y salud humana** Aunque pueda parecer obvio, el aspecto más importante de la atmósfera, es que ésta es vital para la respiración de los seres vivos. Como consecuencia de esta situación, una baja calidad de la atmósfera, es decir, el hecho de que su composición se aparte de determinados estándares, puede provocar enfermedades o incluso la muerte.

**2.2.7. Gases** La dispersión de gases distintos a los habituales en la atmósfera es un factor muy importante a considerar. Esos gases contaminantes pueden ser de dos tipos: gases contaminantes “primarios”, es decir, que se emiten de esa forma

a la atmósfera, y gases contaminantes “secundarios”, que se forman a partir de reacciones que implican a los primarios. Los más importantes, sus orígenes y efectos son:

CO<sub>2</sub>: Es un gas común en la atmósfera, pero su excesiva abundancia puede ser letal, por bloquear las funciones respiratorias, induciendo la muerte por asfixia. Esto último puede producirse localmente por acumulación de CO<sub>2</sub> en lugares cerrados, sobre todo si hay algún foco local: combustión.

CO: Es un gas muy poco común en la atmósfera natural, y que se forma como consecuencia de combustiones incompletas, en atmósferas cerradas empobrecidas en oxígeno. Es mucho más letal que el dióxido de carbono.

SO<sub>x</sub>: Reciben esta denominación genérica los distintos compuestos resultado de la combustión de compuestos sulfurados: SO, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, .... Son muy comunes como producto de la combustión de combustibles fósiles, y de la metalurgia de sulfuros por calcinación (piro metalurgia). Su principal problema es que reaccionan con el agua, incluso con el vapor de agua atmosférico, para dar origen a ácido sulfúrico, en áreas con gran actividad industrial o con tráfico muy denso. La lluvia ácida es el más espectacular de los fenómenos asociados a este proceso.

Hidrocarburos: se forman como consecuencia de la combustión incompleta de gasolinas, y algunos tienen demostrados efectos cancerígenos: benceno, butadieno.

Aldehídos: Son también contaminantes secundarios, originados a partir de los hidrocarburos formados en la combustión de gasolinas.

**2.2.8. Sales** La presencia de sales en la atmósfera ha de estar ligada, inevitablemente, a la presencia de abundante agua, en forma de aerosoles. En

concreto, las más comunes son las sales de origen marino, en el aire cargado de gotitas de agua relacionado con la acción del oleaje.

En el caso de la minería, es también relativamente frecuente la formación de aerosoles, ya sea como consecuencia de regado de pistas, o como consecuencia de voladuras en áreas no secas (muy poco común), o como consecuencia de riegos durante procesos de hidrometalurgia. Este último caso puede llegar a ser bastante problemático, pues durante estos procesos se emplean compuestos de alta toxicidad.

**2.2.9. Partículas** Las partículas que llegan a la atmósfera constituyen lo que denominamos vulgarmente polvo en suspensión. Su efecto principal es el de oscurecimiento de la atmósfera, pero tiene o puede tener, en función de distintos parámetros, efectos notables sobre la salud de los que lo inhalan.

Las partículas de tamaños mayores tienen a depositarse con mayor facilidad, y se denominan partículas sedimentables. El principal problema que plantean es de suciedad, que puede combinarse con otros fenómenos, como puede ser su alteración en contacto con el agua, generando compuestos de mayor o menor toxicidad ambiental.

La cuestión composicional tiene también una gran importancia, puesto que algunas partículas pueden producir efectos muy nocivos. Determinados asbestos pueden producir asbestosis y la sílice, silicosis. En otros casos, contienen metales pesados susceptibles de producir enfermedades concretas: el plomo (a través de combustión de gasolinas) produce saturnismo, el mercurio produce hidrargirismo, etc.

**2.2.10. Emisiones mineras a la atmósfera** La minería produce una serie de emisiones a la atmósfera, en diferentes formas, tanto sólidas (polvo, fundamentalmente durante las voladuras, pero también durante la carga y el



transporte), gases (piro metalurgia, escapes de vehículos, gases liberados durante algunos procesos concretos), ruidos (voladuras, maquinaria, lanza térmica), y onda aérea.

**2.2.11. Emisiones sólidas** El polvo emitido por la minería tiene su origen en la disgregación de las rocas durante su preparación, o en el levantamiento de partículas de los caminos durante los procesos de transporte (camiones pesados).

En el primer caso, el origen del polvo a su vez puede variar:

- ✓ Puede ser producido durante una voladura. A su vez, si procede de minería subterránea, se emitirá a la atmósfera a partir de uno o varios puntos definidos: las chimeneas de ventilación y los pozos de circulación de aire. Si procede de explotaciones a cielo abierto, provendrá de todo un frente de explotación, más o menos extenso (decenas de metros de longitud). En cualquier caso, es prácticamente imposible evitar su emisión, puesto que afectará, por principio básico, a roca seca, sin posibilidad de un humedecimiento rápido que evite la dispersión. Solo en la minería subterránea podría evitarse su salida, mediante filtros en los puntos de salida. Desafortunadamente tales filtros tienden a ser evitados para favorecer la rapidez de la limpieza del polvo generado en el interior de la mina durante la voladura. La composición de este polvo será la misma que la de la roca volada, con lo que a menudo se tratará de roca con componentes minerales “problemáticos”, conteniendo minerales oxidables, con metales pesados, etc.
- ✓ Puede ser el polvo generado durante el proceso de carga. En este caso puede ser más sencillo su retención, simplemente mediante el regado de los frentes de carga durante el proceso.
- ✓ Otra posibilidad corresponde al polvo generado durante el proceso de transporte, en su doble vertiente de polvo que pueda escaparse del elemento

de transporte (camión o cinta transportadora, fundamentalmente) y polvo levantado por el medio de transporte (solo en el caso de los camiones). En el caso de los camiones, se produce una mezcla entre partículas procedentes del yacimiento y las procedentes de la pista, aunque en ambos casos es relativamente sencillo evitar parcialmente el problema, cubriendo adecuadamente la caja del camión (problemático en los de mayores dimensiones), o regando la carga, así como mediante el riego continuo de la pista de rodadura. En el caso de las cintas, hay que trabajar también con material humedecido, o recurrir a instalaciones de mayor coste, cerradas para evitar los escapes de polvo.

- ✓ Otra fuente muy importante de polvo son los procesos de molienda. Aquí es fundamental disponer de una instalación adecuada que evite en lo posible los escapes de polvo, puesto que no suele ser posible trabajar con material húmedo, al menos en las instalaciones convencionales.

#### **a). Gases**

Las emisiones mineras de gases a la atmósfera pueden ser de varios tipos:

- ✓ Gases de combustión de la maquinaria implicada en el proceso minero. Son los gases habituales ligados a la combustión de hidrocarburos: gasolinas, diesel, pero que al implicar a maquinaria pesada, suelen ser de gran volumen. En algunos casos, se minimiza a través de la utilización de grandes equipos eléctricos, con el inconveniente de su menor autonomía. En otros casos, el problema se puede minimizar a través de un mantenimiento adecuado de los motores, para disminuir en lo posible las emisiones.
- ✓ Gases liberados durante el proceso de extracción. Los más comunes son los que se liberan en la explotación del carbón, fundamentalmente CO<sub>2</sub> y CO y el famoso grisú, mezcla altamente explosiva de metano y aire. También entran

en esta categoría los gases contenidos en las aguas que se explotan para la obtención de energía geotérmica, aunque puede haber otros, correspondientes a gases contenidos en determinadas mineralizaciones, siempre en cantidades poco significativas, por lo general.

- ✓ Gases implicados en las voladuras. Son consecuencia de la deflagración del explosivo, aunque su volumen no suele ser tan importante como para producir efectos de consideración.
- ✓ Gases implicados en procesos directamente relacionados con la actividad minera: combustión de carbón ( $\text{CO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ), pirometalurgia ( $\text{SO}_2$ ).

### **b). Aerosoles**

La formación de aerosoles cargados en compuestos que puedan representar un riesgo ambiental puede darse durante la explotación, pero sobre todo, durante procesos de hidrometalurgia. Estos procesos implican el riesgo por aspersion de pilas de mineral con compuestos a menudo de alta toxicidad (sulfúrico para la extracción de algunos elementos, como el cobre; cianuro para la extracción del oro), con lo cual la presencia de viento puede favorecer la dispersión de estos aerosoles a grandes distancias. Actualmente se empieza a emplear sistemas de riego que eviten este fenómeno: sistemas tipo “gota a gota”, a través de conducciones internas de la pila de lixiviación, más que mediante riego por aspersion.

### **c). Ruido**

El ruido es otra forma de contaminación: la contaminación acústica. Los efectos que pueden llegar a producir son los siguientes:

a) Efectos sobre las personas:

- Fisiológicos, como la sordera que se produce en personas sometidas a fuertes niveles de ruido durante tiempos prolongados.
- Psicológicos, provocados por la interferencia sobre las comunicaciones y el descanso.
- Empeoramiento de las condiciones de trabajo, con el consiguiente aumento del riesgo de accidentes y disminución del rendimiento.
- Efectos subjetivos, provocados por la molestia que produce estar sometido a ruidos.
- Sobre la salud: el ruido puede provocar desorganización visual, taquicardias, e incluso puede afectar a los procesos digestivos.

b) Efectos sobre la fauna:

- Sobresaltos y movimientos bruscos provocados por ruidos intensos.
- Alteración de las costumbres de apareamiento (ruidos durante la época del celo)
- Abandono de nidos durante la cría por parte de los progenitores.

La minería contribuye a este tipo de contaminación mediante diversos mecanismos:

- Voladuras. Las explosiones implicadas en éstas producen un ruido de intensidad muy alta, aunque de escasa duración, que solamente puede ser evitado como molestia a las personas localizando las poblaciones a distancia suficiente de las explotaciones mineras, lo cual a veces no es posible. Dado el “valor localizado” de la minería: “el yacimiento está donde está y punto”, la situación inversa (traslado de la mina) no es posible.

- Tráfico pesado. Los vehículos implicados en la minería a cielo abierto producen ruidos continuos de cierta intensidad, que es necesario atenuar mediante medidas de protección individuales para los trabajadores en proximidad inmediata al proceso de carga y transporte. También un mantenimiento adecuado de la flota de vehículos debe contribuir a atenuar este factor.
- Otra maquinaria. La maquinaria de preparación de menas (plantas de flotación, fundamentalmente) es también a menudo fuente de ruidos importantes. En este caso, un diseño adecuado de las instalaciones, con pantallas acústicas entre ellas y las áreas más pobladas, así como la utilización de medidas adecuadas de protección individual atenúan esta problemática.
- Otros ruidos. En determinados casos pueden existir otras fuentes de ruido: martilleo en cantería, corte con lanza térmica, etc. En cada caso, el estudio de su problemática debe permitir su atenuación en lo posible.

En cuanto a las medidas que pueden adoptarse para el control del ruido, se puede agrupar en tres grandes grupos en función de sobre qué actúen:

1. Medidas que actúan sobre la causa que produce el ruido
2. Medidas que actúan sobre la fuente emisora del ruido
3. Medidas destinadas a absorber o atenuar el ruido en su camino entre la fuente de emisión y el receptor.

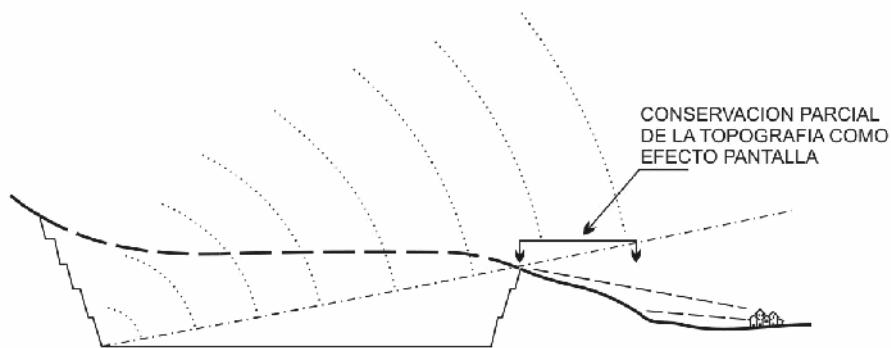
Los dos primeros apartados se abordan a través de la elección de equipos poco ruidosos, observando las especificaciones técnicas de los mismos durante su adquisición. También es muy importante realizar una correcta labor de mantenimiento de los equipos que asegure su correcto funcionamiento.

El punto 3 se resuelve total o parcialmente mediante el empleo de las denominadas pantallas o barreras acústicas, que se interponen entre la fuente emisora y el receptor, con objeto de absorber el ruido y hacer que éste tenga que recorrer una mayor distancia hasta llegar al área afectada, con lo que se ve atenuado.

#### **d). Onda aérea**

La onda aérea se produce como consecuencia de las explosiones de las voladuras, y es una onda de presión generada por la energía de rotura de ésta, que se propaga por el aire atenuándose con la distancia, generando las vibraciones que se manifiestan fundamentalmente en los cristales.

Como medida de prevención, y siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan, se puede diseñar la explotación de forma que parte de la topografía original se preserve, creando un efecto pantalla frente a este efecto, así como con respecto al ruido.



**2.2.12. Control de la contaminación atmosférica,** El control de emisiones a la atmósfera tiene como objetivo no poder emitir determinados gases o cantidades de partículas por encima de determinados márgenes establecidos, para evitar o minimizar en lo posible los riesgos derivados de la presencia de los mismos en el aire que se respira.

Desde este punto, se establecen dos conceptos diferenciados: Emisión e Inmisión.

- Nivel de **emisión**: Cuantía de cada contaminante vertido sistemáticamente a la atmósfera en un período de tiempo determinado, medido en las unidades de aplicación que correspondan a cada uno de ellos. En otras palabras, "lo que sale de la chimenea", atribuible en exclusiva a ésta.
- Nivel de **inmisión**: Límite máximo tolerables de presencia en la atmósfera de cada contaminante, aisladamente o asociado con otros en su caso. Es decir, la contaminación registrada en el exterior, a cierta distancia del foco, producto de las emisiones de distintos focos.

Para conocer el estado de la atmósfera y sus posibles efectos sobre la salud humana, se llevan a cabo mediciones a muy diversas escalas, desde las medidas "personales" mediante dispositivos portátiles, hasta dispositivos automáticos de control en continuo, que incluso pueden remitir la información correspondiente a un centro de control más o menos remoto.

Las medidas personales pueden ser muy variadas, pero las que más se utilizan son las que identifican concentraciones de gases determinados por encima de un umbral de referencia.

Para la medida de contenido en gases se utilizan diversos tipos de dispositivos medidores, en general en continuo, dotados de bombas aspirantes de caudal constante, y de una unidad más o menos compleja de medición del o de los parámetros correspondientes.

Por su parte, para la caracterización de las partículas en suspensión existen medidores en continuo que permiten determinar su proporción en el aire, y medidores basados en la toma de muestras discretas y su posterior análisis, físico y/o químico.

En cuanto a la toma de *muestras discretas*, a su vez puede ser de dos tipos diferentes: muestras obtenidas mediante el filtrado de aire, y muestras de partículas sedimentadas.

- El filtrado se realiza con dispositivos que hacen pasar a través de un filtro un caudal constante de aire durante un periodo de tiempo determinado. La cantidad de partículas presentes en el aire se determina por diferencia de peso entre el filtro limpio y el filtro ya utilizado. Además, sobre las partículas retenidas se puede realizar análisis químico, aunque no medir parámetros físicos, ya que las partículas se extraen mediante la combustión del filtro, lo que modifica este tipo de parámetros.
- Las partículas sedimentadas se toman mediante un dispositivo denominado “*standard gauge*”, consistente en un embudo de porcelana de superficie expuesta a la intemperie conocida, y con un recipiente inferior. La muestra se toma periódicamente (a diario, semanalmente, o mensualmente) mediante un frasco lavador, arrastrando las partículas al recipiente. De esta forma obtenemos la posibilidad de realizar todo tipo de determinaciones, tanto físicas como químicas, de las partículas y de su evolución temporal.

El tratamiento de los datos se hace en las estaciones de control correspondiente, y puede llevarse a cabo de dos formas:

- a. Seguimiento en continuo de cada estación de control de forma más o menos independiente, de manera que se conozca la evolución temporal del estado de la atmósfera en cada punto. Se lleva a cabo cuando el origen y distribución de los contaminantes es bien conocido, y lo que se pretende es identificar aumentos significativos que puedan resultar en afecciones a las personas.



- b. Realización de mapas de distribución de los contaminantes en un momento determinado. Se hacen fundamentalmente para identificar la distribución espacial y la(s) posible(s) área(s) fuente(s) del o los contaminantes. Suelen realizarse de forma seriada en distintos momentos, para poder identificar también las variaciones temporales.

## CAPITULO III

### SUELOS EN LA MINERIA

#### 3.1. CARACTERES GENERALES DE LOS SUELOS EN LA MINERIA

La superficie o también llamado suelo constituye la “epidermis” del planeta, y se forma como consecuencia de la interacción entre las rocas del sustrato continental y la atmósfera. El suelo sufre de forma directa las consecuencias de la actividad minera: 1) ha de ser removido para llevar a cabo la minería a cielo abierto; 2) sobre él se realizan las actividades de transporte; 3) sobre él se ubican las escombreras; y 4) recibe los efluentes líquidos que se infiltran en el terreno, entre otras perturbaciones.

Tradicionalmente se consideró que el suelo “lo aguantaba todo”, que se podía verter sobre él todo lo que se desease, que tenía una capacidad de absorción y purificación prácticamente infinita. Esto no era más que una verdad a medias. Las capacidades depuradoras de los suelos existen, pero actúan tan a largo plazo que es necesario considerar que a escala de tiempo humano la regeneración de los suelos no se produce a ritmo suficiente como para impedir graves problemas de contaminación. En este sentido son necesarias políticas preventivas, para evitar que esta contaminación se produzca, y medidas correctoras, que permitan recuperar lo más rápidamente posible los suelos afectados por esta problemática. La necesidad de protección del suelo se puso de manifiesto en 1972 por el Consejo de Europa en su *Carta Europea del Suelo*, donde se establecieron los principios generales de protección de éstos, los que pasaron a ser considerados como un recurso no renovable.

### **3.1.1 Origen Del Suelo**

El suelo constituye la interfase entre las rocas del sustrato continental y la atmósfera, formándose como consecuencia de los fenómenos físicos, físico-químicos y biológicos de intercambio que ahí se producen.

El concepto de suelo es, por tanto, un concepto evolutivo. Este se forma como consecuencia de un proceso dinámico, que implica un cambio progresivo desde que la roca se pone en contacto con la atmósfera como consecuencia de la erosión, hasta su desarrollo completo.

Cuando eliminamos el suelo de una porción de terreno, al cabo de unos meses o unos pocos años observamos que comienza a implantarse vegetación, que se forman acumulaciones de tierra, y que los fragmentos de rocas comienzan a redondear sus formas, liberando fragmentos menores.

En la edafogénesis, el primer proceso que tiene lugar es la diferenciación de dos horizontes:

- El más superficial, u “Horizonte A” que se forma como consecuencia de la implantación de vegetación sobre el regolito: la actividad de las raíces, la acumulación de los restos vegetales, la actividad animal (lombrices, insectos u otros animales excavadores), así como por la acumulación en esta zona de los productos de la meteorización superficial (arcillas, cuarzo).
- El otro horizonte que se forma es el denominado “Horizonte C”, más profundo, en contacto directo con la roca más o menos meteorizada del sustrato, y compuesto mayoritariamente por fragmentos de ésta, acompañados por productos poco evolucionados de su meteorización.

Estos suelos primitivos AC son característicos de áreas sometidas a fuerte erosión, en las que no da tiempo al desarrollo de un suelo completamente estructurado, aunque también pueden tratarse de suelos jóvenes, en formación.

Cuando el suelo evoluciona durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo se forma un nuevo horizonte:

- El "Horizonte B" o de acumulación. Esta capa del suelo se origina como consecuencia de los procesos de intercambio que se producen entre los horizontes A y C: la migración de aguas, tanto descendentes (de infiltración de aguas de lluvia) como ascendentes (capilaridad, gradiente de humedad), hace que llegue a individualizarse este horizonte caracterizado por la acumulación de precipitados salinos (carbonatos, sulfatos).

Estos tres horizontes son los básicos y fundamentales que se puede encontrar en la mayor parte de los suelos comunes.

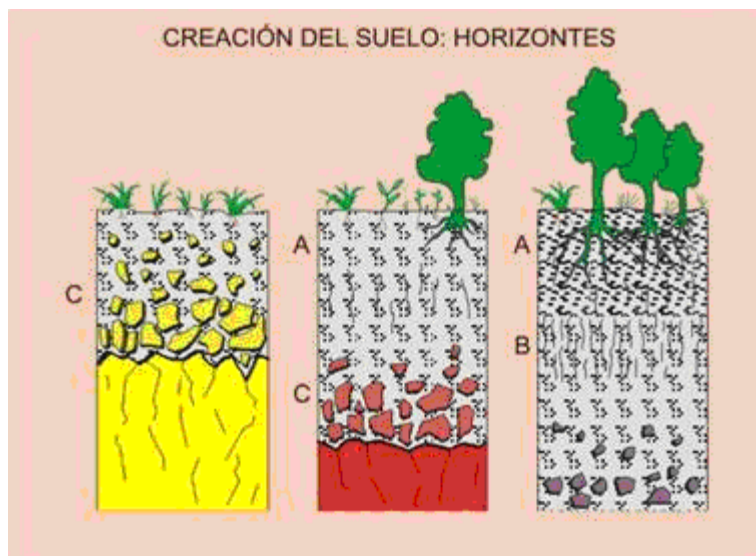


Figura 1.- Esquema mostrando el proceso evolutivo de formación de un suelo

### 3.2. MINERALES

Los minerales que componen el suelo pueden ser tan variados como lo sea la naturaleza de las rocas sobre las que se implanta. No obstante, hay una tendencia general de la mineralogía del suelo hacia la formación de fases minerales que sean estables en las condiciones termodinámicas del mismo, lo cual está condicionado por un lado por el factor composicional, y por otro por el climático, que condiciona la temperatura, la pluviosidad, y la composición de las fases líquida y gaseosa en contacto con el suelo.

De esta forma, los minerales del suelo podrán ser de dos tipos: 1) heredados, es decir, procedentes de la roca-sustrato que se altera para dar el suelo, que serán minerales estables en condiciones atmosféricas, resistentes a la alteración físico-química; y 2) formados durante el proceso edafológico por alteración de los minerales de la roca-sustrato que no sean estables en estas condiciones. Los más importantes, y los condicionantes para su presencia en el suelo serían los siguientes:

- ✓ **Cuarzo.** Es un mineral muy común en los suelos, debido a: 1) su abundancia natural en la mayor parte de las rocas; y 2) su resistencia al ataque químico.
- ✓ **Feldespatos.** Suelen ser componentes minoritarios, heredados o residuales de la roca sobre la que se forma el suelo, pues son metaestables en medio atmosférico, tendiendo a transformarse en minerales de la arcilla.
- ✓ **Fragmentos de roca.** Junto con los dos componentes anteriores, conforman la fracción comúnmente más gruesa del suelo, si bien es este caso el tamaño de fragmentos suele ser superior a 2 cm, de forma que el cuarzo y feldespatos suelen constituir la fracción arenosa del suelo, mientras los fragmentos de roca constituyen la fracción de tamaño grava.

- ✓ **Minerales de la arcilla.** Son minerales también muy abundantes en el suelo, constituyendo la matriz general del mismo, la componente intergranular entre la fracción arenosa y los fragmentos de roca. Son minerales que proceden de la alteración de los que componen la roca sobre la que se producen los procesos de meteorización, y en función de ello pueden ser muy variados:

Por su parte, determinadas arcillas, como sepiolita y palygorskita (arcillas fibrosas) poseen estructuras cristalinas tipo túnel, que pueden albergar cationes y moléculas de líquidos (agua y otros).

- ✓ **Carbonatos.** Los carbonatos son minerales frecuentemente formados por el proceso de edafogénesis, aunque debido a su alta solubilidad su acumulación no suele producirse en el horizonte más superficial. De hecho, los carbonatos pueden formarse en los horizontes A o C, pero su acumulación efectiva se produce solo en el horizonte B o de acumulación, como consecuencia de los procesos de intercambio que se producen en el mismo.
- ✓ **Óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.** Los óxidos e hidróxidos de  $Fe^{3+}$  (y a menudo los de aluminio y los de manganeso) son minerales que se suelen acumular en el suelo como consecuencia de procesos de alteración de otros minerales, constituyendo la fase estable del hierro en superficie o condiciones cercanas a la superficie.
- ✓ **Sulfatos.** La presencia de sulfatos en el suelo suele tener la doble vertiente de que pueden ser minerales relativamente comunes. Sin embargo, al ser compuestos de solubilidad relativamente alta, su acumulación efectiva solo puede producirse bajo condiciones muy determinadas: abundancia de sulfatos en el entorno inmediato, y clima árido o semiárido.

- ✓ **Otros minerales.** Aparte de los descritos, el suelo puede contener una amplia gama de minerales, en unos casos heredados, en otros formados, todo ello en función de los condicionantes ya mencionados: naturaleza de la roca-sustrato, y factores climáticos.

### **3.3. AGUA EN EL SUELO**

Con la excepción de las regiones extremadamente áridas, el agua es siempre un componente del suelo, encontrándose en éstos en forma de humedad intergranular o como hielo, en mayor o menor abundancia en función de factores diversos. Debido a la propia dinámica del suelo, el agua siempre contiene componentes diversos en solución, y ocasionalmente también en suspensión, si bien la ausencia de una dinámica de consideración minimiza este último componente.

En función de la naturaleza y textura del suelo el agua puede encontrarse bien como fase libre, móvil en el suelo (en suelos con altas porosidades y permeabilidades), o bien como fase estática, en los suelos de naturaleza más arcillosa.

El agua en el suelo suele tener una dinámica bidireccional: el agua de lluvia o de escorrentía, por lo general poco cargada en sales (aunque no siempre), se infiltra desde superficie, y puede producir fenómenos de disolución, hidrólisis y/o precipitación de las sales que contiene.

La composición del agua contenida en el suelo, en cuanto a su contenido en sales solubles (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros) estará condicionada, como la mineralogía, por factores de la litología del suelo y su entorno, y por factores climáticos.

### 3.4. MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica que contiene el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos que contiene: lombrices, insectos de todo tipo, microorganismos, etc. Muestreos realizados en tierras de cultivo con una capa húmica estable, han dado como resultado el siguiente promedio por m<sup>2</sup> de seres vivos en su interior:

4 billones de bacterias y hongos  
500.000 flagelados  
200.000 ácaros  
100.000 colémbolos  
80.000 Enchytracide  
80 lombrices de tierra

Lo que puede dar idea de la actividad biológica existente en una porción real pequeña de suelo. Aparte de este componente biológico, en el suelo se produce la acumulación de los restos de estos seres vivos y de otros seres vivos (plantas y animales) que viven sobre su superficie, y cuya descomposición da origen a lo que se denomina humus. En la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, etc., en constante estado de degradación y síntesis. El humus, por tanto, abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso, que desarrollan un papel de importancia capital en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos.



### **3.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES EN LOS HORIZONTES DEL SUELO**

Estos componentes que hemos visto se distribuyen por los diversos horizontes del suelo en función de su afinidad y de los procesos que dan origen a cada uno de ellos:

**En el horizonte A** los procesos predominantes suelen ser los de lavado y oxidación, de forma que suelen acumularse los componentes minerales más resistentes a la meteorización física, junto con los óxidos de hierro y afines.

**En el horizonte B** se acumulan los componentes químicos precipitados como consecuencia de la dinámica característica de este nivel de intercambio. Los carbonatos, y ocasionalmente los sulfatos, suelen ser sus componentes mayoritarios, si bien en cada caso puede haber diferencias notables, en función de la litología de los materiales existentes en el área.

**En el horizonte C** no suele producirse acumulación como tal, sino procesos que degradan la mineralogía de la roca original. Por esta razón el horizonte C está formado mayoritariamente por fragmentos de roca cuya mineralogía está siendo sujeta a procesos más o menos avanzados de alteración.

### **3.6. TEXTURA Y ESTRUCTURA DEL SUELO**

La textura y la estructura del suelo son un reflejo de su organización interna, que a su vez es fundamental para comprender: 1) su comportamiento mecánico, y 2) su comportamiento físico-químico ante la infiltración de los contaminantes.

**a). La granulometría** tiene una influencia decisiva, puesto que puede variar desde una gran homogeneidad en tamaño de grano arenoso, hasta la homogeneidad en tamaño arcilloso, lo cual tiene un reflejo en una variabilidad entre texturas

arenosas, de alta porosidad y permeabilidad, hasta texturas arcillosas, desprovistas de porosidad efectiva y de permeabilidad.

**b). La humedad** confiere al suelo fundamentalmente plasticidad, sobre todo si va acompañada de un alto contenido en arcillas. Su ausencia produce la desecación del suelo, que implica por un lado la posibilidad de que éste se agriete por retracción, y por otro, de que se produzca la precipitación de sales.

**c). La materia orgánica**, que favorece la formación de agregados minerales.

Con estos factores como parámetros de control, la textura viene definida en realidad por las relaciones relativas, porcentuales, de las fracciones granulométricas (figura 4).

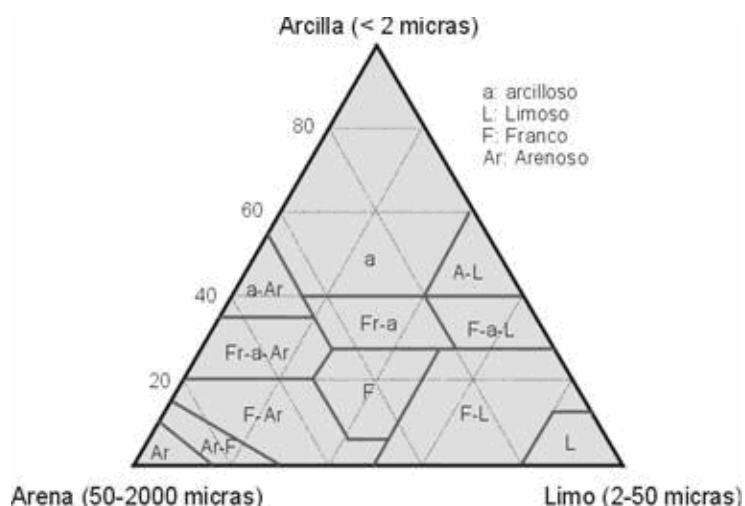


Figura 4.- Esquema de clasificación textural del suelo.

La estructura depende del conjunto de los factores considerados, y describe la forma de agregarse de las partículas individuales del suelo en unidades de mayor tamaño (agregados) y el espacio de huecos asociado. Así, la estructura se describe atendiendo al grado, forma y desarrollo de los agregados.

### 3.7. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

La clasificación de suelos es un tema complejo y controvertido, existiendo en la actualidad un gran número de clasificaciones de mayor o menor desarrollo, y basadas en criterios muy diversos. Una clasificación es la que establece dos grandes grupos: suelos zonales (condicionados por la climatología, y por tanto, característicos de determinadas zonas del planeta) y suelos azonales (condicionados más bien por la litología del sustrato).

En la actualidad, la más usual es la de FAO/UNESCO de 1990, que establece una clasificación básica con 28 **Grupos Principales** de Suelos, en la que la gran mayoría de los nombres terminan en "sol" (soles, en plural) y le antecede un prefijo que corresponde a un importante carácter del suelo.

Otra clasificación muy seguida es la denominada "Soil Taxonomy", establecida por el *Soil Survey Staff* de los Estados Unidos, y que identifica 11 grandes categorías.

TIPO	HORIZONTES, RASGOS CARACTERÍSTICOS	FERTILIDAD	DISTRIBUCIÓN
Vertisol	Ninguno. Alto contenido de arcilla hinchable	Buena	Pastizales de regiones estacionalmente secas (p.ej., India, Sudán, Texas)
Inceptisol	Incipiente; se forma en superficies de terrenos jóvenes	Variable	En todo el mundo; más común en regiones montañosas
Aridisol	Diferenciado, especialmente el horizonte de arcilla	Buena con riego	Regiones desérticas de todo el mundo
Mollisol	Diferenciado, con horizonte de gruesa superficie orgánica oscura	Excelente, especialmente para cereales	Grandes praderas, pampas argentinas, estepas rusas
Espodosol	Diferenciado, con concentraciones de materia orgánica, Al y Fe.	Buena, especialmente para trigo	Bosques septentrionales de Norteamérica y Europa
Entisol	Diferenciado, altamente lixiviado con horizonte de arcilla ácida	Deficiente, requiere fertilizantes	Subtrópicos húmedos, p.ej. SE de EEUU, India, SE asiático
Oxisol	No diferenciado, con tonos vivos rojos y amarillos debidos a minerales de Fe	Deficiente, requiere fertilizantes	Trópicos húmedos: cuencas del Amazonas y del Congo
Histosol	No diferenciado, drenaje deficiente, el más alto contenido en materia orgánica	Variable	Regiones húmedas, tanto frías (turberas) como cálidas

**Características de los principales tipos de suelos establecidos en la Soil Taxonomy**

Las técnicas de análisis del suelo, como las de cualquier otro material geológico, pueden ser de tipo físico, físico-químico, o puramente químico.

### 3.8. TÉCNICAS FÍSICAS

Son las que se basan en la medida de parámetros puramente físicos. Las más importantes desde el punto de vista ambiental son la composición mineralógica, la granulometría, la densidad y la porosidad. También pueden presentar cierta importancia en determinados casos otros parámetros como el volumen, la consistencia, el color y la temperatura.

**a). La granulometría** nos sirve para establecer de forma cuantitativa el tamaño de los granos que componen una muestra del suelo, que a menudo es un reflejo de otros caracteres de interés, como su porosidad y permeabilidad, comportamiento mecánico, etc.

La técnica básica para conocer la granulometría es el tamizado, que utiliza tamices seriados, con tamaños de apertura de malla decrecientes. Los tamaños que se emplean pueden ser muy variables, aunque se suelen seleccionar con algún criterio, que suele ser lineal o logarítmico.

**b). La densidad** que se mide en los suelos corresponde en realidad a dos parámetros: densidad real y aparente. La real corresponde a la densidad media de la fase sólida del suelo, mientras que la aparente es la que puede medirse directamente, esto es, masa por unidad de volumen, siendo éste el volumen total de la muestra, incluyendo los huecos que contenga. Por lo tanto, esta densidad es sistemáticamente menor que la real.

**c). La porosidad** de un suelo o roca es su propiedad de presentar huecos, poros o fisuras. Se expresa por el porcentaje de volumen poroso respecto al volumen total de suelo o roca (porosidad *total o bruta*). Además de esta porosidad total, se define

como porosidad *útil* la correspondiente a huecos interconectados, es decir, el volumen de huecos susceptibles de ser ocupados por fluidos. Este concepto de porosidad útil está directamente relacionado con el de *permeabilidad*.

**d). La consistencia** corresponde a la resistencia del suelo a la deformación y a fluir bajo la acción de fuerzas mecánicas. El grado de humedad del suelo tiene una influencia decisiva en este parámetro, por lo que es necesario determinarla en mojado (saturada en agua), en húmedo (con un bajo contenido en agua) y en seco.

**e). El color** es un parámetro cuyo interés es indirecto, pues constituye un reflejo de otros parámetros físicos, como la composición mineralógica, o químicos, como el contenido en óxidos de hierro o en materia orgánica. Se determina de forma comparativa, mediante la “Carta de Color del Suelo”.

### 3.9. ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis químico del suelo puede incluir una gran variedad de apartados, y puede llevarse a cabo mediante técnicas muy variadas, tanto clásicas como instrumentales. Los tipos de análisis químicos más frecuentes son:

**a). Análisis de contenido en materia orgánica (MO).** Es uno de los más realizados, puesto que tiene importancia tanto para estudios agronómicos, como para estudios ambientales, ya que la materia orgánica a menudo actúa, a través de la formación de los compuestos organometálicos, como trampa para la inmovilización de metales pesados.

**b). Análisis del agua contenida en el suelo.** A menudo es un dato de gran interés para estudiar las condiciones de equilibrio entre agua y suelo, incluyendo el potencial de paso de los diversos cationes, entre ellos los metales pesados, del suelo a la fase líquida. Un problema importante suele ser la captación de esta

agua del suelo, que suele resolverse mediante unas cápsulas de cerámica porosa. Estas se entierran durante un tiempo en el suelo hasta que entra en las mismas una cierta cantidad de agua. Una vez captada, el tipo de análisis a realizar será variable en función del problema planteado.

**c). Otros análisis** pueden ser tan variados como nuestras necesidades. Puede ser necesario detectar contaminantes orgánicos específicos en el suelo, para lo que se emplearán técnicas instrumentales específicas tales como la cromatografía o colorimetría.

### **3.10. SUELO Y SALUD HUMANA**

El suelo, como soporte de las actividades agrícolas y ganaderas, pero también como filtro natural de las aguas de infiltración, tiene una influencia indirecta en la salud humana. La contaminación del suelo puede transmitirse, como veremos en el tema correspondiente, a la flora y fauna, que a menudo son parte de nuestra dieta, y a las aguas superficiales y subterráneas

La contaminación del suelo produce efectos directos en el mismo, sobre todo en lo que se refiere a su productividad.

En cualquier caso, lo normal es que las zonas que han estado sujetas a actividades mineras que implican procesos de metalurgia extractiva, presenten diversos grados de contaminación por metales pesados y otros contaminantes, dicha contaminación queda normalmente fijada en los suelos del entorno de la explotación minera. En este caso, lo importante es decidir si esa contaminación presenta o no un riesgo de salud pública o para el medioambiente. Aquí resulta clave tratar el problema del uso final de la tierra: agricultura, ganadería, vivienda, esparcimiento, etc.

Si los suelos presentan contaminación, resulta obvio que los contaminantes acabarán tarde o temprano afectando a la gente. Por esa razón resulta vital estimar “cuanto”, y “por cuanto tiempo”. Por ejemplo, no es lo mismo una exposición a un determinado tipo de contaminante durante horas, días, meses o años. Como vimos en otro capítulo sobre salud y agentes tóxicos, hay metales que se acumulan en el organismo. En cualquier caso, las concentraciones y tiempos máximos de exposición están fijadas por las legislaciones regionales, nacionales, o supranacionales.

En el caso de viviendas la situación puede ser crítica, ya que como todos sabemos, el polvo es una constante en los hogares. Ese polvo puede provenir del entorno inmediato, como en el caso de las nuevas urbanizaciones construidas sobre terrenos destinados a otros usos previos. Si consideramos además que gran parte de las nuevas edificaciones son suburbanas, del tipo chalets, y que estos tienen jardines, tendremos que llegar a la conclusión que el uso previo de los suelos resulta una materia de la mayor importancia. El polvo puede constituir por lo tanto un vector de propagación de la contaminación por metales pesados en los hogares. Pero los riesgos no acaban en el polvo, substancias tóxicas como el mercurio pueden escapar de los suelos en forma gaseosa, infiltrándose en los hogares.

En el caso de los parques (o áreas de esparcimiento en general) cabe evaluar el grado de exposición (y tiempo de la misma) que tendrán las personas en general, y los niños en particular. Recordemos que a estos, en particular a los más pequeños, les gusta jugar con tierra.

De esta manera tenemos que reconocer que los suelos contaminados constituyen un peligro potencial para un gran número de actividades posibles.

## **CAPITULO IV**

### **MINERÍA Y SUELO. LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

Uno de los efectos más indeseados de la actividad industrial y minera es la contaminación del suelo.

#### **4.1. CONTAMINANTES EN EL SUELO**

El suelo es, por principio, el sitio donde van a parar gran parte de los desechos sólidos y líquidos de cualquier actividad humana. Indiquemos no obstante, que los suelos son también el receptáculo de los desechos no deseables de origen geológico, por ejemplo, de las aguas ácidas con metales pesados provenientes de mineralizaciones sulfuradas aflorantes.

Todo lo que no es de utilidad en los procesos industriales, mineros, urbanos, agrícolas, etc., se acumula en el suelo, en general sin mayores precauciones. Con ello, la escombreras mineras, los productos producidos en una fábrica, muchos desechos líquidos, se han venido depositando sobre los suelos sin control alguno a lo largo de siglos e incluso milenios (recordemos los desechos urbanos y mineros de la Roma clásica).

Por otra parte, la actividad agrícola se ha venido enfrentando durante las últimas décadas a la necesidad de aumentar la producción, sobre dos bases principales: el abonado, y el control de plagas. No tiene relación directa con el tema minero, pero lo cierto es que sus efectos sobre el suelo han sido cualitativa y cuantitativamente mucho más agresivos y devastadores que la actividad minera.

En definitiva, las actividades industriales y mineras por un lado, y las agrícolas por otro, han dado origen al problema de que muchos productos de origen humano, o formados gracias a las actividades humanas, han ido a parar a los suelos, generando a su vez otros problemas: la contaminación de aguas subterráneas, la



bajada de productividad agrícola, la contaminación de cultivos, y el envenenamiento de ganado, afectando de forma directa, y en mayor o menor grado en cada caso, a la economía y a la salud humana.

A pesar del impacto directo de los contaminantes sobre el suelo, el interés social sobre la protección (y aún más, sobre la recuperación) de éste ha sido muy posterior al manifestado por el aire y el agua, probablemente porque los efectos de esta contaminación no son tan evidentes, sino que se ponen de manifiesto a más largo plazo.

En los países más avanzados se trabaja en la línea de intentar asegurar la recuperación de los suelos afectados por el problema, impidiendo la venta de terrenos hasta tanto el propietario actual no lleve a cabo esta tarea, de forma que el problema no quede bloqueado por una transferencia de propiedad que diluya responsabilidades.

#### **4.2. CONTAMINANTES DE ORIGEN MINERO**

La minería en su conjunto produce toda una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que de una forma u otra van a parar al suelo. Esto sucede ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera y metalúrgica, o por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero: aguas provenientes de minas a cielo abierto, escombreras, etc., o por la disposición de elementos mineros sobre el suelo: escombreras, talleres de la mina u otras edificaciones más o menos contaminantes en cada caso.

La presencia de **gases** contaminantes de origen minero en la atmósfera constituye sin duda un problema menor frente a los de origen industrial o urbano. Esto es debido a que sus volúmenes, comparados con los emitidos por otro tipo de actividades, suelen ser limitados.

Al llegar los ácidos al suelo producen efectos devastadores sobre la vegetación, infiltrándose en el suelo. Cabe destacar también la acción sobre las aguas continentales (lagos), que puede ocasionar la muerte de peces y otros habitantes de esos ecosistemas.

Por su parte, los vertidos o efluentes **líquidos** que llegan al suelo pueden tener efectos muy variados en función de su composición.

La disposición de elementos mineros **sólidos** sobre el suelo puede tener sobre éste efectos variados:

- ✓ La de escombreras puede inducir la infiltración de aguas de lixiviación, más o menos contaminadas en función de la naturaleza de la mena presente en la escombrera en cuestión.

La de los procesos derivados de la lixiviación en pila, comúnmente utilizados para la extracción metalúrgica de uranio, cobre y oro. La mena triturada es dispuesta en agrupamientos rectangulares de unos metros de altura sobre bases impermeables. En el caso del uranio y del cobre las pilas se riegan mediante aspersores con una solución de ácido sulfúrico.

- ✓ La de talleres de mina es una de las que tienen un mayor potencial contaminante, derivado de la presencia de hidrocarburos en grandes cantidades: depósitos de combustible para repostar, aceites pesados lubricantes, etc., cuyo vertido accidental suele ser bastante común, y tienen una gran facilidad de flujo y de infiltración en el suelo.
- ✓ Otros edificios mineros (lavaderos, polvorines, oficinas, etc.) pueden producir efectos más o menos importantes, en función de factores diversos: existencia de instalaciones anexas, empleo de reactivos más o menos tóxicos, condiciones de almacenamiento de éstos, etc.

En definitiva, la minería puede producir sobre el suelo alteraciones más o menos importantes de carácter físico, físico-químico y químico, que en general ocasionan su infertilidad, o en el peor de los casos, mantienen su fertilidad pero permiten el paso de los contaminantes a la cadena alimenticia, a través del agua, o de la incorporación de los contaminantes a los tejidos de animales o vegetales comestibles.

### **4.3. VULNERABILIDAD DEL SUELO ANTE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS**

Uno de los principales problemas que puede producir la minería es la adición al suelo de una fase líquida. Esta habitualmente presenta una composición muy diferente a la que habitualmente se infiltra en el mismo en ausencia de actividades mineras (agua de lluvia). Las interacciones resultantes pueden ser muy variadas en función de la composición química del fluido, la mineralogía del suelo, y el factor climático (temperaturas medias, abundancia y frecuencia de lluvias).

Los efectos en el suelo en relación con la presencia de contaminantes pueden ser variados, e incluso variar con el tiempo o con las condiciones climáticas. En unos casos los contaminantes se acumulan en formas lábiles, de alta solubilidad, de forma que están disponibles para que los animales y vegetales que viven sobre el mismo puedan captarlos, y sufrir sus efectos tóxicos. También pueden facilitar la contaminación de los acuíferos, ya que las aguas de infiltración pueden incorporar a éstos los contaminantes. Pero también pueden tener un efecto absorbente, actuando como un biofiltro altamente reactivo que facilita la inmovilización de los contaminantes gracias a procesos físicos (filtración), físico-químicos (neutralización), químicos (sorción, precipitación, complejación, degradación química) o biológicos (biodegradación).

**4.3.1. La geodisponibilidad** es la consecuencia directa de la actividad minera: al llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento, se ponen a disposición del medio geológico unos elementos que antes no lo estaban, o lo estaban de forma

mucho más limitada. Cabe destacar, no obstante, que muchos yacimientos minerales, particularmente los de menas sulfuradas, son en sí fuentes naturales de contaminación ambiental.

**4.3.2. La biodisponibilidad**, por su parte, sería “el grado por el cual un contaminante en una fuente potencial, está disponible para ser tomado por un organismo”. Por ejemplo, muchas plantas tienen la capacidad de absorber determinadas concentraciones de elementos pesados, siempre que se encuentren en el suelo en formas solubles, o asociados a nutrientes básicos.

En definitiva, la minería pone a disposición del medio ambiente una serie de sustancias potencialmente tóxicas, pero que por lo general han de sufrir una serie de transformaciones físicas, químicas y biológicas para que puedan entrar en la biosfera. Sin embargo, hoy por hoy se están adoptando una serie de medidas correctoras que hacen que la minería aún siendo una vecina incómoda, al menos “sí podamos vivir con ella”.

Los procesos concretos que controlan las transformaciones son los siguientes:

#### **4.4. PROCESOS DE PRECIPITACIÓN/DISOLUCIÓN**

Los compuestos que constituyen la contaminación pueden formar compuestos insolubles al ser depositados en el suelo. La naturaleza de tales compuestos insolubles dependerá de la composición del suelo, de la composición del contaminante, y otra parte, de las condiciones físico-químicas bajo las que se produce el fenómeno.

Este tipo de reacciones de precipitación/disolución están sujetas a limitaciones cinéticas: la formación de una fase sólida puede ser una reacción rápida una vez que todos los componentes que forman la fase sólida se encuentran presentes. El precipitado así formado es generalmente una fase mineral de muy baja

cristalinidad, muy lábil frente a cualquier cambio en las condiciones que permiten su formación.

#### **4.5. PROCESOS DE SORCION/DISORCION**

El proceso de sorción puede definirse como la interacción de una fase líquida con una sólida, y comprende en el detalle tres mecanismos: adsorción, precipitación superficial y absorción.

- ✓ La adsorción consiste en la acumulación de una especie del líquido (adsorbato) sobre la superficie de una fase sólida (adsorbente). Es un proceso complejo, en el que se establecen fuerzas de asociación entre ambos componentes de muy diverso tipo: enlaces, intercambio de ligandos, energía de orientación dipolo-dipolo, efecto hidrofóbico).
- ✓ La precipitación superficial consiste en la formación de un precipitado cristalino sobre el sólido, que puede tener su misma u otra composición.
- ✓ La absorción implica la incorporación de la o las fases dentro del sólido, de forma más o menos uniforme en la estructura cristalina.

## CAPITULO V

### EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

#### 5.1. LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Es una noción amplia que examina a través de parámetros cuantitativos y cualitativos el estado del medioambiente antes, durante, y después de la actividad minera propuesta. No solo la minería, sino que cualquiera actividad económica que implique una "intrusión" en el medioambiente requieren de una **EIA** para su aprobación por las autoridades pertinentes.

Es importante resaltar el concepto temporal-continuo que posee la **EIA**: estado del medioambiente "antes", "durante", y "después" de la actividad industrial. Esto significa en términos prácticos, que los proponentes de la actividad deberán predecir los cambios que se producirán en el medio, y sugerir medidas correctoras que impidan o mitiguen en lo posible los inherentes trastornos que serán causados, incluyendo un plan que permita restaurar (lo más cercanamente posible) el medio físico y biológico a su estado original.

Para seguir adelante, se debe aclarar lo siguiente:

- En la minería moderna, la recopilación de datos ambientales debe comenzar tan pronto como en la etapa de exploración.
- Una vez que un depósito mineral ha sido descubierto, como resultado de la campaña de exploración, se pasa a la **EIA** propiamente dicha.
- En la **EIA** tenemos que distinguir tres apartados:

1. Un primer apartado que consiste en la investigación de **Línea Base**, es decir, una "auditoría" del "estado del medioambiente", antes de que empiece la actividad minera.
  2. Un segundo apartado correspondiente a la descripción y análisis de los potenciales impactos ambientales derivados del proyecto minero (análisis predictivo).
  3. El tercero consiste en un plan de rehabilitación y uso final del terreno, para lo cual son fundamentales las conclusiones obtenidas en la investigación de **línea base**.
- La **EIA** tiene que estar completada antes de que empiecen las labores mineras Este será el requisito fundamental para solicitar el permiso de explotación del recurso mineral a las autoridades pertinentes.

Los proyectos mineros son diferentes a los del resto de las actividades industriales en dos aspectos principales:

- La localización de una mina viene predeterminada por la localización del recurso mineral explotable. Podemos construir una fábrica en el mejor sitio posible bajo el punto de vista ambiental, sin embargo una mina tiene una sola localización posible: encima de la masa mineral. Esto es lo que se denomina "valor localizado" de un recurso mineral.
- El comienzo de la actividad minera viene precedido por un largo proceso de exploración regional y evaluación local. Este proceso puede tardar entre 10 y 15 años.

En la actualidad una compañía minera con serias intenciones de establecerse en una región y desarrollar actividades mineras deberá empezar a recabar datos ambientales durante la fase de exploración.

Si la campaña de exploración ha dado sus frutos (localización de un cuerpo mineralizado económico), la compañía minera deberá a empezar la investigación de **línea base**. Esta permite desarrollar un marco de referencia para poder controlar adecuadamente los cambios medioambientales generados durante y después de la actividad minera. Para ello, claro está, la investigación de **línea base** tiene que ser realizada "antes" que la actividad en cuestión haya afectado significativamente el medioambiente, es decir, nunca más allá de la fase de sondeos para la estimación de tonelaje del depósito.

Dicho en palabras simples: la **línea base** nos permite conocer cual es la situación ambiental de una determinada zona o región "antes" de que la actividad industrial introduzca modificaciones en el medioambiente.

## **5.2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN UNA INVESTIGACIÓN DE LÍNEA BASE**

Los aspectos a considerar en una investigación de **línea base** son diversos y en algunos casos complejos. La importancia de unos y otros variará en función de las características del proyecto minero y el medio donde se desarrollará. Por ejemplo no será lo mismo desarrollar un proyecto minero en una árida y remota región que hacerlo en un entorno lleno de bosques, lagos, y vida en general. De cualquier manera, aun las regiones más áridas del planeta albergan vida, y en algunos casos pueden constituir ecosistemas únicos. El que un geólogo o un ingeniero no sean capaces de reconocer dichos hábitats no significa que no existan, de ahí que resulte vital contar con otros profesionales, por ejemplo, botánicos, zoólogos, para la realización de la **EIA**.

En términos generales, los siguientes son los parámetros que deberá cubrir la investigación de **línea base**:

- **Paisaje**; en términos de importancia relativa, por ejemplo, zonas de reconocida belleza, tengan o no la categoría de reserva, parque nacional o



regional. En estos últimos casos resulta obvio que la zona tendrá un nivel de protección a través de la legislación vigente que prohibirá o restringirá las actividades mineras.

- **Hábitat**; entendiendo este término como "territorio que presenta unas condiciones ambientales determinadas y que está habitado por un conjunto de seres vivos para los que tales condiciones son las adecuadas".
- **Suelos**; se deberá contar con una adecuada caracterización de éstos, que permita prever los problemas que puedan derivarse de la infiltración de efluentes mineros (por ejemplo, drenaje ácido, soluciones cianuradas). Recordemos que no todos los suelos responden de igual manera a la infiltración de contaminantes.
- **Flora**; aquí debemos disponer de un catálogo florístico (listado de plantas), poniendo especial énfasis en aquellas plantas que reciben una especial protección por estar en peligro de extinción.
- **Fauna**; tratamiento del tema equivalente al de la flora.
- **Geoquímica de la zona**; deberemos conocer las características químicas del medio, poniendo especial énfasis en los suelos.
- **Rocas**; la investigación geológica previa generará sin duda abundantes mapas, sin embargo en este apartado deberemos prestar especial atención a la fracturación (fallas redes de diaclasas), con vistas a evaluar las posibles infiltraciones de soluciones.
- **Aguas de superficie y subterráneas**; aquí hay que determinar una serie de parámetros:

- Extensión y morfología de cuenca de drenaje (área de la cual una corriente y sus tributarios reciben agua).
  - Las características químicas de los cursos de superficie y lagos.
  - Las características químicas de las aguas subterráneas.
  - Las variaciones estacionales del nivel freático.
  - La productividad de los pozos de agua.
- 
- **Usos del suelo;** agricultura, ganadería, usos recreacionales, cercanía a núcleos urbanos, etc.
  
  - **Ciencia y cultura;** zonas de interés paleontológico, arqueológico, antropológico, etc.

### 5.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES Y MEDIDAS CORRECTORAS

Por definición todo proyecto minero causará un severo impacto en una zona.

Una vez completada la **línea base**, la **EIA** debe incluir un apartado sobre los impactos ambientales que podría generar el proyecto minero, y por supuesto, deberá incluir además un listado de las medidas correctoras que se adoptarán:

- **Impacto visual;** a menudo la visión de una mina y sus instalaciones es el único contacto que tiene la gente con la actividad minera (por ejemplo, desde una carretera). Así, el informe de **EIA** deberá dejar claro cual será la extensión de dicho impacto y las medidas correctoras que se adoptarán.
  
- **Gestión de las aguas;** otro de los puntos esenciales del informe, deberá contemplar los siguientes aspectos:
  - Control de escorrentías y procesos erosivos.

- Capacidad de almacenamiento de agua para las actividades de mina y planta de tratamiento de minerales.
  - Minimización del impacto causado por la extracción de aguas subterráneas.
  - Prevención de fenómenos de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.
- 
- **Flora y fauna;** por definición las actividades mineras impactarán negativamente en la flora y fauna. Aun si la actividad minera es subterránea (menor impacto que la minería a cielo abierto), ésta afectará a la fauna debido a la presencia humana, maquinaria, movimiento de vehículos, o ruido. El informe deberá evaluar dichos impactos y explicar las medidas correctoras.
  
  - **Ruido;** el ruido puede ser un factor importante si las operaciones mineras se desarrollan cerca de núcleos urbanos. Aun si éstos no existen, el ruido afectará a la fauna. Por ejemplo, en áreas urbanas la EPA (*Environmental Protection Agency*) de Australia recomienda los siguientes valores:
    - Durante el día: 45 dB
    - Durante el anochecer: 37 dB
    - Durante la noche: 32 dB
  
  - **Vibraciones - estabilidad del terreno;** si la actividad minera se desarrolla cerca de centros urbanos la voladura de rocas puede inducir vibraciones inaceptables en éstos. A este problema debemos agregar el de las ondas de choque generadas por las explosiones. El informe de **EIA** deberá entregar datos predictivos de dichos impactos. Otro factor a considerar, esta vez en relación a la minería subterránea, es la subsidencia del terreno debido al desarrollo de galerías y cámaras de extracción.

- **Polvo y otras emisiones a la atmósfera;** el polvo puede ser un problema serio en regiones áridas y semiáridas si existen centros urbanos en las cercanías de la explotación minera. Aun si la zona no está habitada el polvo afectará a la vegetación. Si las hojas se recubren de polvo disminuye la capacidad de fotosíntesis de la planta.
- **Otras emisiones** relacionadas con la actividad minera incluyen las generadas por la combustión de los motores de los vehículos y maquinaria minera, y muy importantemente, las producidas por las fundiciones.
- **Tráfico;** el movimiento de camiones y otros vehículos causa trastornos en las comunidades locales, generando ruidos, pérdida de seguridad vial, y problemas con el mantenimiento de las carreteras. El informe deberá incluir los siguientes puntos:
  - Tipo y volumen de tráfico antes de la actividad minera.
  - Identificación de las rutas a utilizar y tipo de vehículos que circularán por ellas.
  - Evaluación del impacto ocasionado por el aumento de tráfico rodado.
  - Proyecto de mantenimiento de las rutas.
- **Gestión de productos químicos, hidrocarburos, y explosivos;** las actividades mineras utilizan una amplia gama de este tipo de productos. El informe deberá incluir un listado de éstos. Además deberá dejar claro como se almacenarán dichas sustancias.
- **Gestión de riesgos;** a pesar de todas las precauciones que se puedan tomar, siempre existirá la posibilidad de accidentes (por ejemplo, vertido incontrolado a un río). El informe deberá incluir un listado de aquellos riesgos y detallar los planes de contingencia para tratar con los mismos si ocurriera un accidente.

- **Gestión de residuos;** por definición las actividades mineras generan una gran cantidad de residuos químicos provenientes de las plantas de tratamiento, pilas de lixiviación, escombreras de estériles, etc. El informe deberá contener los siguientes aspectos:
  - Las características químicas de los residuos, concentraciones estimadas de los compuestos tóxicos, y el potencial de éstos para generar soluciones ácidas.
  - Una estimación del volumen de residuos, y una demostración de que la compañía dispone de la capacidad física como para acumular éstos.
  - Un plan para el vertido controlado de otros residuos, por ejemplo, aguas de alcantarillas, residuos orgánicos, materiales de construcción, etc.
  
- **Impacto social y económico;** la actividad minera tiene un carácter económico que puede incidir de manera importante en las comunidades locales. El informe deberá incluir los siguientes puntos:
  - Una estimación del valor de la producción minera.
  - Empleo directo e indirecto, número estimado de gente local que será empleada, impacto en la tasa de paro (desempleo) local.
  - Movimiento de personas hacia las comunidades locales.
  - Estimación de los dineros que se gastarán en las comunidades locales.
  - Infraestructuras adicionales que serán requeridas, por ejemplo, carreteras, escuelas.
  - Impacto en el estilo de vida de las comunidades locales.
  - Impacto en las actividades locales de agricultura y/o ganadería.

Una herramienta para prever los impactos potenciales lo constituye el método de las matrices, el que permite relacionar de una **manera visual simple**, las acciones de un proyecto minero con los componentes ambientales.

#### **5.4. REHABILITACIÓN Y USO FINAL DEL TERRENO**

La rehabilitación es un aspecto integral de las operaciones mineras e incorpora dos elementos básicos:

- El plan de uso final del terreno.
- El plan de rehabilitación progresiva.

**Uso final del terreno:** existe una diversidad de usos finales posibles para un terreno que ha sido sujeto a actividades mineras. Estos incluyen:

- Retorno a las condiciones iniciales: naturaleza pura o actividades agrícola-ganaderas, según haya sido el caso.
- Usos industriales.
- Lagos o lagunas artificiales para uso recreativo.
- Vertederos controlados.
- Patrimonio histórico-minero.

En el primer caso existen dos variantes. Si la zona no presentaba actividades agrícolas, entonces el fin último será reconstruir el ecosistema original. En la segunda opción el terreno deberá quedar apto para sostener actividades agrícolas, no siendo necesario que éstas sean idénticas a las originales. En el caso de las actividades industriales la situación es más compleja, ya que dichas actividades deberán contar con su propia **EIA**. En el caso de vertederos o lagunas artificiales habrá que contar con las características hidrogeológicas del terreno, y además con unas características químicas que no vayan a inducir problemas de contaminación.

**Plan de rehabilitación progresiva**: éste deberá describir, por lo menos de manera conceptual, los trabajos de rehabilitación que se llevarán a cabo durante la actividad minera, el cómo se realizarán, y la secuencia de los trabajos. Elementos de la actividad minera que deben ser considerados en el plan de rehabilitación progresiva son los siguientes:

- Balsa de estériles.
- Escombreras de estériles y pilas de mineral tratadas.
- Sectores de la mina que van siendo abandonados.

Y el plan deberá incluir los siguientes puntos:

- **Revegetación, densidad de plantas**; con qué plantas se repoblará, plantas por metro cuadrado, etc.
- **Diversidad de especies**; no basta con repoblar con algunas especies vegetales, la zona deberá ser repoblada con un número de especies animales y vegetales (o facilitar su reintroducción) equivalente al inicial.
- **Productividad de los terrenos agrícolas rehabilitados**; si se retorna a una actividad agrícola, los suelos deberán ser capaces de sustentar a ésta en condiciones equivalentes a las iniciales.
- **Angulo final de pendiente de los taludes de la mina y escombreras**; importante llegado el momento de prevenir fenómenos erosivos posteriores.
- **La química y los sólidos en suspensión de las aguas de escorrentía**; cuan limpia ha quedado el área? persiste la presencia de contaminantes? medidas para su inertización.

## CAPITULO VI

### CONCEPTOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES

#### 6.1. CONCEPTOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES ÚTILES EN CONTABILIDAD MINERA

Los conceptos técnicos y ambientales útiles en contabilidad minera aquí mencionados, han sido identificados y definidos en consultas con profesionales de empresas mineras y la literatura existente.

##### 6.1.1. Minería de acuerdo al método de explotación

En general, existen dos tipos de minería de acuerdo al método de explotación, estos son minería a “rajo abierto” u “open pit” y minería subterránea.

La primera, realiza todo el sistema de explotación en superficie, es decir los procesos de perforaciones, voladura y transporte del mineral son en superficie y no requieren de túneles o labores subterráneas. La segunda, realiza todo el sistema de explotación basado en labores subterráneas, es decir la perforación, voladura y transporte se efectúa en interior mina.

Esta clasificación ayuda contablemente en la consideración de los diferentes ítems que tiene cada una de ellas.

##### 6.1.2. Minería de acuerdo al sistema de administración

De acuerdo al sistema administrativo, en Bolivia la minería puede ser clasificada en minería privada y en minería cooperativizada.

La minería privada puede corresponder a minería chica, mediana o grande; y puede ser dependiente de empresas o individuos; en general este tipo de minería



para fines administrativos financieros, practica una contabilidad técnicamente adecuada.

La minería cooperativizada normalmente es minería chica y esta administrada por cooperativas integradas por decenas, centenas hasta miles de socios cooperativistas. Este tipo de minería normalmente no cuenta con una contabilidad apropiada ya que la misma esta ligada a trabajos empíricos. La minería cooperativizada está agrupada a través de la Federación de Cooperativas Mineras Departamentales y son legalmente reconocidas por el Instituto Nacional de Cooperativas (INALCO).

## **6.2. ETAPAS DE LA MINERÍA**

### **6.2.1. Etapas de la minería y nomenclatura técnica**

Un ciclo minero completo esta compuesto por etapas que en este estudio, considerando las normas ambientales, han sido agrupadas en: Etapa Pre Operativo, Etapa de Producción, que comprenden diferentes trabajos técnicos progresivos.

La etapa Pre Operativo abarca las fases de prospección, adquisición, exploración e implementación. Todas las fases en secuencia conllevan a la delimitación de reservas y al estudio de factibilidad correspondiente, para luego ingresar en la etapa siguiente.

La etapa de Producción desde el punto de vista general comprende la explotación minera y el procesamiento metalúrgico, así como de los trabajos de mantenimiento que garantizan la continuidad de la operación minera durante la vida del proyecto.

Esta etapa incluye la comercialización de minerales practicada especialmente por la minería mediana y grande. En general, la etapa de Producción es el período que dura la producción y comercialización minera.

### **6.2.2. Duración de las etapas mineras**

A base de la información recolectada se puede indicar que el tiempo de duración de las etapas de la minería es variable según se trate del tamaño de la operación (tpd) o del sistema de administración (privada y cooperativizada).

En general, la etapa Pre Operativa varía de 2 a 8 años, las cooperativas mineras y la minería chica que mayormente no realizan trabajos técnicos sistemáticos durante esta etapa demoran hasta 2 años para concluir con la misma; mientras que una empresa minera mediana o grande puede tomar hasta 8 años.

La etapa de Producción tiene una duración variable dependiente de la magnitud del yacimiento y el volumen de las (reservas) probadas. Normalmente las empresas medianas y grandes consideran al menos 10 años, siendo el tiempo óptimo mayor a 15 años. Este tiempo de duración tiene una incidencia fundamental en la rentabilidad del proyecto y en la recuperación de las inversiones.

Las cooperativas mineras normalmente tienen un tiempo de producción mayor aunque el mismo puede ser muy errático, dependiente del precio de los metales y otros factores.

### **6.2.3. Gestión ambiental y costos**

Todo proyecto minero nuevo necesariamente debe contar con la Licencia Ambiental o Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA), antes de iniciar operaciones, por lo tanto el proyecto antes de ingresar en la etapa de producción deberá realizar

su Evaluación Minero Menor de Actividades Productivas y Prospección (EMAP) en su fase de exploración y efectuar los estudios de ALBA para el área del proyecto y EEIA para definir los impactos ambientales del mismo.

De acuerdo a las investigaciones realizadas; los costos que demandan estos estudios ALBA y EEIA fluctúan entre 20 mil y 500 mil dólares americanos, dependiendo de la magnitud del proyecto minero.

Durante la etapa de Producción, toda empresa minera debe cumplir la gestión ambiental, la cual está establecida en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) que comprende planes tales como control de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, control de la calidad del aire, control del ruido, control de los suelos, flora, fauna; así como del plan de Seguridad e Higiene Industrial, control de sustancias peligrosas y otros.

Estos controles se realizan a través de monitoreos y muestreos ha ser efectuados por personal y laboratorios especializados. Un Plan de Adecuación y Seguimiento Ambiental (PASA) para una empresa privada, durante el período de producción puede demandar costos que varían entre 300 mil a 10 millones de dólares, dependiendo del tamaño de operación, extensión del área de control, magnitud de staff especializado y de la duración de la etapa productiva.

Un resumen de los conceptos técnicos y ambientales útiles en la contabilidad minera; así como los costos ambientales de las diferentes etapas de una operación minera se muestra en el cuadro siguiente:

**CUADRO 1**  
**CONCEPTOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES ÚTILES EN CONTABILIDAD MINERA**

ETAPAS	DURACIÓN (TIEMPO)	TÉCNICAS	TRABAJOS AMBIENTALES	COSTOS AMBIENTALES ESTIMADOS
COSTOS Y/O GASTOS	2 – 8 AÑOS	PROSPECCIÓN, ADQUISICIÓN, EXPLORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	EMAP AUDITORÍA DE LÍNEA BASE AMBIENTAL ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL LICENCIA AMBIENTAL DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL	20,000 A 500,000
COSTOS DE PRODUCCIÓN	10 – 40 AÑOS	OPERACIÓN MINERA, PROCESAMIENTO METALÚRGICO Y MANTENIMIENTO	PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL (PASA) PLAN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PLAN DE MANEJOS DE SUSTANCIAS PELIGROSAS OTROS PLANES	300,000 A 10,000,000

#### 6.2.4. Parámetros del medio ambiente

Se define como parámetros del medio ambiente al conjunto de factores externos capaces de influir en la vida de las personas; estos parámetros son el aire, agua superficial y subterránea, sedimentos de corriente, suelos, flora, fauna, aspectos socioeconómicos, arqueológicos y socioculturales.

Estos parámetros son medidos a través de monitoreos, muestreos, encuestas, mapeos, información estadística y otros, realizados por profesional especializado.

#### 6.2.5. Relación entre las Leyes Medioambientales y las Normas Contables

En cumplimiento a lo estipulado en el Código de Minería, Ley del Medio Ambiente y la Reglamentación Ambiental para Actividades Mineras (RAAM), todo operador minero, sea este cooperativista, empresario privado u otro debe cumplir con las normas ambientales lo cual significa innumerables obligaciones y costos durante las etapas pre operativas y de producción.

Dichos costos sin duda, son montos importantes que dentro del sistema de contabilidad tradicional no están apropiados adecuadamente y por consiguiente dicha contabilidad no es fidedigna y en tal sentido, el sistema de contabilidad en curso no es apropiado.

La inadecuada contabilización de los diferentes costos ambientales en las diferentes etapas de una operación minera, origina una falta de información desde los puntos de vista del usuario interno y del usuario externo.

Para el usuario interno, es importante la segregación de los costos ambientales en las diferentes fases de una operación minera, ya que de esta manera se logra una óptima proyección presupuestaria, una identificación de costos ambientales específicos, un control de los mismos y ante todo una concientización de la preservación ambiental. La segregación de los costos ambientales ayuda también, en la toma de decisiones y en la imagen de la empresa como organización respetuosa del medio ambiente.

Los usuarios externos, como inversionistas, entidades de crédito y organismos internacionales, hoy en día exigen la revelación y apropiación de los costos ambientales en los estados financieros, por ser parte obligatoria, para adecuarse a las exigencias internacionales de preservación del medio ambiente. Los inversionistas con el conocimiento de las cifras relacionadas a los temas medioambientales, tienen la real certeza sobre la viabilidad de los proyectos mineros de acuerdo a las exigencias del medio o comunidades donde se desarrolla la operación minera.

## CAPÍTULO VII

### MARCO TEÓRICO

#### 7.1. ANÁLISIS DE LAS LEYES MEDIOAMBIENTALES

En nuestro país, al igual que otros, ha demostrado la preocupación que causa una buena preservación del medio ambiente y la subsistencia de la naturaleza y el mejoramiento de la vida de las personas. Consecuentemente Bolivia cuenta con numerosas leyes y normas que regulan la actividad minera, las cuales son:

##### 7.1.1. Código de minería

El Código de Minería aprobado mediante Ley de la República N° 1777 del 17 de marzo de 1997, además de regular las actividades mineras del país, en su Título VII, Disposiciones Especiales del Medio Ambiente Capítulo I; incorpora importantes criterios de gestión ambiental, acordes con la realidad del sector productivo. Entre los enunciados más importantes cabe destacar los incluidos en los artículos 84, 85 y 86, que en resumen dicen:

- “Las actividades mineras se realizarán conforme al principio de Desarrollo Sostenible, en sujeción a la Ley del Medio Ambiente, sus Reglamentos y el presente Código.”
- “Los concesionarios u operadores mineros están obligados a controlar todos los flujos contaminantes que se originen dentro del perímetro de sus concesiones.”
- “Los concesionarios u operadores mineros están obligados a mitigar los daños ambientales que se originen en sus concesiones y actividades mineras, según reglamentación especial.”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Código de Minería Arts. 84, 85 y 86

Adicionalmente a estas disposiciones especiales, el Código de Minería establece la Licencia Ambiental (Art. 87), para la realización de actividades mineras de acuerdo con la legislación medioambiental vigente. La Licencia Ambiental otorga autorización y permiso de operación; así como, requerimientos para la protección del medio ambiente, basándose en estudios de Auditoría Ambiental (ALBA), Manifiesto Ambiental (MA) y Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), según se trate del estado de una operación minera.

El Código de Minería en resumen establece las principales directrices de protección del medio ambiente en la actividad minera; por otro lado determina que tanto personas individuales como colectivas (empresas, cooperativas y otros) gozaran de los mismos derechos, pero a la para tendrán iguales obligaciones que cumplir.

### **7.1.2. Ley de medio ambiente**

La Ley del Medio Ambiente N° 1333 promulgada el 27 de abril de 1992 y publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el 15 de Junio de 1992, es de carácter general y no hace énfasis en ninguna actividad específica.

Con la promulgación de la Ley de Medio Ambiente se estableció el marco regulador general para proteger y conservar el medio ambiente y los recursos naturales promoviendo el desarrollo sostenible. Para tal efecto la citada Ley, crea un marco institucional para la planificación y gestión ambiental, reconoce derechos y deberes de la sociedad y el Estado para la conservación de la calidad ambiental y establece una base para el aprovechamiento racional y óptimo de los recursos naturales.

En su artículo 1 establece que el objeto de la Ley es la protección y conservación del medio ambiente y de 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. Entendiéndose como desarrollo sostenible: “el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.”<sup>2</sup>

La ley consta de 118 artículos distribuidos en 12 títulos y 34 capítulos, abarca todos los aspectos medioambientales. Un detalle del contenido se muestra en el cuadro siguiente.

#### CONTENIDO DE LA LEY DE MEDIO AMBIENTE

CONTENIDO	TÍTULO	CAPÍTULOS	ARTÍCULOS
Disposiciones Generales	I	Único	1º al 4º
De la Gestión Ambiental	II	IV	5º al 16º
De los Aspectos Ambientales	III	V	17º al 31º
De los Recursos Naturales en General	IV	XII	32º al 74º
De la Población y Medio Ambiente	V	Único	75º al 78º
De la Salud y Medio Ambiente	VI	Único	79º al 80º
De la Educación Ambiental	VII	Único	81º al 84º
De la Ciencia y la Tecnología	VIII	Único	85º al 86º
Del Fomento e Incentivos a las Actividades del Medio Ambiente	IX	II	87º al 91º
De la Participación Ciudadana	X	Único	92º al 94º
De las Medidas de Seguridad, De las Infracciones Administrativas y de los Delitos Ambientales	XI	V	95º al 115º
De las Disposiciones Transitorias	XII	Único	116º al 118º

La ley en su artículo 19, de la calidad ambiental, indica que los objetivos del control de la calidad ambiental son:

- Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población.

<sup>2</sup> Ley del Medio Ambiente Ley 1333



- Normar y regular la utilización del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto.
- Prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.
- Normas y orientar las actividades del Estado y la Sociedad en lo referente a la protección del medio ambiente y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a objeto de garantizar la satisfacción de las necesidades de la presente y futuras generaciones.

En su artículo 20, identifica las actividades y factores susceptibles de degradar el medio ambiente los cuales son:

- Los que contaminan el aire, las aguas en todos sus estados, el suelo y el subsuelo.
- Los que producen alteraciones nocivas de las condiciones hidrológicas, edafológicas, geomorfológicas y climáticas.
- Los que alteran el patrimonio cultural, el paisaje y los bienes colectivos o individuales, protegidos por Ley.
- Los que alteran el patrimonio natural constituido por la diversidad biológica, genética y ecológica, sus interpelaciones y procesos.
- Las acciones directas o indirectas que producen o pueden producir el deterioro ambiental en forma temporal o permanente, incidiendo sobre la salud de la población.<sup>3</sup>

De acuerdo con los postulados centrales de la Ley de Medio Ambiente, los operadores mineros deben contar necesariamente con la licencia ambiental respectiva. Para ello existen dos procedimientos, según se trate de proyectos nuevos o de operaciones ya existentes en el momento de la promulgación de la

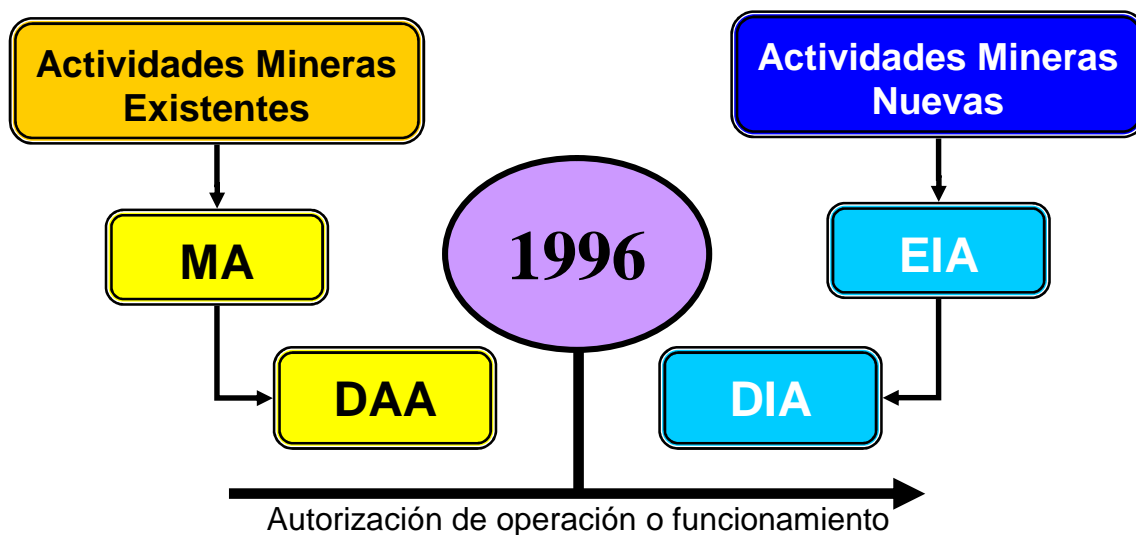
---

<sup>3</sup> Ley del Medio Ambiente Ley 1333

norma. Estos son la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que se aplica a proyectos nuevos y lleva a la Declaratoria del Impacto Ambiental (DIA), y el Manifiesto ambiental, para operaciones ya existentes, y mediante la cual se obtiene la Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA).

Por otro lado, la Ley establece que los operadores mineros están obligados a controlar todos los flujos contaminantes que se originen dentro del perímetro de sus concesiones y mitigar los daños ambientales causados.

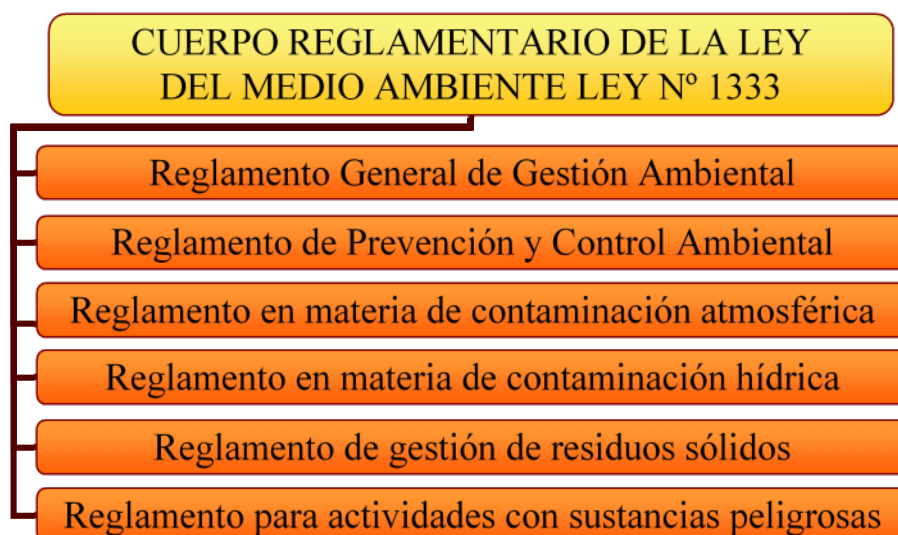
Un resumen gráfico del procedimiento para la obtención de la Licencia Ambiental en la actividad minera es como sigue:



En resumen, la Ley del Medio Ambiente establece el marco regulador para la protección y conservación del medio ambiente de los recursos naturales promoviendo desarrollo sostenible. Norma toda la actividad industrial e institucional del país bajo la normativa medioambiental.

## 7.2. REGLAMENTO A LA LEY DE MEDIO AMBIENTE

El Reglamento a la Ley del Medio Ambiente ha sido formalizado mediante D.S. No. 24176 del 8 de diciembre de 1995. Publicado en la Gaceta Oficial de Bolivia en la misma fecha. Su cuerpo reglamentario de la Ley incluye:



Estos reglamentos definen en forma general las regulaciones sobre la preservación de todos los componentes del medio ambiente, aunque más adelante fueron enriquecidos a través de reglamentaciones más específicas emitidas mediante Decretos Supremos como es el caso del Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM).

Un resumen de cada uno de estos reglamentos es como sigue:

### 7.2.1. Reglamento de Gestión Ambiental

Este reglamento tiene como objetivo regular la Gestión Ambiental entendida como el conjunto de actividades y decisiones concomitantes orientadas a la preservación del medio ambiente y al Desarrollo Sostenible.

Define el marco institucional, funciones, atribuciones, competencias y responsabilidades de los diferentes niveles de la administración pública involucrados en la Gestión Ambiental.

Menciona aspectos relativos a la formulación y establecimiento de políticas ambientales, procesos e instrumentos de planificación como ser: el Plan de Adecuación Ambiental (PAA), Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y las Cuentas Patrimoniales (CPs).

Norma los procedimientos y regulaciones jurídicas administrativas para la obtención de la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA), Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA), etc.

Fomenta la investigación científica y tecnológica, instrumentos e incentivos ambientales.

### **7.2.2. Reglamento de Prevención y Control Ambiental**

Este reglamento establece el marco técnico jurídico regulatorio de la Ley de Medio Ambiente en lo referente a la obtención de la Ficha Ambiental, Manifiesto Ambiental, Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, Auditorías Ambientales, Categorización de los Impactos Ambientales y las Autoridades Competentes en la materia.

En su artículo 2, define las disposiciones de este reglamento:

- En cuanto a la EIA, a todas las obras, actividades y proyectos, públicos o privados, así como a programas y planes, con carácter previo a su fase de inversión, cualquier acción de implementación, o ampliación y;

- En cuanto al CCA, a todas las obras, actividades y proyectos públicos o privados, que se encuentren en proceso de implementación, operación, mantenimiento o etapa de abandono.

### **7.2.3. Reglamento de Contaminación Atmosférica**

El reglamento de Contaminación Atmosférica establece el marco regulatorio técnico jurídico a la Ley del Medio Ambiente, en lo referente a la calidad y la prevención de la contaminación atmosférica.

Establece los sistemas y medios de control de las diferentes fuentes de contaminación atmosférica, fijando además los límites permisibles de las sustancias generalmente presentes en los diferentes procesos de emisión.

### **7.2.4. Reglamento de Contaminación Hídrica**

Regula la prevención de la contaminación y control de la calidad de los recursos hídricos (Aguas superficiales y Subterráneas).

Define el sistema de control de la contaminación hídrica y los límites permisibles de los potenciales elementos contaminantes, así como, de las condiciones físico químicas que debe cumplir un efluente industrial para ser vertido en uno de los cuatro tipos de cuerpos receptores definidos.

### **7.2.5. Reglamento sobre Actividades con Sustancias Peligrosas**

Reglamenta las actividades con sustancias peligrosas en el marco del Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, estableciendo procedimientos de manejo, control y reducción de riesgos, en la permanente utilización de ciertas sustancias peligrosas para nuestro Hábitat.

Fija los procedimientos de registro de actividades con sustancias peligrosas a fin de poder llevar un seguimiento y control de las mismas, exigiendo el cumplimiento de la normatividad básica a fin de evitar daños al medio ambiente por inadecuado manejo de dichas sustancias. Como referencia establece el listado de todas las sustancias peligrosas consideradas por las Naciones Unidas.

### **7.2.6. Reglamento de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos**

Establece el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la Gestión de los Residuos Sólidos (desmontes, colas, depósitos de basura, etc.), manejo de los mismos, regulaciones y disposición final.

Define la normatividad que debe seguir la gestión de residuos sólidos buscando garantizar un adecuado acondicionamiento, así como evitar la contaminación del suelo y cuerpos de agua por dichos residuos.

### **7.3. REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS (RAAM)**

El Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM) fue aprobado por Decreto Supremo N° 24782 del 31 de julio de 1997; determina la obligatoriedad de las empresas y cooperativas mineras de contar con la Licencia Ambiental en estricta sujeción al Código de Minería, Ley del Medio Ambiente y de sus Reglamentos.

El RAAM señala en forma expresa la necesidad de una gestión ambiental integral en la minería desde su inicio, esto es, desde la etapa de exploración, pasando por la etapa de producción hasta el cierre y abandono de las actividades mineras.

Entre los aspectos importantes que exige el RAAM esta:

- La Auditoría de Línea Base Ambiental (ALBA)

- Las normas para manejo de aguas superficiales y subterráneas.
- Las normas específicas para el uso del cianuro y mercurio.
- Las normas sobre infiltración e impermeabilización de pisos.
- Las normas para los residuos sólidos minero metalúrgicos.
- La clasificación de los residuos sólidos minero metalúrgicos, estableciendo normas para su ubicación y manejo de las aguas.

Mantenimiento de los depósitos de residuos, control y monitoreo, así como normas técnicas específicas para los residuos de gran volumen nuevos y existentes, además de normas para acumulaciones de menor volumen.

- Establece el plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) el cual es el instrumento de control a través del cual la autoridad correspondiente verifica el cumplimiento de las medidas previstas en la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA) o en la Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA).

Un Plan de Adecuación y Seguimiento Ambiental (PASA) deberá incluir sus objetivos, detalle de los aspectos sobre los cuales se realizará el seguimiento ambiental, identificación de la información que responda a los objetivos, los puntos de monitoreo y muestreo, el personal y materiales requeridos, obras e infraestructura a efectuarse para la realización del plan, estimación de los costos y cronograma. Funciones y responsabilidades del personal, análisis o paramento de verificación del cumplimiento del plan y previsión de elaboración de informes periódicos.

El PASA deberá contemplar un programa de prevención para minimizar o anular los impactos negativos descritos, a fin de preservar el medio ambiente.

- Incluye regulaciones sobre el cierre de las operaciones mineras.

- La obligación del concesionario minero de cerrar y rehabilitar el área de sus actividades mineras, dentro y fuera del perímetro de sus concesiones, estableciendo plazos para ello.
- Establece el control y monitoreo después del cierre de la actividad.
- Establece el inicio del periodo de prescripción de la responsabilidad ambiental el cual empieza a correr una vez concluidas las labores de cierre y rehabilitación con dictamen favorable de un auditor ambiental.

En otras palabras el RAAM regula en forma general y especifica toda actividad medioambiental que debe seguir la industria minera sea esta promovida por empresas, cooperativa, personas y otros.

#### **7.4. INSTITUCIONES DE CONTROL Y SEGUIMIENTO MEDIOAMBIENTAL**

Las entidades encargadas de la política ambiental; así como del control y seguimiento ambiental son:

##### **a). Ministro de Medio Ambiente y Aguas**

Tiene como objetivo ejecutar políticas públicas, normas, planes, programas y proyectos, para la conservación, adaptación y aprovechamiento sustentable de los recursos ambientales, así como el desarrollo de riego y saneamiento básico con enfoque integral de cuencas, preservando el medio ambiente, que permita garantizar el uso prioritario del agua para la vida, respetando usos y costumbres para vivir bien.

##### **b). Ministerio de Minería y Metalurgia**

El Ministerio de Minería y Metalurgia es una institución pública del Poder Ejecutivo, cuyo propósito es promover, normar y articular el desarrollo del sector minero metalúrgico bajo un modelo productivo, social y comunitario, recuperando para el



Estado en control y fiscalización de todos los recursos mineralógicos promoviendo inversión, producción tecnología industrialización minera a través de la formulación, ejecución y evaluación de políticas, normas y prestación de servicios a favor de todos los subsectores de la minería.

El Ministerio de Minería y Metalurgia, es una entidad reconocida como líder y rectora del sector minero metalúrgico, con el personal comprometido con las aspiraciones productivas impulsando políticas de fomento en los ámbitos financiero, técnico y de gestión socio ambiental basados en la cooperación, reciprocidad, complementariedad y sostenibilidad para vivir bien.

#### **7.4.1. Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL)**

Fundada en 1952 en el marco de la nacionalización de las minas de estaño, la Corporación Minera de Bolivia, más conocida como COMIBOL, actualmente cumple la función de administradora de sus propiedades mineras y tiene la tarea de coordinar y apoyar la ejecución de planes de preservación del medio ambiente ha ser implementados dentro de sus propiedades, sean estos operaciones mineras o proyectos mineros.

Por la actividad minera previa al año 1952, así como por la actividad de los años posteriores hasta el año 1986, la COMIBOL es responsable de una serie de pasivos ambientales que están impactando negativamente sobre el medio ambiente. Para asumir tales responsabilidades, la COMIBOL ha creado una Dirección de Medio Ambiente, aglutinando esfuerzos para la aplicación de la gestión ambiental en sus propiedades.

Esta Dirección a la fecha ha realizado cerca de 30 Auditorías de Línea Base Ambiental (ALBA) de las propiedades de COMIBOL, proporcionando al mismo tiempo programas de prevención y gestión ambiental a ser aplicados por los operadores o arrendatarios mineros en propiedades de la misma COMIBOL.

Con el apoyo de la cooperación internacional (Cooperación Danesa y otras), la Dirección de Medio Ambiente de la COMIBOL, se encuentra ejecutando proyectos de remediación ambiental en cinco distritos mineros de las cuencas altas de Tupiza y Cotagaita, en el sur del país.

#### **a). Servicio Nacional de Geología y Minería (SERGEOMIN)**

Bajo la autoridad directa del Ministerio de Minería y Metalurgia, esta institución extremadamente importante tiene el mandato exclusivo de la recolección, tratamiento y difusión de la información geológica del territorio nacional.

Consecuente con el principio del Desarrollo Sostenible, centra sus actividades en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del País. La visión actual del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERGEOMIN) está orientada a la consolidación de la institución como entidad de investigación técnico-científica y de apoyo a las actividades geocientíficas relacionadas a la preservación del medioambiente a través de la generación y difusión irrestricta de la información.

A mediano y largo plazo se espera que el SERGEOMIN sea el ente de actividad relacionado a la prevención y mitigación ambiental en empresas públicas.

#### **7.5. ANÁLISIS DE LA NORMA INTERNACIONAL DE GESTIÓN AMBIENTAL (ISO 14000)**

La organización Internacional para la Estandarización (ISO), es un organismo con sede en Ginebra, que nace luego de la Segunda Guerra Mundial y constituida por más de 100 agrupaciones o países miembros; cuya función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional.

Las normas desarrolladas por ISO son voluntarias, ya que es un organismo no gubernamental y no depende de ningún otro organismo internacional, por lo tanto, no tiene autoridad para imponer sus normas a ningún país.

La norma ISO 14000, fue aprobada en septiembre de 1996 y la adopción de la norma a rango europeo se dio en marzo de 1997. La versión oficial en idioma español de la norma internacional fue publicada en mayo de 1997.

Esta norma no fija metas ambientales para la prevención de la contaminación, ni tampoco se involucran en el desempeño ambiental de cada empresa, sólo establece herramientas y sistemas enfocados a los procesos de producción estandarizados al interior de una empresa u organización, y de los efectos o externalidades que de esto deriven al Medio Ambiente.

La norma ISO 14000, forma parte de una familia de normas que se refieren a la gestión ambiental aplicada en las empresas, cuyo objetivo consiste en la estandarización de formas de producir y prestar de servicios que protejan al medio ambiente, aumentando la calidad del producto y como consecuencia la competitividad del mismo ante la demanda de productos cuyos componentes y procesos de elaboración sean realizados en un contexto donde se respete al ambiente.

Las empresas desde el punto de vista estratégico necesitan de:

1. La certificación del Sistema de Gestión Ambiental, mediante el cual las empresas recibirán el certificado, y
2. El Sello Ambiental, mediante el cual serán certificados los productos (“sello verde”).

Para demostrar que aplican las normas ambientales vigentes en la elaboración de sus productos y por ende salir de la “presión ambiental” por parte de las organizaciones ecologistas no gubernamentales como de los consumidores.

El costo de una estrategia ambiental incide en el bolsillo del empresario como en el entorno en el que se desenvuelve.

#### **a). Las Normas de la Serie ISO 14000**

Un resumen de la familia de las normas de la serie ISO 14000 con su aplicación, es como sigue:

- 14000: Guía a los principios de la gerencia ambientales a los sistemas y a las técnicas que utilizan.
- 14001: Sistema de gerencias ambientales – especificación con la dirección para el uso.
- 14010: Guías de consulta para la revisión ambiental – principios generales de la revisión ambiental.
- 14011: Guías de consulta para la revisión ambiental
- 14012: Guías de consulta para la protección ambiental – criterios de la calificación para los interventores ambientales.
- 14013/15: Guías de consulta para la revisión ambiental - programas de intervención, gravámenes y de las revisiones.
- 14020/23: Etiquetado ambiental.
- 14024: Programas del mecánico – principios de guía, prácticas y procedimientos de etiquetado ambientales de la certificación de los programas múltiples de los criterios.
- 14031/32: Guías de consulta en la evaluación de funcionamiento ambiental.
- 14040/4: Principios y prácticas generales del gravamen del ciclo vital.
- 14050: Glosario.
- 14060: Guía para la inclusión de aspectos ambientales en estándares del producto.

## **CAPITULO VIII**

### **PROPUESTA CONTABLE**

#### **8.1. PROPUESTA CONTABLE**

Con el propósito de lograr un mejor entendimiento sobre el presente tema de Proyecto de Grado a continuación se fundamenta algunos conceptos imprescindibles de contabilidad minera medioambiental.

##### **8.1.1. Contabilidad minera**

La contabilidad minera medioambiental puede ser considerada una técnica que registra y cuantifica las operaciones realizadas por la empresa minera enfocadas y seguidas de acuerdo con la obtención de la licencia o permiso ambiental, los cuales determinan la regulación de la disminución de las emisiones contaminantes, desgaste de activos ecológicos y el reconocimiento de pasivos ambientales, así como todas las acciones de mitigación y prevención del medio ambiente durante todo el proceso minero y durante el cierre del mismo.

La definición anterior, para un auditor (contador público), significa tener un amplio conocimiento, que permita informar a los usuarios de la información o interesados de las operaciones mineras, sobre las acciones y gestiones que la entidad tiene sobre el medio ambiente. Para dicho objetivo será necesario:

1. Cuantificar con la mayor exactitud posible los costos y gastos erogados por la entidad, que son originados por el cumplimiento de medidas ambientales o por políticas internas que la misma administración.
2. Cuantificar los costos y gastos ambientales, diferenciados en las etapas del proceso minero.

3. Cuantificar y evaluar los riesgos y la probabilidad de ocurrencia de ciertos eventos que constituyen pasivos contingentes de gran importancia para una empresa.
4. Proyectar los costos del plan de cierre y post cierre para realizar previsiones que cubran estos costos.

Las funciones anteriores son las más importantes a ser realizadas por la contabilidad minero ambiental; sin embargo, esta actividad conlleva otras funciones relacionadas con la valuación de proyectos de inversión, presupuestos, estudios de factibilidad entre otros.

En la mayoría de los casos las dificultades contables dentro de las operaciones mineras en el área ambiental se presentan por:

- Falta de conocimiento, educación y capacitación (técnico y ambiental)
- Tecnología ineficiente/limitaciones técnicas
- Manejo y gestión administrativa ineficiente
- Errores de control humano
- Limitaciones económicas
- Falta de acceso a la tecnología
- Falta de información sobre mejores prácticas
- Falta de control y de sanciones/refuerzo

### **8.1.2. Impactos ambientales mineros**

Hasta hace algunos años los empresarios mineros sólo tenían como único contrato social con la comunidad, el de producir de manera redituable, sin ninguna cláusula acerca del medio ambiente.

El impacto ambiental es todo efecto que se manifiesta en el conjunto de “valores” naturales, sociales y culturales existentes en un espacio y tiempo determinado el cual puede ser de carácter positivo o negativo.

Como se vio en el capítulo II, las actividades minero-metalúrgicas, de acuerdo a las normas ambientales en vigencia, en su mayor parte, siguen una secuencia que comprende las actividades pre-operativa y la de producción. Cada una de estas etapas, especialmente la segunda, genera impactos negativos sobre el medio ambiente.

### **8.1.3. Clasificación de impactos ambientales**

Los impactos que produce la minería desde el punto de vista ambiental pueden ser clasificados de diversas formas: Según sea un impacto directo, o indirecto sobre el medio.

- Según sea a corto o a largo plazo
- Según sea reversible o irreversible (a escala humana)
- Según sea local o externo
- Según sea evitable o inevitable

Por otra parte, en función de los aspectos del medio que modifican, pueden ser:

- Acciones que modifican el uso del suelo
- Acciones que implican la emisión de contaminantes (sólidos, líquidos, gases y otros: ruidos, onda aérea)
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos (agua)
- Acciones que implican la modificación del paisaje (casi todos)
- Acciones que repercuten en las infraestructuras
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural (impacto socioeconómico).

También, en función del momento en que se producen, podemos considerar el impacto durante las distintas fases de un proyecto minero.

A la vista de las consideraciones anteriores, el impacto ambiental de una actividad minera es la diferencia entre la situación del medio ambiente antes de ejecutar una actividad y la situación del medio ambiente después de ejecutar dicha actividad. La evaluación de este impacto es la cuantificación de estas diferencias, mediante la realización de un estudio multidisciplinario que enfoque la identificación, predicción y prevención de las consecuencias o efectos sobre el medio ambiente por la actividad minera.

Estos estudios multidisciplinarios determinan una matriz de identificación y evaluación de impactos, que como ejemplo es como sigue:

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

FACTORES AMBIENTALES  ETAPAS	DEGRADACIÓN AMBIENTAL HISTÓRICA	AMBIENTE TERRESTRE							HIDROLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS			
		CALIDAD AIRE Y RUIDO		RELIEVE (GEOMORFOLOGÍA) Y SUELOS			ECOLOGÍA			AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRÁNEAS	USO ÓPTIMO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
		AIRE	RUIDO	GEOMORFOLOGÍA	SUELOS	USO Y TENENCIA DE LA TIERRA	FLORA	FAUNA	PAISAJE			
IMPLEMENTACIÓN												
OPERACIÓN MINERA Y PROCESO METALÚRGICO												
MANTENIMIENTO												

**8.1.4. Técnicas de valoración**

La finalidad principal de la valoración ambiental es determinar el valor económico total de un recurso, en este caso el mineral. El valor económico total consta de dos partes: el valor de uso y el valor de no utilización.



### **8.1.5. Valores de uso**

Los valores de uso, a su vez pueden ser de tres tipos:

**Valor de uso directo.-** Que se determina según las contribuciones conocidas que un activo ambiental aporta a la producción o al consumo.

**Valor de uso indirecto.-** Comprende los beneficios derivados de los servicios funcionales que proporciona el medio ambiente en apoyo de la producción y el consumo.

**Valor de opción.-** Es la disposición a pagar en el presente por los beneficios futuros que se esperan de un activo existente.

### **8.1.6. Los valores de no utilización**

Se dan aunque quien haga la valoración tenga o no la intención de usar el recurso, surgen de la satisfacción de saber simplemente que el activo existe y que debe ser tomado en cuenta.

La dificultad radica en estimar estos valores. El concepto básico en las técnicas de valoración es la disposición de una persona a pagar por un servicio o recurso ambiental.

### **8.1.7. Naturaleza de pasivos ambientales**

La historia del término pasivo ambiental tiene un curioso origen y, como el concepto de deuda ecológica, deriva de un contexto económico. En una empresa el pasivo es el apartado del balance del ejercicio donde se registra el conjunto de deudas y gravámenes que disminuyen el activo. Usado en términos ambientales, el vocablo se refiere al conjunto de daños realizados por operaciones anteriores a

las leyes ambientales y donde el estado asume la responsabilidad o transfiere a otra empresa que quiera continuar la actividad en los mismos lugares donde los pasivos están presentes.

La responsabilidad ambiental de una empresa depende del peso del ámbito jurídico, es decir, de cuán practicable sea la posibilidad de que en el futuro la empresa minera pueda ser obligada a pagar, remediar o atenuar su pasivo ambiental.

Aunque la definición de pasivo permite el reconocimiento y valuación de las obligaciones ambientales, no distingue claramente la naturaleza especial de este tipo de obligaciones. Para aclarar lo anterior será necesario, además de conocer la definición de pasivo, y entre ellas conocer la definición de pasivo estimado y contingencia.

#### **8.1.8. Pasivos ambientales**

Los pasivos ambientales son la combinación entre los pasivos estimados y pasivos contingentes, ya que no podemos conocer con claridad al reclamante de este tipo.

En cuanto a la cuantificación del monto global de los pasivos ambientales es posible cuantificarlos, sin embargo se debe tener en cuenta que las legislaciones ambientales están en un continuo cambio por lo cual es necesaria una revisión periódica de las bases de dicha cuantificación.

#### **8.1.9. Pasivo estimado**

No se distingue claramente quien es el reclamante. Se puede estimar el monto de las reclamaciones futuras en forma global. Es posible estimar el grado de

probabilidad de eventos futuros que confirmen la existencia de obligaciones a la fecha de elaboración de los estados financieros.

#### **8.1.10. Pasivo contingente**

Son obligaciones presentes o posibles, surgidas a raíz de sucesos pasados, no reconocidos contablemente; Presentes, ya que no es probable que para su cancelación se produzca una salida de recursos que incorporen beneficios económicos porque el importe de la obligación no puede ser valorado con la suficiente fiabilidad; y Posibles porque se debe confirmar por la ocurrencia o en su caso por la no ocurrencia de uno o más eventos inciertos en el futuro, que no están enteramente bajo el control de la empresa.

### **8.2. NATURALEZA DE COSTOS AMBIENTALES**

Los conceptos de costos ambientales, tiene una naturaleza propia y distinta de lo que hasta este momento se ha manejado en la contabilidad financiera, debido principalmente a que la contabilidad como conocemos en la actualidad, impide reflejar muchos de los costos en que incurre la entidad al hacer frente a obligaciones ambientales para con la sociedad.

En la actualidad las empresas comienzan a considerar la variable ambiental en su proceso de toma de decisiones, implantando medidas que prevengan el impacto ambiental de sus actividades o que corrijan los daños generados. De este modo, la empresa está soportando un costo derivado de su interacción con el medio ambiente, lo que se denomina costo medio-ambiental.<sup>4</sup>, por actividades llevadas a cabo voluntariamente, como así también las requeridas por contrato o por leyes y regulaciones ambientales; para prevenir, disminuir o remediar el daño causado al

---

<sup>4</sup> (Bonilla Priego, 2000).

medio ambiente, relacionado tanto con la conservación de recursos renovables como no renovables.<sup>5</sup>

El concepto de costo ambiental dentro del sistema minero podría ser adoptado, principalmente derivado del cumplimiento de las leyes y reglamentos que obligan su consideración y por lo tanto, es importante para el ente económico considerarlos y controlarlos dentro de lo posible.

### **8.3. DETERMINACIÓN DE LAS CUENTAS MEDIOAMBIENTALES**

Con las nuevas disposiciones ambientales el objetivo empresarial de maximizar los beneficios, incluye la preservación y mejora del medio ambiente, esto da a lugar a la creación de cuentas medioambientales dentro de la Nomenclatura de cuentas del sistema contable minero.

Para tal efecto los costos pueden escindirse, según lo propuesto por Ripoll Feliú y Crespo Soler <sup>6</sup> (1998), en:

#### **8.3.1. Costos implícitos**

Son aquellos que producen efectos irreversibles en el medio ambiente como consecuencia de las actividades desarrolladas por la empresa, como por ejemplo: la modificación en el paisaje.

#### **8.3.2. Costos de inversiones**

Se refiere a aquellas inversiones realizadas por la empresa, que permiten adaptarse a las nuevas necesidades derivadas del proceso de cambio en el que nos encontramos inmersos, con el fin de incorporar procesos productivos

---

<sup>5</sup> (Fronti de García, García Fronti, Scaminaci y Wainstein, 1998).

<sup>6</sup> Ripoll Feliú, V. y Crespo Soler, C. (1998): "Costes derivados de la gestión medioambiental". Revista Técnica Contable. Año L, Num. 591, marzo.

alternativos, modificar los actuales o eliminar los no rentables, ejemplo inversión en el desarrollo de las comunidades en forma directa o a través de fundaciones.

### **8.3.3. Costos de proceso**

Costos en los que se incurre al desarrollar el proceso productivo y entre los que destacamos la contratación de mano de obra calificada, formación y educación; los residuos, rechazos, desechos, contaminación, etc., incrementan los costos de producción y la gestión de los mismos, generando costos de transporte, almacenamiento, manipulación y reciclaje.

### **8.3.4. Costos Sociales**

Son costos referidos a impuestos, sanciones, multas, seguros, que incrementan el costo por el uso de recursos.

La sencillez de esta clasificación de costos medioambientales, deja de serlo cuando nos situamos en el plano real, donde la tipología aparece híbrida e interrelacionada, y la ubicación de una partida de costo se hace mucho más difícil para llevar a cabo un análisis costo-beneficio medioambiental.

### **8.3.5. Costos y/o gastos ambientales**

Para fines de la propuesta del sistema contable minero medioambiental clasificaremos los gastos y costos medioambientales según las etapas de un proyecto minero, sin olvidarnos de aquellos costos y/o gastos ambientales generales, es decir que involucran todas las etapas.

ETAPA	OBLIGACIONES DE LA EMPRESA	COSTOS PARA LAS MEDIDAS AMBIENTALES
<b>Pre Operativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfocar el proyecto hacia la opción con mayor compatibilidad ambiental bajo consideración de los aspectos económicos y de rentabilidad.</li> <li>• Minimizar el impacto ambiental en esta fase, sobre todo mediante medidas organizativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprox. 3 % de los costos de exploración son costos preliminares.</li> </ul>
<b>Producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar el impacto ambiental y los peligros para la salud mediante aprovechamiento de todas las soluciones técnicas y organizativas posibles así como apropiando y mejorando continuamente las medidas protectoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprox. 5 % de los costos de la producción.</li> </ul>

Se deben considerar que las empresas mineras utilizan un **centro de costos**, donde las cuentas podrían ser codificadas considerando cuentas de gastos ambientales.

### 8.3.6. Costos y/o gastos pre operativos

La aplicación contable se refiere al tratamiento que pudiera dársele a:

- Gastos por la Ficha Ambiental, Estudio de Auditoría de Línea Base (ALBA) y Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental (EEIA); así como aquellos originados por servicios externos de consultoría relacionada con lo ambiental, entrenamiento e inspecciones. En general deberán incluir todos los gastos para la obtención de la Declaratoria del Impacto ambiental (DIA) para los nuevos proyectos de inversión.
- Costos de impresión de los informes ambientales y las actividades de comunicación relacionadas como el eco-promoción deberían ser incluidos bajo este título.

- Los costos derivados de la adquisición de propiedades o equipos que contribuyan a la eliminación o reducción de la contaminación del medio ambiente.
- Costos sobre Riesgos y Seguros donde las empresas pueden cubrirse a sí mismas contra cualquier tipo de riesgo por medio de seguros (Opic, Seguros Nacionales, etc.). Estos seguros cubren riesgos de incendio u otros daños al sitio de producción o al transporte debido a que se manejan sustancias peligrosas y procesos riesgosos.
- Gastos que resultan de la administración de los conceptos arriba mencionados que comprenden servicios de procesamiento de datos, etc.

### **8.3.7. Costos de producción**

Son los costos que se devengan o ejercen durante las operaciones mineras propiamente dichas (operación mina y proceso metalúrgico). En general deberán incluir todos los gastos emergentes de la aplicación del Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA), que entre otros incluye el control de:

- Calidad de las Aguas Superficiales
- Calidad de las Aguas Subterráneas
- Calidad del Aire.
- Tratamiento de Gases
- Control y Tratamiento de Suelos
- Control de la Fauna y Flora
- Tratamiento de los Residuos Sólidos
- Tratamiento y Eliminación de los Desechos Sólidos
- Análisis y Controles, Instrumental y Análisis de Laboratorios
- Otros (Reciclaje).

Dentro de estos costos también se deben considerar los gastos ambientales por protección y seguridad de los empleados.

Si se trata de una empresa preestablecida a las Leyes Ambientales, dentro de estos costos se debe considerar los gastos por la elaboración de la Evaluación de Manifiesto Ambiental y la obtención de la respectiva Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA).

Dentro de estos se debe incluir los gastos de administración y control ambiental que resultan de la administración y planificación de los conceptos arriba mencionados.

### **8.3.8. Inversiones de capital**

- Incluye la infraestructura usada cien por ciento para la protección ambiental (planta de tratamientos de agua, filtros para chimeneas, sistema de drenaje y unidades de control ambiental) que son parte de todo el proceso minero.
- Los gastos relacionados con la protección ambiental implican todas las mejoras que son consideradas como parte de toda inversión, para reemplazar o expandir la capacidad productiva.
- Los gastos de capital para las medidas ambientales son definidos como todos los costos necesarios, los cuales son capitalizados, para las instalaciones ya existente o nuevas que exclusivamente básicamente reducen el daño sobre el medio ambiente derivado de la producción de estas instalaciones.

### **8.3.9. Otras cuentas ambientales**

Además de los costos mencionados se debe considerar los siguientes costos que pueden ocurrir eventualmente:

- Los gastos por ocurrencia de daño ambiental, deberían considerar las pérdidas por reparaciones ambientales y las pérdidas indemnizatorias por daño ambiental.



- Las provisiones ambientales son un instrumento clásico para anclar un esquema de protección de riesgo de la empresa en el balance y debe estar formada por pasivos contingentes y pérdidas potenciales latentes de las actividades de la empresa.

#### **8.4. COSTOS Y BENEFICIOS**

Los sistemas convencionales de contabilidad no recogen los costos y beneficios internos íntegros de las actividades de la compañía relacionadas con el cumplimiento, control, limpieza, tratamiento, seguridad laboral, disposición de residuos, exposición a litigios, sanciones potenciales y tasas. Muchos de estos costos son intangibles, están incorporados en cuentas de costos generales y no se atribuyen al producto o proceso que los genera.

#### **8.5. LA INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL MINERA PARA LA TOMA DE DECISIONES**

Al preparar los Estados Contables de una empresa, los Estados que los componen como así también las Notas a los Estados Financieros Complementarios y los Anexos se ven influenciados por la política ambiental adoptada (o la política que no se ha adoptado) y esto debe ser reflejado de alguna manera.

La propuesta contable sobre el tratamiento de la información medioambiental minera puede clasificarse en tres grupos:

1. Indicadores específicos.
2. Balances de la sociedad.
3. Balance ecológico
4. Estado de Resultados

### **8.5.1. Indicadores específicos**

Se considera a la información desde un punto de vista integral de la empresa, proponiendo indicadores específicos sobre la actuación empresarial en el campo medioambiental. Se incluye indicadores sociales de desempeño empresarial con relación a la comunidad en la que la empresa tiene sus operaciones. (Fundaciones, Núcleos Educativos, etc.)

### **8.5.2. Balance social de la sociedad**

En este caso también se mantiene una visión integral de la empresa, pero ofreciendo este tipo de información dentro del balance de la sociedad. En esta posición se diferencian las repercusiones sobre los empleados (ruido, calor, vibraciones, radioactividad) y sobre la comunidad en general (contaminación atmosférica, hídrica, etc.).

Para informar sobre la repercusión en los empleados existen indicadores cualitativos, mientras que para la información sobre la sociedad en general, además de los indicadores cualitativos, se relevan detalladamente los agentes contaminantes, su cuantificación (en peso o volumen) y el porcentaje y el costo de saneamiento de los mismos alcanzados por la entidad contaminadora.

### **8.5.3. Balance ecológico**

La presente propuesta contable diseña nuevos estados contables especialmente elaborados con este fin. Se dan a conocer los costos de descontaminación y contribuyen a un uso racional de la energía y las materias primas.

### 8.5.4. Estado de resultados

El estado de ganancias y pérdidas puede ser armado de acuerdo con el formato de gastos, donde los gastos operacionales se dividen en gastos administración general, operación mina, procesamiento metalúrgico y gastos ambientales.

En la siguiente figura, los ítems del estado de resultados son analizados para ser pasados a los correspondientes costos ambientales.

Formato orientado a categorías de costos	Acciones a Tomar
- Ventas en minerales	Determinar las cantidades realmente producidas, las cifras de ventas de mineral.
- Servicios (Otros costos externos)	Los servicios externos en el mantenimiento de las instalaciones de tratamiento y de las tecnologías más limpias, de la investigación general del ambiente y de los servicios de consultoría, auditores, seminario, comunicación e información externa, etc., están diseminadas a través de una variedad de cuentas.
- Gastos en personal	Determinar las horas de trabajo de personal de consulta en las instalaciones de tratamiento de emisiones, de tecnologías más limpias, actividades generales de gestión ambiental y costos de las laborales prorrateadas.
- Depreciación	Definir el equipamiento para tratamiento de mitigación prevención ambiental. Determinar por prorrateo los costos de producción.
- Otros Costos Operativos	Los gastos de los transportes de desechos, disposición y tasas de recolección, licencias, costos de impresión para reportes ambientales, tasas de registración, ecopromociones, penalidades, primas de seguros, provisiones, etc.

### 8.6. CONSIDERACIONES FINALES

Los desafíos que la contabilidad minero ambiental tiene por adelante son: Mejorar el nivel de comunicación; Mejorar las normas de registro y gerenciamiento contable; Mejorar la contribución contable a las prácticas de administración del asunto ambiental en la empresa y por último; descontaminar los balances que hoy omiten activos consumidos, y que precisan ser mensurados y registrados.

Pero, además, considerar que el costo medioambiental que soporta la empresa este integrado, no sólo por el costo de las medidas ambientales, sino también por las pérdidas medioambientales. Estas engloban los costos incurridos por una entidad en relación con el medio ambiente para los que no existe contraprestación. Se trata, por ejemplo, de activos cuyo costo es irrecuperable debido a cuestiones ambientales, importes pagados a otros por daños ambientales, y multas o sanciones por incumplimiento de la legislación ambiental.

Está muy claro que la profesión contable ha sido lenta en responder a este desafío medioambiental, pero se ve que está obligada a tomar un rol primordial en esta materia.

---

## **CAPITULO IX**

### **CONTABILIZACIÓN DE LOS GASTOS Y/O COSTOS MEDIOAMBIENTALES**

#### **9.1. CONTABILIZACIÓN DE LOS GASTOS Y/O COSTOS MEDIOAMBIENTALES**

En consideración a que el medio ambiente es el hábitat donde se desarrolla la vida del planeta y este provee las materias primas esenciales para el desarrollo de la humanidad, constituyendo un escenario donde se hace imperioso llevar el control adecuado de los recursos naturales, su asignación y uso; se propone un sistema conceptual de contabilidad minera medioambiental que pretende alinear la contabilidad minera de acuerdo a las normas ambientales vigentes y por ende determinar la “depreciación” o “agotamiento” de los recursos naturales, que permita; generar información útil y oportuna para cuantificar los costos de preservación de la naturaleza y definir políticas de estado.

El sistema es propuesto bajo los siguientes conceptos fundamentales:

- La minería actual reglamentada por el Código de Minería, la Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos contempla implícitamente 3 etapas dentro de la actividad minera las cuales son: Pre Operativo y Producción. Estas etapas son dependientes, con características técnicas y medioambientales específicas. Son secuenciales e interrelacionadas y que en conjunto componen un Sistema Minero completo.
- La etapa Pre Operativo básicamente corresponde a un sistema contable de gastos, ya que durante la misma no se produce ingresos por ventas u otros; por lo tanto contablemente tienen un tratamiento especial que debe ser adecuado de acuerdo con la decisión de la implementación de la Etapa de Producción.

## **9.2. CONTABILIDAD MINERO MEDIOAMBIENTAL DE LA ETAPA PRE OPERATIVO**

Es el punto de partida de cualquier sistema contable minero, debería abarcar la contabilidad de las fases de prospección, adquisición, exploración hasta el estudio de factibilidad de un proyecto minero.

Este sistema debe tener su propio centro de costos siendo importante los costos relacionados con el medio ambiente que pueden ser de dos tipos:

### **a. Costos Medioambientales Propios**

Que se refieren específicamente a gastos que están relacionados a la obtención de la Declaratoria del Impacto Ambiental (DIA) de cualquier proyecto minero. Toda empresa esta obligada a obtener la Declaratoria del Impacto Ambiental si la misma desea ingresar a la fase de Producción; sin este requisito no es posible continuar hacia la Etapa de Producción.

La obtención de la Declaratoria del Impacto Ambiental, implica gastos para la elaboración de:

- Ficha ambiental
- Estudio de Auditoría de Línea Base Ambiental (ALBA) y
- Estudios de Evaluación del Impacto Ambiental (EEIA)

Estos trabajos demandan trabajos de consultoría medioambiental que necesariamente deben contemplar análisis de rocas, aguas, suelos, flora y fauna del entorno; así como estudios socioeconómicos, arqueológicos hasta históricos culturales en algunos casos.

**b. Costos de Riesgos y Seguros**

Estos costos se refieren a la adquisición de propiedades, equipos que favorezcan la eliminación o reducción de los procesos contaminantes de la operación minera. Así como a la obtención de seguros nacionales e internacionales, que cubran cualquier riesgo relacionado con el medio ambiente (incendios, contaminación, etc.).

Tanto los Costos Medioambientales Propios, así como los Costos de Riesgo y Seguros podrían ser capitalizados si el proyecto minero pasa a la etapa de Producción. En caso de no ocurrir esto, estos costos deben de ser castigados ya que los mismos corresponden a inversiones de riesgo.

Ejemplo:

**COSTOS PREOPERATIVOS**

Registro:

1

PARTIDA	DETALLE	DEBE	HABER
4000	<u>COSTOS PREOPERATIVOS</u>		
4290	Ingeniería Reposición de daños ambientales	5.000.-	
2910	<u>PREVISIÓN PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>		5.000.-

Registro de la siguiente forma:

1

PARTIDA	DETALLE	DEBE	HABER
4290	<u>INGENIERIA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>	5.000.-	
2910	<u>PREVISIÓN PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>		5.000.-

Registro cuando se incurren en los gastos:

2

PARTIDA	DETALLE	DEBE	HABER
2910	<u>PREVISIÓN PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>	1.800.-	
1110	<u>BANCOS</u>		500.-
1300	<u>INVENTARIO DE MATERIALES</u>		1.000.-
1400	<u>INVENTARIO DE SUMINISTROS</u>		300.-

- La cuenta mayor es: 4000 – COSTOS PREOPERATIVOS
- La sub cuenta seria: 4290 – INGENIERIA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES

En ambos casos son cuentas de Gastos y/o Costos

- La cuenta PREVISION PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES es una cuenta transitoria del pasivo y se debita en la medida en que se incurran los gastos y/o costos. Abonando a las cuentas que generan los mismos.

### 9.3. CONTABILIDAD MINERO MEDIOAMBIENTAL DE LA ETAPA DE PRODUCCIÓN

Una vez obtenida la Declaratoria del Impacto Ambiental, se inicia la Etapa de Producción; considerándose en la contabilidad todas las actividades relacionadas a la implementación del proyecto que contempla: Construcción de la infraestructura minera, construcción de la planta de procesamiento, preparación de la mina, procesos metalúrgicos, mantenimiento y comercialización de minerales.

Los costos ambientales relacionados a esta etapa se refieren a la implementación del PASA (Plan de Adecuación y Seguimiento Ambiental) y al Programa de Higiene y Seguridad Industrial de Proyectos Mineros Nuevos; así como los



resultantes de la elaboración del Manifiesto Ambiental de industrias anteriores a la Ley del Medio Ambiente. Estos costos pueden ser clasificados en: Operativos, Administrativos y Seguridad Industrial.

#### **a. Costos Ambientales Operativos**

Son aquellos que se refieren a los gastos derivados de la operación minera y procesamiento metalúrgico relacionados a la implementación del Plan de Adecuación y Seguimiento Ambiental (PASA) y del Programa de Higiene y Seguridad Industrial.

El PASA y el Programa de Higiene y Seguridad Industrial incluyen muestreo y monitoreos de todos los fluidos (aguas), así como del control de los fluidos (aguas) de descarga. Deberán incluir costos por control de la calidad del aire, control de emisión de gases y producción de ruido; así como del control de desechos, desperdicios y costos de emergencias derivadas de la seguridad industrial. Estos costos deberán ser parte de los costos de producción del proceso minero.

#### **b. Costos Ambientales Administrativos**

Son gastos que resultan de la administración e implementación de servicios relacionados al cumplimiento de las normas ambientales, que incluyen costo labor de personal especializado, permisos, inspecciones, honorarios por consultorías, etc. Estos costos deberán cargarse a resultados de la operación.

#### **c. Costos Ambientales de Seguridad Industrial**

Son costos relacionados a la protección y seguridad del personal de una empresa para prever accidentes y subsanar daños; así como los costos

de seguros, reciclajes y otros. Estos costos deben ser cargados a resultados.

El Sistema Contable Minero Medioambiental de la Etapa de Producción debería contemplar también Costos de Previsión a ser empleados en el futuro.

Ejemplo:

### COSTOS DE PRODUCCIÓN

Registramos:

1

PARTIDA	DETALLE	DEBE	HABER
3000	<u>COSTOS DE PRODUCCIÓN – MINA SAN BARTOLOMÉ</u>	10.000.-	
3990	Reposición de daños ambientales		
2910	<u>PREVISIÓN PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>		10.000.-

O también registramos de la siguiente manera:

1

PARTIDA	DETALLE	DEBE	HABER
3990	<u>REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>	10.000.-	
2910	<u>PREVISIÓN PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>		10.000.-

Registro cuando se incurren en los gastos:

2

PARTIDA	DETALLE	DEBE	HABER
2910	<u>PREVISIÓN PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES</u>	5.000-	
1110	<u>BANCOS</u>		2.000.-
1300	<u>INVENTARIO DE MATERIALES</u>		2.000.-
1400	<u>INVENTARIO DE SUMINISTROS</u>		1.000.-

- La cuenta mayor es: 3000 – COSTOS DE PRODUCCIÓN MINA SAN BARTOLOMÉ
- La sub cuenta sería: 3990 – REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES
- La cuenta PREVISION PARA REPOSICIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES es una cuenta del pasivo transitorio y se debita en la medida en que se incurran en los gastos y/o costos de la reposición de previsión medio ambiental.

Con el sistema de apropiación de costos ambientales propuesto, será posible elaborar la contabilidad integral de cualquier operación minera, permitiendo visualizar separadamente todas las cuentas relacionadas al medio ambiente y por ende obtener la información estructural contable de una empresa, que permita la toma de decisiones empresariales así como enriquecer la información para decisiones de política nacional.

## **CAPITULO X**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Basado en el análisis de la Ley del Medio Ambiente, Normas y Sistemas de Contabilidad Minera; así como en la propuesta conceptual para un Sistema de Contabilidad Minera, surgen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. El Código de Minería, Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentaciones definen numerosas obligaciones que deben ser aplicadas en la industria minera; estas obligaciones incluyen estudios, programas y obras para proteger, preservar y mitigar el medio ambiente, significando grandes inversiones y gastos que deben ser efectuados antes, durante y después de la producción minera.
  
2. Los sistemas contables aplicados en la Empresa Minera Mediana, Empresa Minera Chica, COMIBOL y Cooperativas, en general son muy similares y datan de mucho tiempo atrás por lo que se debe actualizar. Se debe admitir que el brindar información precisa es importante porque:
  - Proporciona una estimación mejor de los costos de producción de una empresa.
  - Asigna apropiadamente los costos de un proceso, ayuda a la gestión de la reducción de los costos y refuerza los principios de calidad de información.
  - Favorece la introducción de cambios en el proceso para reducir la producción de residuos contaminantes y el uso de reciclajes.

Los sistemas de contabilidad vigentes requieren necesariamente de una adecuación contemplando la Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos para lograr resultados contables precisos y reales, que ayuden a interpretaciones económicas correctas.

3. La aplicación del sistema conceptual de contabilidad minera y los costos de producción, ayudará a la actualización de los sistemas contables vigentes y traerá beneficios a la sociedad porque pretende proteger y preservar los recursos naturales, velando por el bienestar de la salud de las personas.

Existe aún mucho camino para obligar a las empresas mineras a cumplir y aplicar con las normas ambientales vigentes; sin embargo es tiempo de que las mismas empiecen a incorporar en su contabilidad estos temas.

4. En el pasado, la economía consideraba al medio ambiente como un recurso ilimitado y por lo tanto sin costo alguno; hoy el medio ambiente es un recurso fundamental y escaso.

Por lo tanto, se debe buscar su protección y lograr su óptimo beneficio. La aplicación de sistemas de contabilidad medioambiental en las empresas logrará este objetivo.

5. La Minería Chica y Cooperativizada mantienen una economía de supervivencia que la imposibilita cumplir a corto plazo con todo lo dispuesto en la Ley de Medio Ambiente.

Se debe emprender un plan en favor de la minería chica y cooperativizada, transformándoles en grupos jurídicos que cumplan con las disposiciones legales.

6. La contabilidad, y los costos en la minería son una especialidad dentro de la contabilidad general, por lo tanto, su desarrollo y aplicación requiere de profesionales especializados.

El contador público o auditor debería estar preparado y atento a los avances de los diferentes campos de contabilidad para expandir sus conocimientos y actividades.

7. Al presente existe un rol importante para los profesionales en contabilidad ya que pueden ser los custodios del medio ambiente y por ende el futuro del bienestar de la sociedad.

Para cumplir con tal responsabilidad los organismos colegiados deben incluir el tema ambiental en sus programas de capacitación. Esta capacitación debería incluir entre otros:

- Conocer la Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos.
- Capacidad de identificación de los costos mineros.
- Crear iniciativas para la toma de acciones que organicen los aspectos medioambientales en la actividad contable.
- El desarrollar nuevos sistemas de información y de control de costos medioambientales, para la toma de decisiones administrativas internas y externas.

## BIBLIOGRAFÍA

AECA, 1999 Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas "Contabilidad de Gestión Medioambiental". (1999).

AGUADO PACHECO O. (2004) "Contabilidad y Comercialización de Minerales" (2004).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CONTABILIDAD Y ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS (AECA) (1999): "Contabilidad de Gestión Medioambiental".

BONILLA PRIEGO, M. (2000): "Algunos problemas en la determinación del coste medioambiental en la empresa". Revista Técnica Contable. Año LII, Num. 615, marzo.

CECA, 2004 Centro de Estudios en Contabilidad y Auditoría "Cuestiones Contables Fundamentales". (2004)

CLUB DE MINERÍA, (2003): "Manejo Ambiental de Proyectos Mineros Terminales". Foro Debate.

FERNÁNDEZ CUESTA, C. (2000): "La Contabilidad de gestión medioambiental", en "Contabilidad de gestión en el ámbito Iberoamericano". Editorial Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas (AECA).

FRONTI DE GARCÍA, L. Y GARCÍA FRONTI, M. (1998): "La Doctrina Contable y su Influencia en la Normativa de la Contabilidad Ambiental". Instituto de Investigaciones Contables - Universidad de Buenos Aires.

FRONTI DE GARCÍA, L., WAINSTEIN, M., GARCÍA FRONTI, I. Y CASAL, A. (2000): "Contabilidad y auditoría ambiental". Ediciones Macchi, Buenos Aires.

FLEURY, A.M. 1999. "Indicadores para medir el impacto minero en el medio ambiente, la población y la economía en la ciudad de Potosí". Tesis de M.Sc. Universidad Laval.

GACETA OFICIAL DE BOLIVIA, 1992. "Ley de Medio Ambiente. Ley N° 1333 del 27 de abril de 1992".

GACETA OFICIAL DE BOLIVIA, 1997. "Código de Minería. Ley N° 1777 del 17 de marzo de 1997".

GACETA OFICIAL DE BOLIVIA, 1997. "Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM). Decreto Supremo N° 24782 del 31 de julio de 1997".

GACETA OFICIAL DE BOLIVIA, "Ley de inversiones N° 1182 del 17 de septiembre de 1990".

MEDMIN (1998) Manejo Integrado del Medio Ambiente en la Pequeña Minería: "Manejo Ambiental en la Pequeña Minería", CID – Plural Editores.

MEDMIN (2001) "Impactos Económicos y Ambientales de la Liberación del Comercio: Una aplicación al Sector Minero", Creart Impresores.

MINISTERIO DE MINERÍA Y METALÚRGIA / AGENCIA CANADIENSE PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL, (1981). "Manual de Contabilidad Minera" Tomo I y II.

REVISTA LATINOMINERÍA, Edición de septiembre 2000, N° 44.

RIPOLL FELIÚ, V. Y CRESPO SOLER, C. (1998): "Costes derivados de la gestión medioambiental". Revista Técnica Contable. Año L, Num. 591, marzo.