



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Gestión Ambiental Minera dentro de Ecosistemas Frágiles y Amenazados: Necesidad de Normas Especiales para el Monitoreo y Manejo de la Calidad del Agua.

Tesis previa a la obtención del título de Magíster en Biología de la Conservación

ING. DIANA R. PAREDES G.

Quito, 2013

CERTIFICACIÓN

En fecha cuatro de noviembre de dos mil trece, ha sido aprobada la tesis intitulada “Gestión Ambiental Minera dentro de Ecosistemas Frágiles y Amenazados: Necesidad de Normas Especiales para el Monitoreo y Manejo de la Calidad del Agua”, de autoría de la estudiante Diana Paredes.

Particular que certifico y comunico para los fines consiguientes.

Dr. Hugo Echeverría

Director

Dedico esta tesis a mi Tío, quien ya no está conmigo y quien hizo posible que yo continúe con mis estudios; a mi Abuelo, quien tampoco está conmigo y que es mi modelo a seguir; a mi familia que siempre me apoyó, me alentó a luchar y cumplir mis metas; y a Juan Andrés por el amor y apoyo diario.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por la guía brindada en mis estudios, por su apoyo para la realización de mi tesis y a Hugo Echeverría por ser mi director de tesis.

Agradezco a mi abuelita por ser un ejemplo de lucha, esfuerzo y perseverancia; a mis padres por su incondicional apoyo, guía, comprensión y amor durante este proceso; a Juan Andrés quien me ayudo, me aconsejo y siempre confió en mí; y, a mis gatos que me acompañaron, me dieron fuerzas y ánimo.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO 1: MINERÍA. GENERALIDADES, IMPACTOS Y SU RELACIÓN CON LA BIODIVERSIDAD.....	13
1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE MINERÍA	13
1.1.1 Minería según el tipo de mineral	14
1.1.2 Minería según el método de extracción	15
1.1.3 Tipos de minería según la escala o tasa de producción	17
1.2 FASES Y ETAPAS DE LA ACTIVIDAD MINERA	19
1.2.1 Prospección	19
1.2.2 Exploración	20
1.2.3 Explotación.....	23
1.2.4 Beneficio	23
1.2.5 Fundición	23
1.2.6 Refinación	24
1.2.7 Comercialización e industrialización	24
1.2.8 Cierre	24
1.3 IMPACTOS DE LA MINERÍA.....	27
1.3.1 Impactos ambientales de la minería	27
1.3.2 Impactos sociales de la minería	32
1.4 POTENCIAL MINERO DEL ECUADOR	32
1.5 BIODIVERSIDAD.....	35
1.6 CONTRASTE DEL POTENCIAL MINERO FRENTE A LA BIODIVERSIDAD	39
CAPÍTULO 2: NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE Y LA GESTIÓN AMBIENTAL CON RESPECTO AL MONITOREO Y CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES MINERAS.....	47
2.1 LOS DERECHOS DE LA NATURALEZA EN LA CONSTITUCIÓN Y EL APOORTE DE LOS TRATADOS INTERNACIONALES PARA UN NUEVO ENFOQUE	48
2.2 LEYES AMBIENTALES Y NORMAS SECUNDARIAS: SU APOORTE PARA LA GESTIÓN DEL AGUA.....	60

2.2.1 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente	65
2.2.2 Ley de minería y su aplicación a la gestión del agua	79
2.2.3 Reglamento Ambiental para Actividades Mineras: planteamientos para la calidad del agua	84
2.2.4 Norma técnica para la realización de los términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto	94
2.3 IDENTIFICACIÓN DE DEBILIDADES DENTRO DE LA NORMATIVA PARA LA GESTIÓN DEL AGUA: NECESIDAD DE UNA REEVALUACIÓN	100
CAPÍTULO 3: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA NORMATIVA ESPECIAL PARA EL MONITOREO Y CALIDAD DEL AGUA EN LOS PROYECTOS MINEROS EN ECOSISTEMAS FRÁGILES Y AMENAZADOS.	106
3.1 MONITOREO ACTIVO	107
3.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL	108
3.3 APLICACIÓN DE ÍNDICES PARA LA PREVENCIÓN, CONTROL Y MONITOREO DEL AGUA	114
3.3.1 Índice de Calidad del Agua	114
3.3.2 Índice de contaminación por metales	116
3.3.3 Índice de calidad de aguas subterráneas	118
3.3.4 Índices biológicos	118
3.4 MODELAMIENTO MATEMÁTICO PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	123
3.4.1 Modelamiento de contaminantes en agua superficial	124
3.4.2 Modelamiento de contaminantes en aguas subterráneas	126
3.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS AMBIENTALES Y ECOSISTEMAS	127
3.6 TRATAMIENTOS PARA EL DRENAJE ÁCIDO Y CIANURO PROVENIENTE DE LA MINERÍA	131
3.6.1 Tratamiento pasivo	132
3.6.2 Tratamiento activo	134
3.6.3 Tratamiento del cianuro	136
3.7 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA CALIDAD DEL AGUA Y LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA DE ECOSISTEMAS FRÁGILES Y AMENAZADOS	138
3.7.1 Límites máximos permisibles para agua superficial	138
3.7.2 Límites máximos permisibles para aguas subterráneas	142
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	146

RECOMENDACIONES	157
LITERATURA CITADA.....	160
FIGURAS.....	168
TABLAS.....	175
ANEXOS	176

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa catastral de minería artesanal.....	168
Figura 2. Mapa catastral de áreas mineras inscritas.....	168
Figura 3. Mapa catastral de minerales metálicos.....	169
Figura 4. Mapa catastral de minerales no metálicos.....	169
Figura 5. Mapa catastral de materiales de construcción.....	170
Figura 6. Mapa catastral de proyectos emblemáticos.....	170
Figura 7. Áreas mineras inscritas vs especies en peligro de extinción.....	171
Figura 8. Proyectos emblemáticos vs especies en peligro de extinción.....	171
Figura 9. Áreas mineras inscritas vs PANE y Bosques Protectores.....	172
Figura 10. Proyectos emblemáticos vs PANE y Bosques Protectores.....	172
Figura 11. Pérdida de biodiversidad, presión humana y la huella ecológica.....	173
Figura 12. Proceso de regularización ambiental para la obtención del certificado de registro ambiental o licencia ambiental respectivamente según su categoría.....	173
Figura 13. Requerimientos técnicos propuestos.....	174
Figura 14. Implementación de los requerimientos dentro del Estudio Ambiental....	174

RESUMEN

La minería en el Ecuador es una actividad que está en reciente expansión, debido al gran potencial minero del país. Un ejemplo de este crecimiento de la actividad es la declaración de cinco proyectos emblemáticos y estratégicos de minería metálica a gran escala. La minería es una actividad que trae consigo impactos negativos cuando la gestión ambiental no es la correcta, situación que pone en riesgo los ecosistemas frágiles y amenazados, así como la calidad del agua. En esta investigación se hizo una revisión de la normativa ambiental vigente para la gestión ambiental y la elaboración de estudios ambientales, para posteriormente determinar las debilidades existentes en cuanto a la gestión del agua. En general las debilidades encontradas se relacionaron con el problema en la aplicación de una gestión ambiental integral la cual se base en métodos efectivos para verificar la calidad del agua. Es así que se propone la utilización e inclusión de métodos como los índices biológicos, índices de calidad del agua e índices de contaminantes. Además se determinó la necesidad de realizar valoraciones económicas de los servicios ambientales de los ecosistemas, para conocer la afectación económica de los impactos ambientales de la minería sobre dichos servicios. También se propone la utilización de modelamientos matemáticos, la determinación de caudales ambientales, la revisión y mejoramiento de los límites máximos permisibles y la determinación dentro de los estudios ambientales de tratamientos concretos de contaminantes importantes como drenaje ácido y el cianuro en caso de la minería metálica por traer muchos problemas para calidad del agua. Como conclusión principal se ve la importancia de plantear nuevas herramientas para la gestión ambiental además de la necesidad de realizar investigaciones específicas sobre los distintos tipos de minería y los métodos aplicables a los mismos.

Palabras clave: calidad, caudal, cianuro, drenaje ácido, índice, modelamiento, propuesta, valoración.

ABSTRACT

Mining in Ecuador is an activity that is in recent expansion, due to the country's mining potential. An example of this increased activity is the declaration of 5 large-scale strategic projects in metal mining. Mining is an activity that brings negative impacts if the environmental management is not correct, a situation that threatens fragile and endangered ecosystems and water quality. In this research, the themes reviewed were the current environmental regulations for environmental management and the development of environmental impact assessments, to determine the weaknesses in terms of water management. In general the weaknesses found were related to the problem in the application of integrated environmental management, which is based on effective methods to verify water quality. The proposal is the use and inclusion of methods such as biological indexes, water quality indexes and index of contaminants. The investigation determined the need for economic valuation of environmental services, to determine the economic impact of the environmental impacts of mining on such services. Also the proposal includes the use of mathematical modeling, determining environmental flows, review and improvement of the maximum permissible limits and determination of specific treatments for important pollutants such as cyanide and acid drainage within the environmental impact assessments in case of metal mining. The main conclusion is the importance of developing new tools for environmental management and the need for targeted research on the different types of mining and methodologies applicable.

Keywords: acid drainage, assessment, cyanide, flow, index, modeling, proposal, quality.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador “ocupa el primer lugar en el mundo al hacer la relación entre número de especies de vertebrados por cada 1 000 km² de superficie, y el segundo al hacer el mismo cálculo pero contando solo las especies de vertebrados endémicos” (Mittermeier, Robles y Goettsch, 1997 en Ministerio del Ambiente *et al.*, 2001). El Ecuador también se ubica entre los primeros lugares en el ámbito mundial en lo que se refiere a números absolutos de especies de anfibios, aves, mariposas y 34 tipos de vegetación (Sierra, 1999b en Ministerio del Ambiente *et al.*, 2001); lo que ha permitido el desarrollo de la increíble diversidad de especies que hacen que el Ecuador sea uno de los doce países más biodiversos del mundo.

El paisaje del Ecuador se diversifica aún más debido a la presencia de numerosos ríos que descienden desde la Sierra, tanto hacia la Costa como hacia la Amazonía. Así, las divisorias de aguas se extienden a lo largo de la cordillera occidental en algunas partes, y a lo largo de la oriental en otras (Neill, 1999 en Ministerio del Ambiente *et al.*, 2001).

Es por esto que las áreas protegidas, tanto en América Latina como en todo el planeta, son los lugares más valiosos para la conservación *in situ* de la naturaleza (Elbers, 2011). Las primeras acciones de conservación en Ecuador se remontan a 1936 con la declaración del Archipiélago de Galápagos como área protegida. En sus inicios, las acciones de conservación fueron esfuerzos muy puntuales y dispersos. Solo 30 años después de dicha declaratoria, se propuso la creación de la siguiente área (Ministerio del Ambiente, 2006). Aproximadamente la mitad del Ecuador está cubierto por bosques húmedos tropicales en la Amazonía y en la costa, a los cuales se suman importantes remanentes de bosques tropicales secos en otras zonas; siendo así probablemente el país con mayor concentración de especies del planeta (Elbers, 2011).

Entre los objetivos de las áreas protegidas y demás áreas bajo cierto grado de protección, se encuentran el conservar ecosistemas sensibles (páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares ecosistemas marinos y

marino costeros) para proveer de refugio a especies (flora y fauna) endémicas o amenazadas, además de garantizar el suministro de agua (Elbers, 2011). Sin embargo, no todos los ecosistemas frágiles y amenazados se encuentran dentro de áreas protegidas o bosques protectores. Esto provoca que con la ejecución de actividades extractivas, existan impactos como la “pérdida de especies por alejamiento o alteraciones de sus ciclos reproductivos, cambios en la cobertura vegetal por cambio de uso del suelo, contaminación de tierras y aguas incluyendo océanos y mares, contaminación del aire y afectación de ecosistemas frágiles”. (Elbers, 2011).

La necesidad de conservar estas áreas para mantener la diversidad nunca fue más evidente; principalmente debido a que el crecimiento de la economía a nivel mundial ha causado, en estos últimos años, el incremento incesante de la demanda de recursos naturales que son utilizados como materias primas, además del correspondiente incremento del consumo de energía (CIDSE, 2009). Es por esto que la actividad minera, así como todas las demás actividades extractivas, han ido en creciente expansión lo cual, además, supone una mayor presión por parte de las empresas hacia los Estados, en cuanto a la concesión de áreas para el desarrollo de nuevos proyectos mineros (CIDSE, 2009).

En el caso del Ecuador, la actividad minera se remonta a la época pre colonial e inclusive pre incásica. Las culturas precolombinas explotaron oro, plata, cobre y platino para crear objetos ornamentales, rituales y de intercambio comercial. Tras la conquista española se produjo el auge de la minería del oro y de la plata. (CME, 2011).

La mayor parte de los yacimientos minerales en el Ecuador, se encuentran en las estribaciones de los Andes, donde hay millones de hectáreas de bosques nublados y páramos, lugares donde se alberga gran parte de la biodiversidad del país. Es importante recalcar que estos ecosistemas juegan un rol crucial en la protección de las cuencas altas y medias de la mayoría de los ríos del país, proveyendo de agua a millones de habitantes.

(Guaranda, 2009). Por esta razón, entre otras, la nueva Constitución de la República del Ecuador los caracterizó como ecosistemas frágiles y amenazados, lo cual conlleva un mandato estatal para regular su conservación, manejo y uso sustentable; así como su recuperación, e inclusive limitaciones de dominio.

Como resultado del crecimiento de la actividad extractiva, se han venido generando reacciones por parte de las comunidades y organizaciones que no están de acuerdo con la expansión de la minería y la explotación de otros recursos naturales. Por ejemplo en varios países de Latinoamérica, incluido Ecuador, se han generado movimientos que han propagado oposición y cuestionamiento a la minería, basándose en preocupaciones relativas a su impacto ambiental y social; así como en las debilidades del modelo extractivo en el aporte al desarrollo local y nacional. En el Ecuador, los graves impactos socioambientales derivados de actividades extractivas han provocado reacciones de las comunidades frente a la destrucción de los ecosistemas y sus formas de vida (CIDSE, 2009).

Es así que en aquellas situaciones en las que la actividad extractiva se ha ido integrando como una parte de la realidad de la población, incluso convirtiéndose en una fuente de ingreso para la comunidad, la exigencia se centra en la prevención y/o mitigación de impactos y en la reparación de daños, en la medida en que éstos no tengan el carácter de irreversibles. Por otro lado, en otros casos donde la actividad extractiva no se ha establecido aún, las comunidades se oponen a los efectos más que al desarrollo de la actividad en sí (CIDSE, 2009).

El Ecuador está frente a un gran reto: dar un salto a una economía post petrolera y menos dependiente de la extracción de recursos naturales, o continuar, como hasta ahora, por la tradicional senda del extractivismo primario exportador. Superar el extractivismo

implica un serio desafío, pues ese sería un paso firme para construir el buen vivir, tal como establece la Constitución de la República (Varela, 2010b).

Es así que en la legislación ecuatoriana actual, es de vital importancia recalcar los cambios que se han generado. Dichos cambios corresponden a la posibilidad de establecer actividades mineras en cualquier lugar que tenga el potencial para las mismas. Esto incluiría el desarrollo de la minería dentro de áreas caracterizadas como ecosistemas frágiles y amenazados, algunos de los que pudieran ubicarse incluso dentro de áreas protegidas, si es que se estableciera el interés nacional para la misma.

La normativa nacional vigente y el proceso en sí de elaboración de estudios ambientales y de licenciamiento actuales, no diferencian los requerimientos técnicos en actividades realizadas dentro o fuera de ecosistemas frágiles y amenazados. Dicha situación no logra asegurar la conservación de la biodiversidad y por consiguiente de los ecosistemas. La explotación minera, en zonas de alta biodiversidad, y áreas frágiles y amenazadas, provocaría graves consecuencias; las mismas que se deberán prever y minimizar para garantizar la conservación de las mismas, empleando los estudios ambientales y el licenciamiento como una herramienta efectiva para la gestión ambiental más aún cuando se habla específicamente de la calidad del agua en estas áreas, donde este recurso juega un papel fundamental en los ecosistemas como regulador de los procesos que se llevan a cabo en la naturaleza. La gestión ambiental en la actividad minera debe garantizar principalmente la calidad del agua, recurso impactado por la actividad, sin dejar de lado el papel que dicho recurso cumple en los ecosistemas.

La conservación de la biodiversidad es parte del objetivo más amplio de la promoción del desarrollo sostenible. La pérdida de biodiversidad no solo afecta el crecimiento económico actual, sino también la capacidad de la economía para sostener el crecimiento económico futuro (Ninan *et al.*, 2007). El manejo integral y sistémico de las

áreas protegidas dio sus primeros pasos hace más de tres décadas, fundamentado en la Estrategia Preliminar para la Conservación de Áreas Silvestres Sobresalientes de 1976, en la que se tenía la idea de establecer áreas protegidas como territorios deshabitados (Elbers, 2011). La expansión de actividades económicas ha causado que muchos países limiten la conservación de la biodiversidad a las áreas protegidas y sus alrededores; causando la fragmentación de estos ecosistemas frágiles, que como se explicó anteriormente, no se encuentran totalmente protegidos y donde, a su vez, se encuentran recursos naturales, renovables y no renovables, que son de gran interés. “Cabe resaltar este aspecto, ya que en la mayoría de las regiones del Ecuador continental, costa, sierra y Amazonía, actualmente queda menos del 50% de su cobertura original” (Ministerio del Ambiente *et al.*, 2001).

La presión por el desarrollo en los países representa una gran amenaza a la biodiversidad. Se reconoce que puede haber un equilibrio entre el desarrollo y la pérdida de biodiversidad, y que cierta cantidad de la biodiversidad se perdería, aún si el desarrollo fuera más sostenible (Ninan *et al.*, 2007). Mientras existen razones morales y éticas que puedan justificar la conservación de la biodiversidad, son principalmente las fuerzas económicas las que hacen que gran parte de la diversidad biológica y los recursos del mundo disminuyan (Pearce y Moran, 1994 en Ninan, *et al.*, 2007).

La actividad minera, categorizada como recurso no renovable, debe desarrollarse de conformidad con lo previsto en el régimen jurídico. Las normas deberán aplicarse en la solución de los conflictos que pudieran generarse como consecuencia de impactos ambientales. Es decir, para que se dé un desarrollo adecuado de la actividad, tiene que contarse con un marco normativo apropiado que garantice que no se vean afectados los derechos al agua, a la soberanía alimentaria, a la propiedad, a la consulta previa, a un ambiente sano; el derecho a la salud; y, los derechos de la naturaleza. Además, es de vital

importancia que este marco normativo, diferencie claramente entre la realización de actividades mineras dentro de ecosistemas frágiles y amenazados como fuera de ellos.

La práctica de la minería trae impactos significativos a corto, mediano y largo plazo. Entre estos se encuentra la deforestación, afectando el hábitat de cientos de especies y también el agua que fluye por los bosques hacia los demás ecosistemas y centros urbanos. La deforestación de los bosques primarios causa una rápida escorrentía de las aguas provenientes de las lluvias, agravando las crecidas en los períodos lluviosos debido a que el suelo no puede contener el agua como lo hace en presencia de las masas boscosas. Además se produce erosión, colmatación y acumulación de los residuos de roca (Guaranda, 2009). El problema principal entonces radica en el mantenimiento de la calidad del agua y de los sistemas ecológicos de las áreas donde se ha intervenido por la minería.

Es por esto que la principal pregunta de la cual surge esta investigación es, si el establecimiento de normas especiales determina una mejor gestión ambiental y, por lo tanto, una mejor calidad del agua. En este contexto, surge la siguiente hipótesis: el establecimiento de normas especiales de licenciamiento ambiental, a través de una reforma normativa y la identificación de requerimientos técnicos referentes al manejo del recurso agua, incidirán en una mejor gestión ambiental minera, asegurando así los objetivos de la conservación de ecosistemas frágiles y amenazados.

Es así que esta investigación tiene como objetivos principales analizar las fortalezas y debilidades del régimen jurídico aplicable a la gestión ambiental minera dentro de ecosistemas frágiles y amenazados en el Ecuador; y analizar, desde una perspectiva crítica, la aplicación del estudio de impacto ambiental a proyectos mineros, como un instrumento efectivo para garantizar una adecuada gestión ambiental minera y de la calidad del agua en ecosistemas frágiles y amenazados. Estos objetivos se ven materializados a través del primer capítulo en donde se da una descripción de la actividad minera, sus fases, tipos e

impactos al ambiente; y, donde se da a conocer el riesgo en el que podría convertirse la minería sin una correcta gestión ambiental, en ecosistemas frágiles y amenazados.

Esto como preambulo al capítulo dos, en el que se hace una revisión de la normativa ambiental aplicable y del proceso de regularización ambiental para la actividad minera. De esta forma se da a conocer las fortalezas y debilidades encontradas en la normativa, en las que posteriormente se enfocará la propuesta.

Como objetivos específicos se identificarán los requerimientos técnicos especiales aplicables al estudio de impacto ambiental para la gestión de la calidad del agua; se propondrán pautas normativas para garantizar una adecuada gestión ambiental de la calidad del agua y se establecerá un mecanismo de monitoreo de impactos que se constituya en una herramienta efectiva para el control de la calidad del agua; todo esto en actividades mineras dentro de ecosistemas frágiles y amenazados. Estos objetivos se desarrollan en el capítulo tres, donde se detallan los requerimientos técnicos sugeridos en base a las debilidades encontradas en el capítulo previo.

Es así que la mira está puesta al desarrollo de la actividad minera, sobre todo en ecosistemas frágiles y amenazados (como en áreas protegidas), donde la actividad también se podrá realizar en casos de declaratoria de interés nacional, por excepción, conforme dispone la nueva Constitución; por lo que se debe incentivar la búsqueda de alternativas que garanticen la calidad del agua, la conservación de los ecosistemas frágiles y el desarrollo realmente sustentable del sector. La necesidad de adoptar normas especiales, específicas, para la realización de actividades minera dentro de ecosistemas frágiles y amenazados es de suma importancia ya que estas áreas requieren de regímenes especiales para asegurar la estabilidad ecosistémica; tomando en cuenta el valor intrínseco de los ecosistemas el cual también forma una base para nuestra subsistencia.

Lo ideal sería un esquema normativo que prohíba actividades en dichos ecosistemas frágiles, aplicando el principio de precaución y la prevención de la contaminación; sin embargo, en un esquema que no prohíba esta actividad y por el hecho de haber planteado a la minería como un sector estratégico, estas áreas podrían verse afectadas por esta actividad. Es importante recalcar que, debido a que la naturaleza ya es considerada como sujeto de derechos, está en la población el hacer que sus derechos y los nuestros se cumplan y buscar la mejor manera de conjugar las actividades humanas con la conservación de los ecosistemas frágiles y amenazados.

La forma de hacer que las actividades humanas se conjuguen con la conservación de ecosistemas sensibles y de la biodiversidad existente es mediante un adecuado procedimiento en la elaboración de los estudios ambientales, que incluya estudios y planes de manejo que, efectivamente aseguren los objetivos de conservación, utilización sostenible y participación justa y equitativa de la biodiversidad (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2006):

Los procedimientos de evaluación de impacto ambiental deberían relacionarse con otros documentos nacionales, regionales e internacionales pertinentes sobre legislación, reglamentación, directrices y otros asuntos de política, tales como los documentos sobre las estrategias y planes de acción nacionales sobre diversidad biológica, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y los convenios y acuerdos relacionados con la diversidad biológica, incluidos, en particular, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres y los acuerdos subregionales conexos, la Convención relativa a los humedales (Ramsar, Irán, 1971), la Convención sobre la evaluación de impacto ambiental en un contexto transfronterizo; la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar; las Directivas de la Unión Europea sobre evaluación de impacto ambiental y el Protocolo sobre la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación de origen terrestre (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2006).

Se debe entender al proceso de evaluación de impacto ambiental, como un instrumento preventivo de gestión, destinado a identificar y corregir con anticipación los impactos ambientales negativos derivados de acciones humanas y optimizar aquellos de carácter positivo (Espinoza, 2001).

Se busca asegurar que los recursos y elementos ambientales susceptibles de ser afectados se describan y evalúen considerando todas las medidas destinadas a su protección, de acuerdo a las exigencias formales y al estado del arte. Se busca alcanzar una evaluación amplia y acertada de los recursos ambientales involucrados, para lograr un equilibrio en el proceso de toma de decisiones (Espinoza, 2001).

La evaluación de impactos ambientales es la forma en la cual la política ambiental planteada en una actividad económica logrará traducir sus objetivos en acciones concretas, evitando el deterioro del medio ambiente. Es por esto que “es vital la pregunta de cuánta calidad ambiental es entregada en nombre del progreso y qué crecimiento se restringe o se modifica en función del medio ambiente” (Espinoza, 2001).

Los criterios que se toman en cuenta, comúnmente, en una evaluación de impactos para proteger el medio ambiente contra daños injustificados o no previstos de las actividades económicas son: incidencia en la calidad del aire y del agua, afección a los recursos naturales protegidos, generación de impactos indeseables tales como deterioro del paisaje, causa de efectos acumulativos adversos, impactos socioculturales adversos, entre otros; “convirtiendo el lenguaje y la intención de las leyes ambientales en un grupo uniforme de requisitos técnicos y de procedimientos que permiten un análisis sistemático de las acciones humanas mucho antes de su ejecución” (Espinoza, 2001).

La propuesta consiste en la presentación de nuevos métodos para la gestión ambiental y de herramientas técnicas de seguimiento y monitoreo, poniendo especial énfasis en la calidad del agua derivada de la actividad minera dentro de ecosistemas frágiles y amenazados, los cuales vayan más allá; asegurando así la integridad y la conservación de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos, e identificando aquellos impactos irreversibles derivados de las actividades humanas. Es así que se considera de gran relevancia la realización de esta investigación, para analizar la normativa vigente, con sus fortalezas y debilidades; y, de esta manera, formular pautas para una normativa

especial donde los aspectos ambientales tomarán importancia en la conservación de los ecosistemas frágiles y amenazados.

Para la investigación se consideró necesario el establecimiento de una metodología compuesta por varias herramientas. En primer lugar, se utilizará la revisión de la documentación de carácter normativo correspondiente a la actividad minera. Con esto se hizo referencia a la Constitución, acuerdos internacionales, leyes, reglamentos y demás normativa que constituya el marco jurídico dentro del cual la actividad minera se enmarca. Mediante esta revisión, se determinó las debilidades y fortalezas que establecieron una base de sustento para la propuesta de métodos aplicables a la gestión ambiental en ecosistemas frágiles y amenazados con énfasis especial en calidad del agua.

Por otro lado, se recopiló información de literatura de fuentes secundarias para establecer un marco teórico que delimite el ámbito de la investigación, mediante el establecimiento de la situación actual de la actividad minera, así como de la biodiversidad del país. Se utilizó además estudios realizados en otros países para guiar esta investigación.

CAPÍTULO 1: MINERÍA. GENERALIDADES, IMPACTOS Y SU RELACIÓN CON LA BIODIVERSIDAD

“El desarrollo de la minería solamente sería sustentable si la explotación obedeciera las tasas de agotamiento y mantuviesen la integridad de la base de recursos minerales de modo que quedara garantizada la continuidad de su utilización a lo largo del tiempo, para las generaciones futuras.”
(UNESCO, 2002)

La minería es una actividad humana practicada desde la antigüedad, que consiste en la extracción y procesamiento de minerales que se encuentran diseminados en todo el planeta. Esta actividad ha cambiado a través del tiempo, por el aumento de la demanda y la aplicación de diferentes métodos de explotación (Figuroa *et al.*, 2010).

En el caso de Ecuador, la actividad minera se remonta a la época pre colonial e inclusive pre incaica. Las culturas precolombinas trabajaron oro, plata, cobre y platino como objetos ornamentales, rituales y de intercambio comercial. Tras la conquista española se produjo el auge de la minería de oro y plata. (CME, 2011).

1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE MINERÍA

Los tipos de explotaciones mineras son muy variados, tanto en su concepción, diseño y yacimientos. La elección del método depende de numerosos factores, tales como: profundidad, forma e inclinación del depósito, distribución del mineral, características geomecánicas¹ de las rocas del propio mineral, costos de explotación, entre otras. (Instituto Geológico y Minero de España, 2004).

¹ Geomecánica: Es el área que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. Se investigan el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones.

1.1.1 Minería según el tipo de mineral

Los minerales se clasifican en metálicos y no metálicos. Los minerales metálicos generalmente no forman rocas y se encuentran en pequeñas cantidades. Es por esto que resulta indispensable construir minas para llegar a ellos (Barreno, 2012).

Por otro lado, los minerales no metálicos también conocidos como minerales industriales son aquellas sustancias utilizadas en procesos industriales. Estos materiales son normalmente de bajo valor y de gran volumen, razón por la que su explotación se realiza cerca o en la fuente de producción (Barreno, 2012).

- Minería metálica:

Corresponde a los minerales que se utilizan para joyería, industria química, electrónica, entre otros. En la minería metálica se denominan menas al mineral del cual se extrae el metal y ganga a la roca acompañante (Barreno, 2012). Las minas metálicas se caracterizan por el importante cambio de formas y volúmenes en el paisaje, debido a la excavación de grandes huecos o túneles y a la creación de estructuras para almacenar material de desecho. Además, debido a que los procesos mineralógicos suelen ser complejos, se precisan instalaciones de dimensiones apreciables, en las que se llevan a cabo la trituración, molienda, concentración de los metales, los campamentos de hospedaje de los trabajadores y demás instalaciones auxiliares (Figuroa *et al.*, 2010).

La vida de las minas metálicas suele ser extensa, por lo general superior a los 15 o 20 años, existiendo algunas explotaciones mineras en el mundo que se están trabajando desde hace siglos.

- Minería no metálica:

Corresponde a las substancias de diversa utilidad extraída de la tierra mediante métodos generalmente mecánicos. Entre las que se encuentra la minería de carbón, cemento (fabricado a partir de polvo seco hecho de sílice, alúmina, cal, óxido de hierro y óxido de magnesio) y otros productos para la construcción como la sal, piedras, arena, litios, ulexita, asbesto, entre otros. (Figueroa *et al.*, 2010).

1.1.2 Minería según el método de extracción

- Minería subterránea

Es ejecutada cuando existe una alta concentración de minerales en el subsuelo. En este tipo de minería se construye un socavón o túnel subterráneo que sigue la veta² por debajo de la tierra, dejando de lado los lugares pobres en minerales (Figueroa *et al.*, 2010).

- Minería por lavado

Consiste en extraer tierra que contiene una cantidad importante de mineral (generalmente oro y plata), se la mezcla con agua, para mediante agitación eliminar el material más liviano y quedarse con las partículas de metal. Esta actividad es generalmente manual, en pequeña escala, y se realiza en los lechos de ríos y sus alrededores inmediatos (Figueroa *et al.*, 2010).

- Minería de dragado

Consiste en aspirar grandes cantidades de tierra con agua y procesarla para extraer el mineral contenido en la tierra. Suele aspirarse el fondo de ríos que

² Veta: Estrato alargado de un mineral diferente a la formación rocosa que lo rodea.

generalmente contiene oro, para separar el mineral de la tierra y el sedimento (Figueroa *et al.*, 2010).

- Minería por concentración

Es común que los minerales se presenten asociados a otros elementos en la naturaleza. Es así que, los minerales asociados a una alta presencia de azufre son extraídos por el método de concentración.

En este método, la roca que contiene mineral es molida hasta convertirse en polvo, mezclada con agua, agitada junto a productos químicos y orgánicos, para que se formen burbujas a las cuales el mineral se adhiere. Estas burbujas son barridas y secadas hasta que se ha obtenido un concentrado con alrededor de 35% de mineral y 65% de desechos, entre los cuales se encuentra el azufre. Dicho concentrado se funde para extraer el metal restando la escoria³ como desecho (Figueroa *et al.*, 2010).

- Minería química

La extracción mecánica y por fundición de minerales ha ido cediendo espacio para la extracción por solventes químicos, como el cianuro. La mayoría de las operaciones que utilizan las tecnologías de extracción por lixiviación con cianuro, recurren a la minería a cielo abierto para conseguir el mineral. En los casos de las minerías de oro, cobre, zinc y plata, el método consiste en triturar las rocas que contienen el mineral y amontonarlas en canchas que se colocan sobre una plataforma de lixiviación, denominadas pilas de lixiviación. Una vez que el mineral triturado es apilado en la plataforma de lixiviación, se le rocía uniformemente con una solución de cianuro por medio de un sistema de regaderas. La solución de cianuro resultante, que contiene el mineral, llamada

³ Escoria: Resulta del enfriamiento de residuos fundidos derivados de la fundición de concentrados de metales.

solución encinta, fluye por fuerza de gravedad a un embalse de almacenamiento, desde el cual la solución es llevada a través de bombas o zanjas con forros, hacia la planta de recuperación de metales (Figueroa *et al.*, 2010).

- Minería a cielo abierto

Da cuenta de yacimientos con baja concentración del mineral, donde se requiere procesar grandes cantidades de tierra y roca para, mediante métodos mecánicos y/o químicos, separar el mineral del sustrato o mena. Para ello se excavan grandes superficies conocidas como rajos, que pueden tener kilómetros de diámetro y cientos de metros de profundidad (Figueroa *et al.*, 2010).

Dentro de la minería a cielo abierto se pueden encontrar varios tipos de explotación, entre los que se encuentran (Estudios Mineros del Perú S.A.C, s/f):

- Cortas
- Descubiertas
- Terrazas
- Contorno
- Canteras
- Graveras

1.1.3 Tipos de minería según la escala o tasa de producción

Dependiendo de la cantidad de material que se extraiga, la minería puede clasificarse por la escala de la explotación en: minería a gran escala, mediana escala y pequeña escala; así como minería artesanal, sin importar el método de extracción utilizado.

- Minería a gran escala

La minería a gran escala incluye a empresas que producen anualmente miles de toneladas. En el caso del cobre, por ejemplo, se produce más de 75 000 ton. Una mina a gran escala puede extraer y procesar miles de toneladas de material por día (Bustamante y Lara, 2010).

- Minería a mediana escala

Se considera actividad minera de mediana escala cuando la producción corresponde a una explotación superior a 200 ton de mineral por día. En este tipo de actividad minera la inversión y tecnología se caracterizan por ser bajas. En el Ecuador como ejemplo de este tipo de minería se tendrían los casos de extracción de oro por parte de empresarios en Portovelo y Ponce Enríquez (Bustamante y Lara, 2010).

- Pequeña minería

La pequeña minería tiene una capacidad de extracción de hasta 200 ton de material por día, para su venta directa en bruto o su procesamiento en pequeñas plantas de beneficio. (Sánchez y Enríquez, 1996: 18 en Bustamante y Lara, 2010).

- Minería artesanal

Es aquella que se efectúa mediante trabajo individual, familiar o asociativo, en la cual se estima una producción aproximada anual de una tonelada. Se caracteriza por la utilización de herramientas, maquinas simples y portátiles (Barreno, 2012). Es una minería que, en algunos casos, permite cubrir las necesidades básicas de la persona o familia. Hay casos en que personas o familias practican la minería por períodos más o menos cortos, alternándola con otras actividades económicas. Se incluyen también quienes hacen lavado de

arenas sin maquinaria. Generalmente, la minería artesanal es de oro por el costo de este mineral en el mercado (Bustamante y Lara, 2010).

1.2 FASES Y ETAPAS DE LA ACTIVIDAD MINERA

La actividad minera consta de varias fases, entre las cuales se tiene la prospección, exploración, explotación, beneficio, fundición, refinación, comercialización y cierre.

1.2.1 Prospección

La prospección es la búsqueda de indicios de áreas mineralizadas (Barreno, 2012). En esta etapa se recopila información regional donde se obtienen datos geológicos, mineros ambientales, históricos, mapas, informes de las comunidades, clima, vegetación, etc. Generalmente se hace una selección de un área de 10 000 – 50 000 ha (Pillajo, 2011).

Existen dos formas de aproximación para la obtención de la información de la existencia de un yacimiento⁴: una no científica o artesanal, basada en la experiencia de los mineros; y, otra científica, que incluye fotografía satelital, técnicas geológicas, geoquímicas⁵, etc. (Bustamante y Lara, 2010).

Generalmente en la prospección se usan imágenes satelitales, sensores de radar y un trabajo sistemático de muestreo sobre los materiales arrastrados por los ríos. Es también parte de la etapa inicial, la denominada geología de base en la cual se identifica la estratigrafía de la zona, los pliegues, los acuíferos y los tipos de rocas existentes; para posteriormente recoger muestras superficiales de suelo y rocas para analizarlas. Cuando los resultados son positivos se toman muestras para ser analizadas (Bustamante y Lara, 2010).

⁴ Yacimiento: Lugar en el que se encuentran de forma natural minerales, rocas o fósiles, especialmente cuando pueden ser objeto de explotación.

⁵ Técnicas Geoquímicas: Las técnicas de análisis geoquímicos tienen por objeto hallar la composición química de los materiales, ya sea de forma directa sobre la propia muestra, o mediante ensayos con reactivos. Se utilizan diversos aparatos, como espectrómetros de masa, espectrofotómetros y otros.

1.2.2 Exploración

La etapa de exploración se divide en dos sub etapas. Una denominada de exploración inicial y la segunda denominada exploración avanzada.

- Exploración inicial

Una vez que se han identificado los cuerpos de minerales, hay que establecer las características más específicas de los yacimientos. Para esto existen dos técnicas que se desarrollan de manera consecutiva: las de reconstrucción geológica y las perforaciones exploratorias (Bustamante y Lara, 2010).

Las técnicas de reconstrucción geológica buscan elaborar un modelo de las diferentes capas geológicas de un determinado territorio (Bustamante y Lara, 2010), las cuales comienzan con una planificación de la exploración en las áreas favorables.

Estas técnicas incluyen la fotogeología, actividad donde se toman fotografías aéreas de las áreas a explotar. De esta manera se hace un recorrido de las áreas y se elaboran mapas que señalan las anomalías del área, proceso conocido como geología a semidetalle (Pillajo, 2011).

Otra actividad es la geoquímica a semidetalle, donde se toman muestras de sedimentos y rocas y se recorre el área analizando los cantos rodados y quebradas (Pillajo, 2011).

Comúnmente para la exploración también se utilizan métodos eléctricos, electromagnéticos, magnéticos, gravimétricos, radiométricos y de análisis de sísmica. Estos métodos pueden ser pasivos (como la gravimetría y la radiometría) mientras otros requieren de algún estímulo, como la electricidad o las explosiones (Bustamante y Lara, 2010).

En el caso de la minería metálica, se utiliza el método eléctrico para identificar las capas con mayor composición metálica; donde se hace una cuadrícula en el área de exploración y en cada intersección de la cuadrícula se coloca un transmisor de corriente eléctrica, que a su vez se encuentra conectado a un equipo de medición. Una vez instalados todos los transmisores se emite una carga eléctrica, se miden las ondas y se tiene como resultado un modelo de la composición metálica de las capas geológicas del área (Bustamante y Lara, 2010).

En el segundo grupo de actividades de la exploración, se utilizan las técnicas de perforaciones exploratorias para la toma de muestras directas (testigos) de las diferentes capas geológicas o de los fluidos subterráneos (Bustamante y Lara, 2010). Se suelen hacer pozos y/o trincheras manuales para recolectar muestras de rocas (Pillajo, 2011).

Las perforaciones en el área permiten determinar el tipo de mineral y su composición, así como el tamaño de la veta y la profundidad a la que se encuentra (Bustamante y Lara, 2010). De esta manera se puede definir la modalidad de explotación que se va a realizar. Si el mineral se encuentra cerca de la superficie se recomienda que la explotación sea a cielo abierto, mientras que si el mineral está muy abajo se recomienda la construcción de galerías⁶ (Bustamante y Lara, 2010).

Por último, se realiza el análisis de las muestras, identificación de las anomalías encontradas, el ploteo⁷ y el procesamiento de datos (Pillajo, 2011).

⁶ Galerías: Paso subterráneo, largo y estrecho.

⁷ Ploteo: Imprimir un plano de tamaño mayor.

- Exploración Avanzada

En esta etapa lo que se intenta es hacer una priorización de anomalías para obtener las dimensiones y valores promedios de los minerales buscados. Para esto se hace un levantamiento topográfico mediante triangulación y utilización de mapas y planos topográficos (Pillajo, 2011).

Además se elabora lo que se conoce como geología a detalle, para determinar los orígenes de anomalías y se elaboran pozos manuales para el análisis (Pillajo, 2011).

Al igual que en la etapa anterior, se elabora la geoquímica de suelos y de rocas pero con mayor detalle, donde se hace un muestreo de las anomalías mediante la realización de pozos. También se hace un estudio de la geofísica⁸ terrestre, cuya intención es la de detectar mineralización escondida a profundidad (Pillajo, 2011).

En la exploración avanzada se hacen pozos y trincheras pero esta vez de forma mecánica con excavadoras (2 – 4 km²) y perforaciones a diamantina las cuales sirven de reconocimiento, donde se hacen perforaciones de 2 000 a 4 000 m de profundidad para obtener muestras (Pillajo, 2011).

Con las muestras obtenidas se hace un mapeo y el análisis geoquímico correspondiente. Con la obtención de todos estos datos se hace un ploteo y procesamiento de datos (Pillajo, 2011).

Identificada la concentración del mineral, definida la tecnología de explotación y con un estudio de mercado de los precios de los minerales se puede definir la rentabilidad o no del yacimiento. Esta fase es realizada por la

⁸ Geofísica : Es el estudio científico de la tierra usando métodos de la física. Los estudios geofísicos son considerados de ser cuantitativos y tangibles en comparación con los estudios geológicos, los cuales son tradicionalmente caracterizados por ser cualitativos y descriptivos. Se utiliza la Sismología, Gravimetría, Magnetometría, Resistividad, Flujo de calor Terrestre, Radioactividad, Magnetotélúricas y Autopotencial.

minería a gran escala y a mediana escala, por los costos que significa su ejecución (Bustamante y Lara, 2010).

1.2.3 Explotación

La explotación es el conjunto de operaciones, trabajos y labores mineras, destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento (Barreno, 2012). Comprende el desarrollo del yacimiento y la realización de las actividades de extracción para la obtención de material para el procesamiento, donde generalmente se usan explosivos para desprender y fragmentar la roca.

Se incluye la construcción de campamentos, planta de producción, piscinas para los relaves, planta de tratamiento de agua y de galerías, si fuera el caso (Herrera Carvajal, 2008 en Bustamante y Lara, 2010).

1.2.4 Beneficio

La etapa de beneficio consiste en los procesos físicos, químicos y metalúrgicos a los que se someten los minerales para elevar el contenido útil de los mismos (Barreno, 2012). Generalmente en esta etapa se usan productos químicos como mercurio, cianuro, ácido sulfúrico y clorhídrico, para disolver y concentrar los minerales. La mayoría de los productos utilizados en esta etapa con frecuencia tienen propiedades tóxicas y su manejo inadecuado constituye uno de los principales problemas ambientales de la minería (Bustamante y Lara, 2010).

1.2.5 Fundición

Se denomina fundición al proceso de fusión que sirve para separar el mineral que se desea obtener de otros minerales (Barreno, 2012).

1.2.6 Refinación

El proceso de refinación es aquel destinado a convertir los minerales en metales o minerales de alta pureza (Barreno, 2012). Los procesos de refinamiento pueden ser de tipo muy diverso. En algunos casos implican una separación relativamente simple, en otros se requiere de plantas de refinamiento especializadas cuyos procesos pueden avanzar hasta la producción de materias primas para otras industrias o bienes de consumo generalizado (Bustamante y Lara, 2010).

1.2.7 Comercialización e industrialización

La comercialización es la compra y venta de los minerales, contratos o negociaciones de cualquier producto minero (Barreno, 2012). El material que se obtiene de la concentración puede ser comercializado de manera directa o pasar por un proceso de industrialización que transforma las materias primas en productos metálicos u otros, según el caso (Bustamante y Lara, 2010).

1.2.8 Cierre

El cierre de la mina consiste en la finalización de las actividades mineras y el desmantelamiento de las instalaciones, incluyendo reparación ambiental, de acuerdo con el plan de cierre aprobado por la autoridad competente (Barreno, 2012).

Cuando se planifica el inicio de una explotación minera, los diseños se realizan pensando que en el futuro se tienen que recuperar los terrenos que han sido degradados. El objetivo principal del cierre es la preparación y ejecución de actividades necesarias para rehabilitar y recuperar las áreas afectadas por la explotación (Pillajo, 2011).

El plan de cierre debe contener como mínimo estudios y análisis geológicos, hidrológicos, geotécnicos, ambientales, sismológicos, planes para preservación y manejo de suelos y vegetación, planes de demolición y remoción de estructuras y un plan para la nivelación del terreno. (Pillajo, 2011).

Los pasos que se deben tomar con objeto de mitigar eventuales impactos posteriores son (Herrera, 2008 en Bustamante y Lara, 2010; Pillajo, 2011):

- Desmantelamiento de instalaciones: incluye la remoción, desmonte, demolición de estructuras.
- Recuperación de las geo formas: incluye aseguramiento de taludes.
- Compactación del terreno.
- Reforestación.
- Monitoreo y tratamiento de efluentes de la mina.

Lo más difícil en la fase de cierre es garantizar que los elementos potencialmente contaminantes no queden en el ambiente, particularmente cuando existen minas que han estado en operación por largos períodos de tiempo, ya que es común que buena parte de la actividad se haya desarrollado cuando no existían normas ambientales. Es así que, con frecuencia, las instalaciones mineras no se desmantelan totalmente sino que se les da usos diversos. Así, por ejemplo, se han creado parques temáticos en antiguas minas o se han inundado fosas de cielo abierto para crear lagos con valor recreacional y de sistemas de regulación de caudales en ríos (Bustamante y Lara, 2010).

Pillajo (2011) detalla los avances tecnológicos para la minería, que ayudarían a disminuir los impactos. Entre estos avances están los siguientes:

- La automatización en minería subterránea la cual permite eliminar la operación manual y aumenta la productividad del operador.

- Explotación subterránea a control remoto con computadoras y programas especiales.
- Sistemas de monitoreo remoto en las operación mineras.
- Camiones mineros sin conductor guiados por GPS.
- Métodos de explotación sin uso de explosivos utilizando excavadoras hidráulicas y orugas, martillos hidráulicos.
- Demolición sin ruido, vibraciones ni explosivos: se utiliza un agente demolidor que mezclado con agua provoca una reacción química que provoca la demolición sin ruido y vibraciones.
- Nueva generación de trituradoras que mejora la capacidad de producción.
- Biominería para la recuperación de metales como uranio, cobre, zinc, níquel o cobalto, en el proceso de biolixiviación se utilizan bacterias para oxidar minerales sulfurados y obtener los metales.
- Plantas desaladoras por osmosis para la obtención de agua para la minería.
- Menor uso de agua en procesos mineros (recirculación del agua para las operaciones).
- Uso de carbón activado magnético para la recuperación de metales y disminuir la utilización de cianuro.
- Poliurea para piscinas de relaves, es una membrana de recubrimiento que impermeabiliza y protege las superficies.
- Almacenamiento de relaves en seco.
- Destrucción de cianuro.

1.3 IMPACTOS DE LA MINERÍA

No se puede hablar de porcentajes de impacto en los diferentes elementos ambientales (aire, agua, suelo), puesto que esto depende de cada proyecto minero. Sin embargo, es innegable que las afectaciones al aire, al agua y al suelo se han producido por efectos de la explotación minera (Ministerio de Energía y Minas, 2007). Por otro lado, los impactos sociales producidos por la minería pueden ser negativos o también positivos, existiendo las dos versiones acerca de esta temática.

1.3.1 Impactos ambientales de la minería

- Residuos

Las actividades mineras generan grandes cantidades de residuos sólidos, de los cuales los más importantes en términos de volumen son los estériles⁹, los desechos¹⁰ y los relaves¹¹ (UNESCO, 2002) en dependencia del tipo de minería.

Los residuos sólidos generados en menor cantidad en la industria minera son escombros de construcciones, embalajes de diversos tipos, chatarras, basuras de oficina, laboratorio, talleres, basura doméstica proveniente de los campamentos y otros tipos de residuos (UNESCO, 2002).

La remoción y la disposición de los materiales implican afectaciones a los ecosistemas, ya que los volúmenes dispuestos pueden ser mayores a cualquier proceso natural de erosión y revegetación (UICN 1996 en Cisneros, 2011).

⁹ Estéril: es todo material, sin valor económico, extraído para permitir la explotación del mineral deseado; el cual se dispone generalmente en escombreras y ocasionalmente se colocan nuevamente en la mina en la etapa de cierre.

¹⁰ Desechos: son todos los residuos sólidos de las operaciones de tratamiento de los minerales. Los desechos tienen diversas composiciones químicas y mineralógicas, conteniendo siempre un determinado porcentaje de mineral útil, muchos de los desechos se almacenan en lugares apropiados, donde sea posible su beneficio futuro.

¹¹ Relaves: Los relaves son la suspensión residual que queda una vez que el mineral ha sido procesado. Estos son frecuentemente líquidos o semisólidos, pueden contener una gran cantidad de metales pesados y compuestos como cobre, calcio, magnesio, sodio, potasio, sulfatos, arsénico, cadmio, cianuro libre, compuestos fenólicos, hierro disuelto y suspendido, molibdeno, plomo, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sulfatos, aceites y grasas.

Como consecuencia de la generación de residuos se producen cambios drásticos en la topografía, en el uso de suelo, patrones de vegetación y en el drenaje de las áreas. Esto a su vez altera varios ciclos biogeoquímicos e hidrológicos (UICN, 1996 en Cisneros, 2011). Los residuos modifican la morfología del cauce sobre los ríos, desvían caudales y cambian la pendiente y estabilidad de las orillas (Miranda *et al.*, 2003).

- Agua

o Disponibilidad de agua

La minería requiere de importantes volúmenes de agua (Ministerio de Energía y Minas, 2007), especialmente en las fases de extracción y procesamiento; variando su consumo en dependencia de factores como condiciones climáticas, la mineralogía del mineral, la gestión de la mina, las prácticas, y el mineral que se extrae (Miranda *et al.*, 2003). Además de deteriorar la biodiversidad, el agotamiento del agua también puede destruir o reducir las poblaciones de peces (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

Las actividades mineras pueden modificar cauces de agua, así como generar un aumento de sólidos en suspensión en los ríos y se puede alterar los niveles freáticos por trasladar agua de lugares alejados para ser utilizados en las plantas de beneficio; todo esto si no se realiza un control adecuado (Pillajo, 2011).

o Calidad del agua

En la etapa exploratoria, se recurre al dragado de lechos de ríos, lo que provoca el levantamiento de sedimentos y la alteración del curso de las corrientes. Esto causa que el contenido de sólidos se eleve y las aguas

sean devueltas en condiciones diferentes a las originales (Bustamante y Lara, 2010).

Uno de los impactos ambientales más graves de la minería es el drenaje ácido de las minas (Miranda y Sauer, 2010). Este fenómeno ocurre cuando las aguas de lluvia, o aún el aire, entran en contacto con las rocas que han sido desplazadas desde el subsuelo hacia la superficie y acumuladas en las escombreras, en el cráter de la mina, en piscinas de relaves o pasivos ambientales. Aquí se generan reacciones químicas entre las aguas de lluvia o el aire húmedo y la roca; provocando así la oxidación de minerales con altos contenidos de azufre (como la pirita o sulfuro de hierro), lo cual causa una acidificación inusual de las aguas que corren sobre estas rocas. El agua sigue su curso hasta los ríos, lagunas y aguas subterráneas, y las acidifican (UNESCO, 2002). Es así que el drenaje ácido puede afectar la calidad del agua superficial y subterránea en las cuencas afectadas (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

No hay que dejar de lado el impacto del uso del mercurio en la minería a pequeña escala, el cual de la misma forma tiene consecuencias para la salud y para el ambiente (WRI, s/f).

- Aire

Una de las principales afectaciones al aire en las actividades mineras es la generación de polvo y gases contaminantes, que se presenta en las distintas etapas de la actividad (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

En la etapa de exploración existe una gran emisión de polvo al ambiente debido al movimiento de tierras (derivado de la apertura de vías de acceso,

zanjas, pozos de reconocimiento, túneles, excavaciones, montaje de campamentos e instalaciones auxiliares). Además se producen gases contaminantes como NO_x, SO_x, CO y CO₂¹² debido a la utilización de generadores de energía eléctrica, los cuales consumen combustibles fósiles como gasolina y diesel (Terrambiente Consultores, 2006 en Bustamante y Lara, 2010).

Por otro lado, las condiciones de humedad, temperatura y falta de ventilación en minas subterráneas pueden originar la formación de “aerosoles de compuestos minerales, tales como mercurio, manganeso y arsénico” (Encalada, 1991 en Bustamante y Lara, 2010).

Los principales riesgos de las emisiones al aire producto de la actividad minera, son las afectaciones a la salud por la exposición al polvo (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

- Ruido

El ruido en las actividades de explotación es producido principalmente en las actividades en las cuales se utiliza maquinaria para la excavación, trituración, molienda, carga de material, transporte, descarga de material, operación de escombreras, cintas transportadoras, construcción de instalaciones, obras civiles y lastrado de vías (Encalada 1991 en Bustamante y Lara, 2010).

El ruido proveniente de las operaciones mineras puede convertirse en problema para los asentamientos cercanos y los ecosistemas (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

¹² Óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, monóxido de carbono y dióxido de carbono

- Suelo, flora y fauna

El principal efecto de las actividades mineras sobre el suelo, la flora y la fauna es la alteración de los ecosistemas debido a la deforestación. Esta se da principalmente por la apertura de vías de acceso, construcción de instalaciones, actividades de socavación y áreas destinadas para escombreras (UNESCO, 2002). La pérdida de cobertura vegetal provoca erosión eólica e hídrica, afectando el equilibrio de los ecosistemas (Bustamante y Lara, 2010).

De la misma forma, los efectos del cierre de una mina son la erosión de los materiales removidos y la contaminación de acuíferos y el suelo (UICN, 1996 en Cisneros, 2011).

Dicha alteración causada a los ecosistemas, provoca la migración de la fauna debido a la pérdida de flora y degradación de su hábitat. El polvo que se acumula en plantas y árboles provoca la asfixia y reducción de la productividad de cultivos, al disminuir su capacidad fotosintética. Se han identificado migraciones de fauna, debido al ruido provocado por las actividades mineras (Bustamante y Lara, 2010).

Las sustancias peligrosas no biodegradables pueden ser liberadas al ambiente, permaneciendo dentro de las cadenas alimenticias y los ecosistemas durante períodos prolongados de tiempo (Essumang, 2009 en Kocian *et al.*, 2011).

La construcción de caminos, la infraestructura y la obtención de materiales para el procesamiento de los minerales pueden producir la fragmentación de los bosques; perturbando la captura de agua, incrementando la erosión y produciendo una gran pérdida de biodiversidad al reducir el hábitat e incentivar

la transformación del bosque en tierras agrícolas (UICN, 1996 en Cisneros, 2011).

Por último, cabe recalcar que uno de los impactos ambientales más preocupantes, provocado por la minería sin manejo adecuado, son los pasivos ambientales. Los pasivos ambientales, son aquellas afectaciones a las áreas del proyecto que no han sido remediadas debido a la no existencia de regulaciones ambientales o que se han originado luego de la operación de la mina (Oblasser y Sánchez, 2008 en Cisneros, 2011).

1.3.2 Impactos sociales de la minería

Los impactos directos sobre la salud humana incluyen enfermedades, como enfermedades respiratorias, mutaciones genéticas, malformaciones congénitas, tumores y cánceres (EPA, 2004 en Miranda y Sauer, 2010; Cisneros, 2011). Los impactos positivos incluyen la generación de empleo, generación de recursos económicos destinados para el país y para mejorar las condiciones de las áreas intervenidas.

1.4 POTENCIAL MINERO DEL ECUADOR

Por su configuración geotectónica y metalogénica, el país tiene un potencial importante de recursos metálicos, no metálicos, materiales de construcción, aguas termales y minerales, que distribuidos en distintos lugares del territorio, son considerados como recursos estratégicos para el Estado (Ministerio de Recursos Naturales No Renovables, s/f).

En el Ecuador, la región costa se caracteriza por la presencia de minerales no metálicos y placeres auríferos (oro en riberas de ríos). La región oriental posee reservas de oro y plata, cobre, antimonio y posiblemente plomo y zinc y arenas silíceas. En la sierra se

encuentran calizas, materia prima básica para obtener cemento, yacimientos metálicos y no metálicos (Barreno, 2012).

El Estado, con el apoyo de la cooperación internacional por más de 40 años, ha realizado programas de investigación, que ha permitido desarrollar 26 proyectos en áreas de minerales metálicos y no metálicos. Los estudios realizados, más las investigaciones geológico minera desarrolladas durante los últimos años, demuestran que el Ecuador dispone de un potencial minero (desde inferido¹³ a medido¹⁴) de: 36,9 millones de onzas de oro, 72,4 millones de onzas de plata, 8,1 millones de toneladas de cobre metálico, 28 471 toneladas métricas de plomo y 209 649 toneladas métricas de zinc (Ministerio de Recursos Naturales No Renovables, s/f). Las reservas mineras en Ecuador alcanzarían los 200 000 millones de dólares frente a los 70 000 millones provenientes del petróleo, actualmente la principal fuente de ingresos (Varela, 2010a).

Hasta el momento, la minería metálica en el Ecuador ha sido artesanal (Figura 1) y a pequeña escala, teniendo muy poca incidencia en la economía, representando un 0,4% del PIB. El desarrollo de actividades mineras a pequeña escala y minería artesanal se encuentran en las provincias de Esmeraldas, El Oro, Azuay, Napo y Zamora Chinchipe. En estas provincias existe aprovechamiento aurífero, de no metálicos y de materiales de construcción que dinamiza la economía local, generando empleo y aportando al desarrollo regional y nacional. Se estima que la actividad minera a escala artesanal y pequeña minería permitirá mantener al menos 100 000 plazas de trabajo directa e indirecta y potenciará su incremento en condiciones de mayor seguridad y estabilidad (Ministerio de Recursos

¹³ Recursos inferidos: Es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje y contenido metálico con un bajo nivel de confianza. Se le infiere por la evidencia geológica y se le asume, pero no se verifica la continuidad geológica y/o el contenido metálico. Se basa en información reunida por medio de técnicas apropiadas.

¹⁴ Recursos medidos: Es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, el peso específico del mineral, la forma, las características físicas, y el contenido metálico con un alto nivel de confianza. Se basa en una información detallada y confiable de la exploración, del muestreo y evidencias reunidas por medio de técnicas apropiadas.

Naturales No Renovables, s/f).

Actualmente, en el Ecuador, existen un total de 1 484 concesiones mineras vigentes (Figura 2), las que abarcan 1,15 millones de hectáreas, es decir 4,3% de la superficie del país; de donde se estima que la minería a gran escala aportará 4% o 5 % al PIB y se generarían 10 000 plazas de trabajo con una inversión 37 000 millones de dólares en los próximos 20 años (Ministerio de Recursos Naturales No Renovables, s/f).

Las provincias donde se concentra el mayor el potencial minero (Figura 3, 4 y 5) son Azuay con un 25% (193 569 ha.) y Zamora Chinchipe con un 26,8% (282 998 ha.). Hay que recalcar que la mayoría del potencial minero se encuentra en solamente cuatro provincias, las cuales representan el 66% del territorio concesionado: Zamora Chinchipe, Azuay, Loja y Morona Santiago. La mayor parte de las concesiones se encuentran en siete provincias (72,8% de las concesiones): Azuay, Loja, Zamora Chinchipe, Guayas, El Oro, Pichincha y Morona Santiago. Las concesiones que actualmente se encuentran en etapa de producción suman 787 concesiones (1% del total de concesiones) y ocupan 12 750,43 ha. Las demás concesiones se encuentran en la fase de exploración. (Sacher y Acosta, 2012)

Existen 16 proyectos metálicos industriales avanzados, de los cuales, 11 proyectos se encuentran en la fase de exploración inicial: Junín, El Hito, Río Zarza, Chaucha, Curipamba, Tres Chorreras, Cóndor Gold, Dynasty Gold, Zaruma, Gaby Gold y Jerusalem; y cinco en la fase de exploración avanzada: Río Blanco, Panantza- San Carlos, Mirador, Fruta del Norte y Quimsacocha (Sacher y Acosta, 2012).

De estos 16 proyectos mencionados, 13 explotarán oro mientras que los 3 restantes explotarán cobre; siendo 5 los proyectos estratégicos con los cuales se estima ingresos de 4 000 millones de dólares por los próximos 10 años por concepto de regalías e impuestos (Sacher y Acosta, 2012).

Los proyectos estratégicos del Ecuador (Figura 6) son (Barreno, 2010):

- Proyecto Fruta del Norte (reservas de oro) de la empresa Kinross – Aurelian, ubicado en Yantzaza – Zamora Chinchipe.
- Proyecto Mirador (reservas de cobre) de la empresa Ecuacorriente (ECSA), ubicado en El Panguí – Zamora Chinchipe.
- Proyecto Quimsacocha (reservas de oro) de la empresa Iamgold, ubicado en Girón – Azuay.
- Proyecto Río Blanco (reservas de oro) de la empresa IMC, ubicado en Cuenca – Azuay.
- Proyecto San Carlos Panantza (reservas de cobre) de la empresa Explorcobres S.A, ubicado en San Juan Bosco – Morona Santiago.

1.5 BIODIVERSIDAD

El Ecuador se caracteriza por una topografía singular, diversidad de zonas climáticas y riqueza en las especies vegetales y animales. Sin embargo, “la información básica acerca de las especies, los ecosistemas y su estado de conservación sigue siendo insuficiente para cuantificar con precisión la magnitud de las amenazas a la conservación de las especies” (León-Yáñez *et al.*, 2011).

El Ecuador es un país pequeño en superficie y que a su vez tiene una enorme variedad de regiones climáticas y zonas de vida. Esto se evidencia con la gran cantidad de especies que posee el país.

La diversidad biológica del Ecuador es una de las más ricas del planeta, diversidad favorecida por tres factores determinantes: su ubicación geográfica en la zona ecuatorial, el elevamiento de la Cordillera de los Andes y la influencia de las corrientes marinas en nuestras costas. A esto se le añade la presencia de las Islas Galápagos y las 200 millas de mar territorial continental e insular que posee el país (Tirira, 2011).

“El Ecuador es considerado como el país con la mayor diversidad biológica por unidad de superficie en el mundo” (Tirira, 2011). En el caso de mamíferos, Ecuador ocupa el noveno puesto en el mundo, a pesar de que su superficie es 5 a 31 veces menor a los países que lo preceden; siendo considerado así como uno de los 17 países biológicamente más diverso del planeta (Tirira, 2007 en Tirira, 2011; Mittermeier et al., 1997 en Tirira 2011).

La zona con más alta diversidad de mamíferos en el Ecuador es el trópico oriental o amazónico, con 206 especies que representan el 51% de la mastofauna nacional, de donde la mayor abundancia de especies de mamíferos, está en bosques húmedos tropicales a ambos lados de los andes; lamentablemente, también es uno de los países de Sudamérica que mayor número de especies de mamíferos extintos existe (Tirira, 2011). “En lo referente al endemismo, el Ecuador tiene 41 especies (10,1% del total nacional) de mamíferos que no se encuentran en ningún otro país” (Tirira, 2010a en Tirira, 2011).

Por otro lado, Ecuador es el segundo país en el mundo en cuanto a vertebrados endémicos por unidad de terreno (Instituto Geográfico Militar, 2010)¹⁵. Además, en el país habitan 440 especies de ranas y sapos, ocupando el tercer lugar a nivel mundial (Ron *et al.*, 2009). El Ecuador ocupa el cuarto lugar en el mundo en cuanto a diversidad de aves, con al menos 1.659 especies (Ridgely & Greenfield, 2001 y Wiedenfled, 2006 en Santander *et al.*, 2009 en Devenish *et al.*, 2009).

La variedad de climas tiene un gran efecto en la extensión y en los tipos de vegetación y en y en la diversidad de la flora del país. Hay que recalcar que a nivel mundial, apenas se ha evaluado el estado de conservación de 4% de las especies vegetales (Baillie et al. 2004 en León-Yáñez *et al.*, 2011). Según el Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador de Jorgensen y León-Yáñez (1999) se documentaron 15 306

¹⁵ La fuente de los datos descritos en la sección de Medio Ambiente del Atlas Geográfico de la República del Ecuador son: Ministerio del Ambiente, Ecociencia y Sierra, Rodrigo (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.

plantas nativas. Además se determina que la mayoría de plantas vasculares se encuentra en la región andina, seguido por la costa y por último la amazonía; con lo que queda claro que la gran diversidad de plantas en el Ecuador se debe a la presencia de los Andes (Jorgensen y León-Yáñez, 1999). La mayoría de especies de plantas endémicas del Ecuador, es decir 3508 especies (78%), están amenazadas en algún grado; de estas 2080 (46%) se consideran vulnerables, 1071 (24%) en peligro y 356 (8%) en peligro crítico (León-Yáñez *et al.*, 2011).

Dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas se han encontrado 1258 especies endémicas de plantas, alrededor del 28% del total de endémicas, mientras que 3242 especies (72%) no han sido encontradas en ninguna de las áreas protegidas. Al analizar la distribución de las especies, vemos que las localidades donde las plantas endémicas han sido colectadas presentan una fuerte asociación con la red vial y los centros poblados (León-Yáñez *et al.*, 2011).

La alta diversidad de animales y plantas del Ecuador está relacionada con la gran diversidad de ecosistemas del país. A su vez, esta diversidad está relacionada con varios factores, entre los cuales se destacan: la cordillera de los Andes que divide al país en regiones con historias geológicas y evolutivas distintivas, grandes gradientes altitudinales dentro de los cuales se desarrollan ambientes diversos, la influencia de dos corrientes marinas que generan climas húmedos y secos y la confluencia de al menos 5 regiones biogeográficas o eco regiones: Chocó, Tumbes, Andes Norte, Andes Sur, Amazonía Norte (Napo) y Amazonía Sur (Marañón) (León-Yáñez *et al.*, 2011).

A nivel regional, la región con mejor nivel de conservación es la amazonía, seguida por la región andina y finalmente la costa. En general los ecosistemas mejor conservados por su nivel de remanencia son también los mejores conservados dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (León-Yáñez *et al.*, 2011).

Las particulares condiciones geográficas de ubicación, relieve y clima dan lugar a los diferentes sistemas ecológicos. En el Ecuador, según el último Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental presentado por el Ministerio del Ambiente en el 2013, se han

definido 91 ecosistemas para el país. (sin incluir las islas Galápagos por ser un caso especial), clasificados según seis variables¹⁶:

- Fisonomía: *i.e.* bosque.
- Macroclima: *i.e.* tropical.
- Macrorelieve: *i.e.* de montaña.
- Fenología: *i.e.* siempre verde.
- Termotipo: *i.e.* supratropical inferior y superior.
- Piso Ecológico: *i.e.* montano alto.

Existe el potencial peligro de que los recursos naturales presentes en estos ecosistemas, sean destruidos aceleradamente. Las principales causas serían: la exploración, explotación minera y petrolera, la explotación ilegal de los bosques, la cacería y tráfico ilegal de especies, invasión de colonos y traficantes de tierras y la expansión de las actividades agrícolas y ganaderas en zonas frágiles o de ecosistemas sensibles (Instituto Geográfico Militar, 2010).

Es necesario además, recalcar la importancia de los páramos como un ecosistema clave para el almacenamiento y mantenimiento de calidad del agua. La importancia hídrica del páramo viene de las características especiales de sus suelos, su vegetación y la baja temperatura. El páramo funciona como una esponja, ya que hace que la materia orgánica no se descomponga rápidamente, conformando una estructura edáfica muy especial. Esta esponja, en buenas condiciones, es capaz de captar el agua de los deshielos, la lluvia y otras fuentes; y soltarla de manera constante y limpia hacia las tierras bajas, incluso en épocas de relativa sequía (Terán y Velázquez, 2008).

Los cambios negativos en los páramos hacen que cada vez haya menos agua y que

¹⁶ Información disponible en la página web: http://cdredd.org/sites/default/files/users/common/2013_jointmeeting_ecuador/5MAPA_VEGETACION_Ecuador_19_03_2013.pdf visitada el 25 de noviembre de 2013.

las ciudades y los campos aguas abajo tengan que estar constantemente buscando fuentes de agua en páramos cada vez más lejanos, para cubrir sus crecientes necesidades (Terán y Velázquez, 2008).

El páramo también almacena mucho carbono en sus suelos y así ayuda, de manera pasiva pero importante, a paliar el efecto invernadero (Terán y Velázquez, 2008). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que todos los demás ecosistemas tienen su importancia; es el caso de los humedales, bosques amazónicos y otros, ya que también intervienen en la regulación de los ciclos hidrológicos y albergan una gran cantidad de diversidad, razón por la cual estos ecosistemas son considerados ecosistemas frágiles y amenazados por las actividades industriales que ponen en peligro su conservación.

1.6 CONTRASTE DEL POTENCIAL MINERO FRENTE A LA BIODIVERSIDAD

En esta sección se presentan una serie de mapas, en los cuales se contrasta el potencial minero descrito anteriormente frente a la biodiversidad existente en el país, representada por la especies en peligro de extinción y bosques protectores y áreas protegidas. Por ejemplo, en el Figura 7, se superpuso una capa de especies en peligro de extinción sobre el mapa de áreas mineras inscritas¹⁷. Las especies en peligro son representadas mediante puntos, los cuales son avistamientos u observaciones de dichas especies.

A pesar de que estos puntos donde se observaron las especies no representan la distribución real de las especies, constituye una referencia de la presencia de especies las cuales requieren protección, más aún cuando en estas áreas se han planificado actividades industriales.

Es así que en el mapa se observa una gran cantidad de áreas inscritas en el sur del Ecuador, donde a su vez se observan una gran cantidad de aves en peligro de extinción. Por

¹⁷ Área minera inscrita o concesión: Concesión que posee su título minero inscrito en el registro y catastro minero a cargo de la Agencia de Regulación y Control Minero, por lo que posee todos los derechos y obligaciones que regulan todas sus actividades.

esta razón, son lugares no solo de importancia para la minería sino también refugio para especies en peligro. Hacia el norte y el centro, la presencia de áreas inscritas es menor y las especies en peligro de extinción se observan en todo el callejón interandino.

En el Figura 8 se realizó una superposición del mapa de proyectos emblemáticos con los puntos donde se observaron especies en peligro de extinción. Se pudo ver que en el proyecto Quimsacocha y Río Blanco hay presencia de aves en peligro de extinción. Cerca de los demás proyectos no se nota mayor afectación o cercanía.

En el Figura 9 se realizó una superposición del mapa de áreas mineras inscritas con las áreas protegidas y con los bosques protectores. Cabe recalcar, que estas aseveraciones son el resultado de la observación directa de la superposición de los mapas y sus bases de datos, por lo cual se podría tener un margen de error. Además, al establecer que se trata de áreas mineras inscritas, se quiere decir que son áreas que cuentan con potencial de recursos mineros y están registradas en el Agencia de Regulación y Control Minero, pero sin embargo puede que no cuenten con licencia ambiental. Para corroborar esto, se solicitó al Ministerio del Ambiente¹⁸, una respuesta oficial con el detalle de las licencias ambientales emitidas a áreas mineras que se encuentren dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, y de las áreas mineras con licencia ambiental que se encuentran dentro y fuera de bosques protectores (Ver Anexo 1). Según la información remitida por el Ministerio del Ambiente, no existen áreas mineras con licencia ambiental dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), pero sí dentro de bosques protectores.

En este mapa se puede ver que en el norte, las áreas mineras inscritas no se encuentran dentro de áreas protegidas pero sí en la cercanía de las mismas. Con respecto a los bosques protectores, en general las áreas mineras inscritas no se encuentran dentro de

¹⁸ Oficio Nro. MAE-DNPCA-2011-1930 del 19 de septiembre de 2011

los mismos, sin embargo hay algunas áreas, las cuales en la parte norte del país se las observan dentro de los bosques.

En el centro del país podemos observar que dos áreas mineras inscritas se encuentran dentro de la Reserva Ecológica Los Ilinizas, mientras las demás áreas mineras están fuera de áreas protegidas pero se encuentran cerca de las mismas. Con respecto a bosques protectores las áreas mineras inscritas no se encuentran dentro de estos pero sí encuentran cerca de los mismos.

A diferencia del norte y centro, en el sur del país se encuentran una gran cantidad de áreas mineras inscritas. De estas áreas, hay una gran cantidad de las mismas que se encuentran dentro de bosques protectores, este es el caso específico del Azuay. Por ejemplo en los Bosques Protectores de Molleturo y Mollepungo, Cuenca del Río Paute, Jeco, Chorro, entre otros; se encuentran áreas mineras inscritas. De la misma forma, el Área Nacional de Recreación Quimsacocha se encuentra amenazada por varias áreas mineras inscritas; así como el Parque Nacional Cajas donde las áreas mineras inscritas se encuentran en sus alrededores.

En la provincia de El Oro, los Bosques Protectores Casacay y Río Arenillas Presa Tahui tienen áreas mineras inscritas en su interior. Para el caso de Zamora Chinchipe; en los Bosques Protectores Cordillera del Cóndor, Cuenca alta del Río Nangaritza y en el Refugio de Vida Silvestre El Zarza sí se pueden observar áreas mineras. Para el caso de Morona Santiago, hay áreas mineras que se encuentran en la Reserva Biológica El Quimi y en los Bosques Protectores Tinajillas Río Gualaceño y Subcuenca alta del Río León y Microcuencas de los Ríos San Felipe de Oña y Shincata.

En el Figura 10, se realizó una superposición del mapa de proyectos emblemáticos con el de áreas protegidas y bosques protectores. En este mapa podemos observar que todos los proyectos emblemáticos se encuentran en la zona sur del país. Por un lado, el

proyecto Quimsacocha, de color rojo, se encuentra rodeando al Área Nacional de Recreación Quimsacocha y a su vez se encuentra dentro de los Bosques Protectores Cuenca del Río Paute, Sun Sun Yanasacha y también una parte del Bosque Protector Molleturo Mollepungo. En cuanto al proyecto Río Blanco, de color rosa, este se encuentra dentro de los Bosques Protectores Molleturo Mollepungo, y Quinoa Miguir, además de limitar con el Parque Nacional Cajas.

Por otro lado, el proyecto Fruta del Norte, de color amarillo, está dentro del Bosque Protector Cordillera del Cóndor, y rodea completamente al Refugio de Vida Silvestre El Zarza. El proyecto Mirador, al igual que el de Fruta del Norte, tiene una parte dentro del Bosque Protector Cordillera del Cóndor, además de encontrarse muy cerca de la Reserva Biológica El Quimi. Por último, a pesar de que el proyecto San Carlos Panantza no se encuentra dentro de un área protegida o bosque protector, hay que recalcar que este se encuentra muy cerca al Bosque Protector Tinajillas Río Gualaceño.

Al igual que en el mapa anterior, hay que recalcar que estas aseveraciones son el resultado de la observación directa de la superposición de los mapas y sus bases de datos, por lo cual se podría tener un margen de error. Para los casos de los proyectos Quimsacocha y Río Blanco, estos si concuerdan con los datos oficiales solicitados al Ministerio del Ambiente¹⁹ (Anexo 1), que determinan que estos proyectos se encontrarían en los Bosques Protectores Cuenca del Río Paute y Molleturo Mollepungo. Para el caso de Mirador y Fruta del Norte, lo observado en el mapa no concuerda con los datos obtenidos del ministerio.

Es importante recalcar la variedad de tipos de minería existentes, los cuales a su vez van a poseer distintas características que van a ser dadas por el mineral o producto a obtenerse. Esto también va a determinar las distintas fases que se presentarán para los

¹⁹ Oficio Nro. MAE-DNPCA-2011-1930 del 19 de septiembre de 2011

distintos tipos de explotación. De esta forma se da a ver la importancia de realizar investigaciones y estudios a niveles más específicos para cada tipo de minería.

La actividad minera produce una gran variedad de impactos ambientales que dependen del tipo de minería, del material a explotarse, de la magnitud de la explotación, de la tecnología utilizada y de la responsabilidad de las empresas mineras, quienes deben cumplir con la normativa ambiental. La minería es una actividad que se enmarca dentro de los sectores estratégicos estatales; siendo una actividad que genera impactos ambientales de diverso grado.

El Ecuador es un país megadiverso no solo en cuanto a los ecosistemas existentes o a la biodiversidad de los mismos; sino también en cuanto a los recursos mineros que se han estimado. Sin embargo, el no tener un buen control de estos recursos mineros pondrían en amenaza la diversidad de ecosistemas y especies presentes en el país. En el país se superponen áreas de alto grado de biodiversidad con áreas de alta proyección minera. Para el caso del sur del país, se puede ver una relación directa entre la presencia de recursos mineros y áreas de gran importancia para la conservación y protección; lo cual debería ser decisivo al momento de la toma de decisiones.

Varios estudios demuestran que la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales son la mayor amenaza para la conservación de las especies silvestres; donde la disminución de hábitats disponibles afecta a todas las especies y aumenta la probabilidad de extinción por la disminución de los tamaños poblacionales de las especies (Suarez, 1998 en Tirira, 2011; Tirira, 2011).

La fragmentación se origina por medio de dos procesos distintos pero complementarios, los cuales inciden en la pérdida de la diversidad biológica. El primero es la reducción de los hábitats disponibles en un ecosistema por actividades humanas, como la expansión de la frontera agrícola y la deforestación. El segundo proceso es el incremento en el aislamiento de los remanentes de los hábitats naturales hasta conformar una suerte de islas en una matriz modificada creando barreras para dispersión de individuos entre los parches o fragmentos (Suarez, 1998 en Tirira, 2011).

Por ejemplo, la principal amenaza de las plantas endémicas del Ecuador es la pérdida del hábitat ocasionada por actividades como la deforestación a pequeña o grande escala, ya sea para la extracción de madera o para el cambio de uso de suelo para agricultura, ganadería, urbanización o minería (León-Yáñez y Endara, 2011 en León-Yáñez *et al.*, 2011).

En el año 2002 solo el 35% del área mantenía su cobertura original, comparado con el 60% de la región andina y el 82% de la amazonía. Esta distinción es importante ya que es en las regiones menos conservadas donde se encuentran los niveles de endemismo más significativos. Es así que la costa del Ecuador tiene casi el doble de especies endémicas por unidad de área que la región amazónica. Las regiones andinas y altoandinas sin embargo tienen un nivel de endemismo relativo más alto aún, por lo cual su conservación se convierte en una prioridad global para el país (Sierra, 2011 en León-Yáñez *et al.*, 2011).

Es de esta forma, que surgen iniciativas como la determinación de las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS). Se logra determinar que las principales amenazas para la conservación de las mayoría de las AICAS son la expansión e intensificación de las actividades agropecuarias, la quema de vegetación, la tala selectiva y la explotación no sustentable de los recursos renovables (Santander *et al.*, 2009 en Devenish *et al.*, 2009).

Por un lado se afirma que el Bosque Protector Molleturo y Mollepungo es un Área Importante para la Conservación de las Aves (Santander *et al.*, 2009 en Devenish *et al.*, 2009). Esto a su vez se confirma con lo que determinan las Políticas y Plan Estratégico del SNAP 2007 -2016, donde bosques protectores como el Molleturo y Mollepungo, Casacay, Cuenca del Río Paute, entre otros, son tomados en cuenta por ser áreas de alta y muy alta prioridad para la conservación. Este plan estratégico está “orientado a lograr la sustentabilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, incluyendo políticas, estrategias y acciones necesarias, en el marco institucional vigente del Ministerio del Ambiente y del Estado en su conjunto, con el fin de lograr la gestión eficiente y efectiva de las áreas protegidas” (Ministerio del Ambiente, 2006).

Por ejemplo, el Bosque Protector Molleturo y Mollepungo, y el Bosque Protector de la Cuenca del Río Paute, son considerados por este plan estratégico como bosques y subcuencas los cuales tienen una relación importante con los principales centros poblados, debido a la provisión de agua dulce a la población. De la misma forma estos bosques son considerados como áreas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica. Sin embargo, como se pudo ver en este capítulo, los mismos están siendo amenazados por áreas mineras inscritas y proyectos estratégicos.

Es así que el desarrollo de la actividad minera en el país se convierte en una amenaza para la conservación de la biodiversidad. Con el desarrollo intensivo de la actividad, se derivarían amenazas e impactos los cuales pueden afectar directamente a la flora y fauna y por lo tanto se afectaría el funcionamiento integral de los distintos ecosistemas. La explotación y el consumo de recursos como los minerales metálicos y no metálicos, traen consigo presiones directas sobre la biodiversidad así como impulsores indirectos para la pérdida de la misma²⁰.

Por ejemplo, la necesidad de consumir recursos forestales (madera, pulpa, papel y leña como combustible), el cambio de uso de suelo (crecimiento de las ciudades, construcción de carreteras y construcción de presas), la emisión de residuos (nitrógeno, sulfuro, compuestos orgánicos, residuos de minería y contaminación minera) y la emisión de dióxido de carbono, metano y demás gases de efecto invernadero; se convierten en impulsores indirectos para la pérdida de la biodiversidad.²¹

Estos a su vez, junto con otros factores, son causantes de presiones directas sobre la biodiversidad. El consumo de recursos forestales va a contribuir a la pérdida de bosques y manglares, así como a la fragmentación de hábitats. El cambio en el uso de suelo va a contribuir directamente a la pérdida de hábitats, que afectará directamente a la

²⁰ Disponible en la página web http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/biodiversity_drivers_chart.pdf.

²¹ Ibid.

biodiversidad debido a la deforestación y de la degradación y fragmentación de los ecosistemas. La emisión de residuos va a ser causante de contaminación; que va a afectar a la biodiversidad a través de la eutrofización, lluvia ácida, acidificación y derrames tóxicos; además de contribuir al cambio climático. Por último la emisión de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, entre otros) va a aportar significativamente al incremento del cambio climático; que va a impactar sobre la biodiversidad a través de la degradación de los ecosistemas árticos, blanqueamiento de corales, alteración de los ciclos biogeoquímicos y desertificación. La relación de la minería con la biodiversidad así como de otros tipos de consumos se la puede ver en la Figura 11.²²

En tal virtud, la actividad minera debería realizarse en función de estrictos parámetros biológicos, técnicos y jurídicos, a fin de garantizar la conservación de la biodiversidad y sus componentes. Es así que la normativa ambiental y, específicamente, la aplicable a los estudios ambientales, adquiere una relevancia notable, conforme se anotará en el segundo capítulo. Es por esto que en el siguiente capítulo se realizará una revisión de la normativa ambiental vigente y aplicable a la gestión ambiental minera con énfasis en el monitoreo y calidad del agua.

²² Ibid.

CAPÍTULO 2: NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE Y LA GESTIÓN AMBIENTAL CON RESPECTO AL MONITOREO Y CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES MINERAS

“Las constituciones son las formas institucionales mediante las cuales en las sociedades autodenominadas modernas un colectivo humano, definido como un estado-nación establece los acuerdos que hacen posible regular la existencia colectiva, son las normas o principios básicos que constituyen el fundamento de todo el entramado jurídico que regula la convivencia social”
(Hevia, 2009)

Una vez revisados los aspectos generales de la actividad minera, tipos de minería, características e impactos; se puede comprender de mejor manera la situación de la explotación de recursos no renovables. De esta forma, resulta necesario introducirse en la normativa nacional e internacional, para lo cual se hará una revisión de todos los aspectos que influyen en la gestión ambiental de los recursos naturales y en el caso específico de esta investigación, del agua.

Para realizar una revisión de la normativa y de la gestión ambiental con respecto al monitoreo y calidad del agua en las actividades mineras, es necesario tomar en cuenta la jerarquía de las normas jurídicas en el Ecuador. Es decir, se va a realizar una revisión desde la Constitución, para posteriormente pasar a los tratados y convenios internacionales; luego se tomarán en cuenta las leyes orgánicas, a continuación las leyes ordinarias y así hasta llegar a normas secundarias (reglamentos, acuerdos y resoluciones, entre otras) de interés para la investigación. Esto, para comprender cómo se gestiona ambientalmente la minería desde la perspectiva jurídica.

2.1 LOS DERECHOS DE LA NATURALEZA EN LA CONSTITUCIÓN Y EL APORTE DE LOS TRATADOS INTERNACIONALES PARA UN NUEVO ENFOQUE

En el Ecuador se ha evidenciado una gran evolución en lo referente a normativa ambiental y, en especial, en referencia a la naturaleza. La Constitución de la República del Ecuador, aprobada mediante referéndum, marca un hito en la historia por ser la primera Constitución del mundo que otorga derechos a la naturaleza; abriendo las puertas a un nuevo paradigma por el cual la naturaleza se convierte en sujeto de derechos.

La naturaleza tiene derecho a que se respete su existencia y al mantenimiento de sus ciclos, así como a la restauración en caso de existir una afectación a los sistemas naturales. Es decir que, es deber del Estado aplicar las medidas de precaución y restricción de actividades que pongan en riesgo los ecosistemas y velar por el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Esto muestra que en la Constitución hay un giro del pensamiento antropocentrista²³ hacia el biocentrismo²⁴, buscando armonía entre la producción y el respeto a la naturaleza, adentrándose en el pensamiento de que el derecho no solo se le atribuye a las personas (Acosta, 2009). El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos, regulando toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, así como el equilibrio de los ecosistemas. Lo planteado por la Constitución refleja una gran fortaleza que rige la normativa vigente. Esta fortaleza debería verse plasmada en la elaboración y aplicación de las normas secundarias conteniendo los mismos principios.

Además, hay que recalcar la oportunidad que se le da a la población, de convertirse en partícipes de temas ambientales, como es el de denunciar cualquier daño a la naturaleza, al igual que asumir la titularidad para exigir el cumplimiento de sus derechos, dándole

²³ Antropocentrista: Teoría filosófica que sitúa al hombre como centro del universo.

²⁴ Biocentrista: es un término aparecido para designar a una teoría moral que afirma que todo ser vivo merece respeto moral.

garantía a la naturaleza para su protección y mantenimiento de sus ciclos y de sustentar la vida.

De la misma forma, es importante resaltar el reconocimiento que se le da al valor intrínseco de la naturaleza, valorando la existencia e interacciones entre ecosistemas, comunidades bióticas y demás; tal como determina Gudynas: “a la naturaleza no se la debe expresar con un valor económico solamente, es más que eso, tiene valores ecológicos, estéticos y culturales” (Gudynas, 2009). Esto quiere decir que, se le da un valor por existir; ya que hasta el momento solo se le ha dado un valor comercial o de mercado; limitándosela a ser un objeto para el usufructo del ser humano, sin tomar en cuenta los daños que se le está ocasionando por la sobreexplotación de los recursos. Ahora se pretende controlar esa sobreexplotación con normas que le exigen la restauración, mitigación y reparación de daños, así como un control permanente de las actividades productivas para prevenirlos, determinando además la indemnización de los daños provocados a las personas.

Aceptar a la naturaleza como sujeto de derechos, genera responsabilidades en la generación de políticas y estrategias para la gestión ambiental, asegurando así la conservación y determinando obligaciones morales para proteger la integridad de los ecosistemas. De esta forma, se busca un balance entre los usos económicos y la protección, igualando los ritmos de extracción a los de recuperación.

Por otro lado, en la Constitución se presenta al agua como derecho humano fundamental²⁵; lo cual marca una nueva forma de ver este recurso, buscando la protección de los ciclos hidrológicos así como el derecho al acceso de toda la población al agua sin privación alguna. El agua es considerada por el Estado como un “recurso estratégico” planteando su uso sustentable. Inclusive se determina que el Estado promoverá el uso de

²⁵ Art.12

tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

En este sentido, es importante aclarar que todos los derechos tienen igual jerarquía, como se menciona en la Constitución²⁶, norma que, además, llama a una lectura integral de su contenido. En tal virtud, es necesario anotar que, por un lado se establece que la sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en cuanto al uso y aprovechamiento del agua y por otro lado, en el capítulo de régimen de desarrollo se da la prioridad al: consumo humano, al riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas. De esta forma la prioridad dada a la sustentabilidad de los ecosistemas debe complementarse con aquella que garantiza el caudal ecológico (Arias, 2012; Grijalva *et al.*, 2010).

Los recursos no renovables y la biodiversidad en la Constitución, son considerados sectores estratégicos²⁷; razón por la que su utilización y aprovechamiento debe ser regulada, tomando en cuenta los efectos negativos que se pueden producir si no se lleva una gestión ambiental adecuada. El Estado será quien administre, regule y controle estos sectores, de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia. En cuanto a los recursos no renovables, el Estado priorizará la responsabilidad intergeneracional y la conservación, minimizando los impactos ambientales negativos.

Las disposiciones constitucionales con respecto a los recursos estratégicos parecen contradictorias al momento de implementar grandes proyectos en áreas con gran diversidad; ya que la biodiversidad y los recursos no renovables los cuales se piensan aprovechar son sectores estratégicos, y el Estado puede convertirse en juez y parte en la toma de decisiones en la ejecución de proyectos dentro de zonas sensibles (Suárez, 2010).

²⁶ Art.11

²⁷ Art.313

Es aquí donde entran en juego el interés público y nacional, donde ninguno prevalece sobre el otro, teniendo los dos igual jerarquía. El interés público está relacionado con el bienestar de la población, garantizando los derechos del buen vivir; además de estar relacionado con los deberes de Estado que tienen que ver con la promoción del desarrollo sustentable, proteger el patrimonio cultural; natural, y garantizar la conservación de la biodiversidad (Suárez, 2010).

Por otro lado, el interés nacional está relacionado con la soberanía del Estado para explotar recursos no renovables así como con el régimen de propiedad sobre los recursos del subsuelo. Es así que, existen dos intereses que buscan el bienestar, razón por la que al momento de realizar la explotación de recursos no renovables en áreas sensibles, se debe buscar el mayor beneficio social, aplicando la conservación (Suárez, 2010).

Se ve claramente que se prioriza el interés nacional frente al interés público, ya que en las áreas que tienen algún grado de conservación, como los bosques protectores, que buscan preservar las cuencas hidrográficas, no se mencionan restricciones y se pueden explotar sin ninguna restricción ni cumplimiento de normas especiales o complementarias a las vigentes para la evaluación de impactos ambientales en el país.

En la Constitución se determina que se aplicará el principio de precaución en toda actividad que presuma peligro o daño; y, en caso de duda del alcance de las disposiciones legales, se la aplicará en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza. Se menciona además, que las provincias Amazónicas tendrán una planificación especial, debido a que forman parte de un ecosistema necesario para el equilibrio ambiental, la cual promueva la conservación y protección de esta zona en función de las pautas de desarrollo sustentable: “El Estado regulará la conservación, manejo, uso sustentable, recuperación y limitación de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados como son, páramos,

humedales, bosque nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marino costeros”²⁸.

Además, se afirma que el Estado promoverá las formas de producción que aseguren el buen vivir y desincentivará aquellas que atenten contra los derechos de la población o de la naturaleza. De la misma forma, protegerá a la población y a la naturaleza frente a efectos negativos de desastres naturales o antrópicos mediante la prevención del riesgo, la mitigación, la recuperación y el mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales.

El buen vivir es mencionado como un punto principal en la Constitución y se lo se define en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017 como:

(...) la forma de vida que permite la felicidad y la permanencia de la diversidad cultural y ambiental; es armonía, igualdad, equidad y solidaridad. No es buscar la opulencia ni el crecimiento económico infinito. (...) El buen vivir es una idea social movilizadora, que va más allá del concepto de desarrollo que se encuentra vigente en la tradición occidental, pues está asociado a una noción más amplia de progreso. No se trata de un nuevo paradigma de desarrollo, sino de una alternativa social, liberadora, que propone otras prioridades para la organización social, diferentes del simple crecimiento económico implícito en el paradigma del desarrollo. (Falconí, 2013 en SENPLADES, 2013).

El buen vivir pretende la construcción de sociedades solidarias, corresponsables y recíprocas que viven en armonía con la naturaleza y se fundamenta en la equidad con respeto a la diversidad y cuya realización plena no puede exceder los límites de los ecosistemas. Es una ideología que fortalece la cohesión social, los valores comunitarios y la participación activa de los individuos y colectividades en la toma de decisiones (SENPLADES, 2013).

Es por esto que la participación ciudadana es un punto clave en relación al buen vivir, permitiendo a la ciudadanía formar parte del cambio de la matriz productiva mediante la creación de bienes y servicios hechos en el Ecuador. La participación

²⁸ Art.406

ciudadana debe incidir en la gestión pública, generando las condiciones y capacidades para promover, sostener y asegurar procesos (SENPLADES, 2013).

La participación ciudadana en la toma de decisiones tiene que ser entendida como el resultado de un proceso de cambio, en las relaciones de poder entre el Estado y la sociedad civil; sin que sea reducida a un mero instrumento de poder, ni a receptora de servicios públicos (SENPLADES, 2013).

La Constitución plantea el modelo de desarrollo sustentable, que conserve la biodiversidad y su regeneración para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones; y, que las políticas de gestión ambiental se apliquen de manera transversal siendo de obligatorio cumplimiento en el país. La obligatoriedad de cumplimiento de las políticas de gestión ambiental se debe reflejar en la exigencia de la regulación y control, debido a que se tiene una visión de responsabilidad intergeneracional, implicando por lo tanto un compromiso aún mayor.

En cuanto a la gestión del agua, se debe garantizar su conservación, recuperación, manejo integral de las cuencas y mantenimiento de los caudales ecológicos; regulando toda actividad que pueda afectar la calidad, cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas. De esta manera, el reto se encuentra en cumplir lo planteado en la Constitución y hacer que la gestión del agua se vea reflejada en toda actividad productiva, para así asegurar este derecho fundamental; superando el modelo que considera a los ríos como cloacas, para rescatar así los valores ecosistémicos de los mismos (Acosta, 2010) y anteponer la riqueza hídrica en función de la vida y no de las grandes actividades que causan impactos irreversibles (Roa y Urrea, 2010).

La conservación y el manejo adecuado y sostenible del agua, es particularmente importante en el país, pues las desigualdades de riqueza potencial entre diferentes cuencas hidrográficas y entre los diferentes actores sociales, están estrechamente vinculadas a la inequidad de acceso al recurso de muchos sectores de la población, lo que agudiza la problemática de su manejo. Como este escenario es tan complejo, nace la necesidad de generar una política de uso de agua que precautele la disponibilidad del recurso en cantidad y calidad, apareciendo el reto de definir los

caudales ecológicos que tienen la particularidad de ser muy específicos para cada fuente de agua, dependiendo de su origen, condición natural y socioeconómica del entorno donde se manifiestan[; satisfaciendo necesidades ecológicas del agua y otras necesidades de utilización de la misma] (Arias, 2012).

Con respecto al manejo del agua con un enfoque ecosistémico, la Constitución se refiere a una estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos y para mantener o restaurar los sistemas naturales, sus funciones y valores de tal manera que se promueva la conservación y el uso sostenible de los ecosistemas de una forma justa y equitativa, participativa y descentralizada; a través de la integración de los factores ecológicos, económicos, culturales y sociales dentro de un marco geográfico definido principalmente por límites ecológicos (Andrade y Navarrete, 2004). Esta estrategia se toma del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), en el cual se presentan principios para la aplicación de dicho enfoque (Andrade *et al.*, 2011).

Revisada la Constitución, es importante ahora revisar los tratados y convenios internacionales sobre gestión ambiental. Vale la pena recalcar que existen diferencias entre los tratados, que en virtud de ratificación o adhesión se incorporan al ordenamiento jurídico de los Estados con efecto vinculante; de otros instrumentos internacionales, como la Declaración de Río que no es vinculante.

En el ámbito de los tratados, cabe destacar que la mayoría fueron suscritos con anterioridad a la Constitución, como es el caso del Convenio sobre Diversidad Biológica²⁹. Dicho convenio proclama la soberanía de los Estados en el marco de explotación de sus recursos al tiempo de elaborar estrategias, planes y programas para la conservación y utilización sostenible de sus recursos.

Para esto, el Convenio sobre Diversidad Biológica plantea la realización de muestreos y seguimientos de los componentes de la diversidad biológica, estableciendo áreas protegidas y áreas donde se deban tomar medidas especiales para conservar la

²⁹ Convenio sobre Diversidad Biológica: Convenio adoptado en Nairobi – Kenia, en mayo de 1992, fue ratificado y entró en vigor en diciembre de 1993.

diversidad biológica. También se promueve la protección de los ecosistemas que albergan a poblaciones biológicas viables, se fomenta la protección de los recursos biológicos importantes, fuera y dentro de áreas protegidas; y, se alienta la rehabilitación y restauración de los ecosistemas degradados, promoviendo la recuperación de especies amenazadas. Inclusive en este convenio se determina que se exigirá la evaluación de impacto ambiental en proyectos que puedan tener efectos adversos al ambiente y así evitar o reducir al mínimo esos efectos.

Un punto clave en el Convenio sobre Diversidad Biológica es la presentación de la estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa; denominada enfoque ecosistémico (Shepherd, 2006).

El enfoque ecosistémico reconoce que los ecosistemas naturales y transformados son sistemas complejos, cuyo funcionamiento y capacidad de respuesta ante perturbaciones dependen de las relaciones dinámicas entre especies y entre estas y el medio ambiente, la sociedad y su cultura. Integra las diferentes ciencias del medio biofísico y socioeconómico y el conocimiento tradicional con sus respectivas disciplinas, prácticas, metodologías y sistemas de innovación. Igualmente se parte del reconocimiento que el ser humano y su cultura son parte integral de los ecosistemas y, por tanto, los objetivos de la gestión ambiental son de naturaleza eminentemente social (Andrade y Navarrete, 2004).

Mediante la implementación del enfoque ecosistémico, se busca el uso sostenible, manejo integral y conservación de los sistemas naturales a largo plazo, basados en las necesidades de la sociedad en su conjunto; para lo cual el esquema principal para la acción comprende de doce principios, presentados a continuación (Andrade y Navarrete, 2004):

- Principio 1: La elección de los objetivos de la gestión de los recursos debe quedar en manos de la sociedad.
- Principio 2: La gestión debe estar descentralizada.
- Principio 3: Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros

ecosistemas.

- Principio 4: Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar los ecosistemas en un contexto económico.
- Principio 5: A fin de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de éstos, deberá ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas.
- Principio 6: Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.
- Principio 7: El enfoque ecosistémico debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.
- Principio 8: Teniendo en cuenta de las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.
- Principio 9: En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.
- Principio 10: En el enfoque ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica, y su integración.
- Principio 11: En el enfoque ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.
- Principio 12: En el enfoque ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes

Estos doce principios se han organizado dentro de cinco pasos, los cuales permitirán implementar el enfoque ecosistémico (Shepherd, 2006):

- Paso A: Se refiere a la extensión de los ecosistemas y a la identificación de sus

principales actores involucrados.

- Paso B: Concerniente a la estructura, funcionamiento y manejo de los ecosistemas.
- Paso C: Identifica aspectos económicos.
- Paso D: Da una mirada al manejo adaptativo en el espacio y al impacto sobre los ecosistemas adyacentes.
- Paso E: Se refiere al manejo adaptativo en el tiempo: metas a largo plazo y las maneras más flexibles de alcanzarlos.

De la misma forma, la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural³⁰; se convierte en una norma por la que los Estados reconocen la obligación de identificar, proteger, conservar y rehabilitar áreas de alta diversidad biológica, mediante la adopción de medidas y políticas adecuadas para su preservación.

Por otro lado, la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (RAMSAR)³¹ implica la selección de humedales, los cuales son incluidos en la lista de importancia internacional, en términos ecológicos, botánicos, zoológicos limnológicos e hidrológicos; se determinan compromisos por parte de los países hacia la conservación, gestión y uso racional de estos lugares, así como fomentar la investigación.

Además, no hay que dejar de lado el Informe Brundtland³² y la Declaración de Río³³, instrumentos no vinculantes mediante los cuales se plantea el concepto de desarrollo sustentable, el mismo que va a dar contexto al concepto de gestión ambiental. El Informe Brundtland o “Nuestro Futuro Común” analiza, critica y replantea las políticas de

³⁰ Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural: Convención que fue adoptada por la conferencia general de la UNESCO en su XVII reunión realizada en París el 16 de noviembre de 1972.

³¹ Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de Aves Acuáticas (RAMSAR): Convención que fue firmada en la ciudad de Ramsar – Irán el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor el 21 de diciembre de 1975.

³² Informe Brundtland: Informe elaborado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) para la ONU.

³³ Declaración de Río: Convocada como resultado del Informe Brundtland y se desarrolló en Río de Janeiro en junio de 1992.

desarrollo económico globalizador, reconociendo que el actual avance social se está llevando a cabo a un costo medioambiental alto. En este Informe, se utilizó por primera vez el término “desarrollo sostenible”, definido como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

Con respecto a la Declaración de Río, la misma fue adoptada en una conferencia en la que se proclamaron principios sobre el medio ambiente y el desarrollo; donde además se tuvo la oportunidad de adoptar un programa de acción denominado Agenda o Programa 21. Dicho programa es un acuerdo para promover el desarrollo sostenible que consta de acciones detalladas que se deben tomar en cuenta a nivel local, nacional y mundial; para solucionar los impactos derivados de la actividad humana sobre el medio ambiente.

También se tiene la Estrategia de Sevilla y el Marco Estatutario de la Red Mundial (Reservas de Biósfera)³⁴, que plantea la denominación de las áreas con importancia biológica, pero también se determina las funciones de estas áreas hacia las comunidades en sus alrededores o en ellas. En este marco se establece que las Reservas de Biósfera deben cumplir con tres funciones: contribuir a la conservación de los paisajes, los ecosistemas, las especies y la diversidad genética; fomentar el desarrollo económico y humano sostenible a nivel regional; y, prestar apoyo a proyectos de educación y capacitación sobre medio ambiente e investigación.

También se han adoptado convenios en materia del manejo de sustancias peligrosas y disposición de desechos. Por ejemplo, en cuanto a desechos peligrosos, se adoptó el Convenio de Basilea³⁵, en el cual se da los lineamientos de control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. El objetivo primordial del Convenio de Basilea es proteger la salud de las personas y el medio ambiente frente a los

³⁴ Estrategia de Sevilla y el Marco Estatutario de la Red Mundial (Reservas de Biósfera): Estrategia elaborada en marzo de 1995 en Sevilla – España y entró en vigor en noviembre de 1995.

³⁵ Convenio de Basilea: Convenio auspiciado por el PNUMA que fue aprobado en 1989 y entró en vigor en 1992.

efectos perjudiciales de los desechos peligrosos. Una de las principales disposiciones del convenio es la disminución de la generación de desechos peligrosos y la promoción de la gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos, donde quiera que se realice su eliminación.

En cuanto al manejo de sustancias peligrosas, se adoptó el Convenio de Rotterdam³⁶. El objetivo de este convenio es promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos en el ámbito del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños. Además este Convenio intenta contribuir a la utilización ambientalmente racional de los mismos, facilitar el intercambio de información acerca de los productos, establecer un proceso nacional de adopción de decisiones sobre la comercialización y difusión.

Por último, el Convenio de Estocolmo, que trata específicamente de los contaminantes orgánicos persistentes. El objetivo de este convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes y establecer medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencional de contaminantes orgánicos persistentes.

Es importante recalcar esta continuidad generada entre el Convenio de Basilea, el Convenio de Rotterdam y el Convenio de Estocolmo; mediante los que se ha logrado hacer frente al desafío de la gestión ambientalmente racional de las sustancias peligrosas en diferentes etapas de sus ciclos de vida y principalmente en la minería, donde se generan desechos peligrosos tanto en la maquinaria utilizada, en los procesos de procesamiento y en el beneficio.

De los instrumentos internacionales brevemente revisados, se puede notar que a pesar de ser anteriores a la Constitución de la República, tienen una gran similitud y

³⁶ Convenio de Rotterdam: Convenio que fue aprobado en 1998 y entró en vigor en febrero del 2004.

coherencia con lo planteado en la Constitución de la República del Ecuador del 2008; que plantea un desarrollo sustentable y pretende el uso racional de recursos así como su protección mediante la adopción de medidas específicas que garanticen la existencia de los ecosistemas con alta diversidad, tomando en cuenta las necesidades de la población.

La importancia de una gestión ambiental responsable, tanto pública como privada, al momento de incursionar en actividades que puedan traer impactos negativos, marcan la necesidad de una normativa específica, que detalle claramente las medidas a ser tomadas para su prevención o para mitigar dichos impactos. Esta debe ser una herramienta fundamental para la conservación de ecosistemas y comunidades, que incluya capacitación e investigación del patrimonio natural lo que promoverá la protección de los ecosistemas.

Los grandes lineamientos y normas previstas en la Constitución, tratados e inclusive en los instrumentos internacionales a los que hemos hecho referencia, se concretan a través de leyes ambientales y normas secundarias, entre las que destacan las que se revisan a continuación.

2.2 LEYES AMBIENTALES Y NORMAS SECUNDARIAS: SU APORTE PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

La Ley de Gestión Ambiental³⁷ plantea directrices concretas en cuanto a la gestión ambiental en el Ecuador. Por un lado, se menciona la necesidad de utilizar tecnologías alternativas y ambientalmente sustentables, para armonizar con los tratados internacionales así como al contenido de la Declaración de Río.

Además, se determina que toda actividad que suponga riesgo debe contar con una licencia ambiental, para la que se debe realizar un estudio de impacto ambiental, aprobada por la autoridad ambiental de aplicación responsable que, en la mayoría de veces, es el

³⁷ Ley de Gestión Ambiental: Registro Oficial 245, 30 de julio de 1999

Ministerio de Ambiente. Se detalla que, en el marco de la evaluación deben formularse estudios ambientales que describan el lugar donde se pretende realizar la actividad; los factores físicos, bióticos y sociales (línea base). También se requiere una evaluación de riesgos, sean estos naturales o antropogénicos.

En este marco, se considera que “La evaluación de impactos es el instrumento de instrumentos, al considerarla necesaria, no solo para la aplicación de la política ecológica, sino como mecanismo para controlar su aplicación de otros instrumentos de la misma política” (Brañes, 1991 en Dávila y Andrade, 2005).

La Ley de Gestión Ambiental profundiza en cuanto a la gestión, ya que determina la elaboración de planes de manejo ambiental, planes de manejo de riesgos, sistemas de monitoreo, planes de contingencia y mitigación, auditorías ambientales; y, planes de cierre y abandono. Es decir, determina que se deben estimar las afectaciones a la población, flora, fauna, aire, suelo y paisaje en general; para de esta forma, determinar las acciones que se deben tomar para mitigar o prevenir los impactos negativos. “La concepción e importancia de la evaluación de impactos ambientales es el resultado de la permanente presión de las actividades humanas sobre el ambiente, en sus diferentes variables lo que hizo urgente y necesaria la actuación del Estado, para el mantenimiento del orden y satisfacción de intereses generales sobre los particulares” (Dávila y Andrade, 2005).

Es importante mencionar, que en la Ley de Gestión Ambiental se hace mención en el Art.6, que el aprovechamiento de recursos no renovables dentro del patrimonio de áreas naturales protegidas y ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo a un estudio de factibilidad económica y de evaluación de impactos ambientales en función de los intereses nacionales. Dicha situación también se ve plasmada en la Constitución en el Art 407, que prohíbe las actividades extractivas de recursos no renovables dentro de áreas protegidas o zonas intangibles, aunque prevé que estos recursos podrán excepcionalmente

ser explotados a petición del presidente por ser considerado de interés nacional por la Asamblea Nacional.

Estos dos artículos podrían constituir una debilidad, ya que se puede llegar a disminuir el nivel de protección de las áreas protegidas; ya que el interés nacional podría volverse incompatible con los derechos constitucionales ambientales y la declaratoria de interés público sobre la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes (Grijalva *et al.*, 2010). Los esfuerzos y recursos que se deben aplicar para mantener una gestión ambiental integral de estas áreas protegidas y de áreas con gran biodiversidad, deberían ser mucho mayores y más estrictos en comparación a otros lugares.

Por otro lado también se tiene la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental³⁸, que establece varias prohibiciones en materia ambiental; entre las que se incluye la prohibición de descargas de contaminantes al agua, sin sujetarse a las normas técnicas y regulaciones, ya que se podría perjudicar la flora, fauna y salud humana. De la misma manera se plantean prohibiciones con respecto a emitir contaminantes hacia la atmosfera y vertidos al suelo, los cuales puedan provocar problemas a la salud de las personas y afecten a la flora y fauna. Además, faculta al Ministerio del Ambiente y al Ministerio de Salud para que elaboren normas técnicas y para que se supervise la construcción y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Esta ley, al igual que la Ley de Gestión Ambiental, se reglamentan en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente³⁹, que, además, detalla los límites máximos permisibles y las condiciones en las que el agua debe ser devuelta a su curso.

³⁸ Ley de Prevención y Control de la Contaminación: Registro Oficial 97, 31 de mayo de 1975

³⁹ Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULAS o TULASMA): Registro Oficial 725, 16 de diciembre de 2002

En lo relativo a la biodiversidad, se tiene la Ley Forestal de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre⁴⁰. En dicha Ley se plantea el accionar frente a los recursos forestales en lo referente al patrimonio forestal del Estado (plantaciones forestales y los bosques y vegetación protectores). Dentro de esta, se determina que los bosques y vegetación protectores tienen la función de conservar el suelo y vida silvestre, así como la preservación de cuencas hidrográficas en zonas de escasa precipitación y formar cortinas rompe vientos para preservar el equilibrio ambiental, entre otras.

Los bosques y vegetación protectores además de tener esas funciones pueden ser aprovechados siguiendo lineamientos como se presenta en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria que menciona que, las únicas actividades permitidas dentro de los bosques y vegetación protectores serán: la apertura de franjas cortafuegos, control fitosanitario, fomento de la flora y fauna silvestres, la ejecución de obras públicas consideradas prioritarias, el manejo forestal sustentable; y, actividades científicas, turísticas y recreacionales.

A pesar de ser áreas muy importantes para la investigación y conservación, no tienen una protección estricta dentro de la normativa ambiental ya que se han convertido en ecosistemas amenazados por su explotación desmesurada. Estos bosques generalmente se encuentran en los alrededores de las áreas protegidas sirviendo como corredores de conexión entre áreas, para que de esta manera no exista una fragmentación de los ecosistemas; pero al contrario, la fragmentación de los ecosistemas y la falta de protección de las cuencas hidrográficas han aumentado con el paso de los años debido principalmente a actividades que ponen en riesgo el acceso futuro al agua.

En esta ley también se establece el patrimonio natural y se determina la clasificación de las áreas naturales protegidas por categorías, cuya administración y manejo

⁴⁰ Ley Forestal de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre: Registro Oficial 418, 10 de septiembre del 2004

están a cargo de Ministerio del Ambiente. Se aclara que está prohibida la ocupación, contaminación y alteración de estos ecosistemas; para lo cual se debe cumplir con los tratados internacionales para su conservación. De la misma forma, en la Constitución se menciona que está prohibida cualquier actividad extractiva en las áreas naturales protegidas a menos que se considere una actividad de interés nacional⁴¹. Las áreas naturales protegidas integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, establecido en el artículo 405 de la Constitución.

Por otro lado se tiene la Codificación de la Ley de Aguas⁴², en la cual, la gestión ambiental se encuentra enmarcada en la regulación del aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional. Determina que la concesión de derecho al aprovechamiento del agua, estará condicionada por la disponibilidad del recurso y las necesidades reales; siendo responsabilidad de la Secretaría Nacional del Agua planificar su mejor uso, realizar evaluaciones e inventarios, declarar estados de emergencia, delimitar las zonas de protección con el objetivo de preservar las cuencas hidrográficas y, la conservación, protección e incremento de los recursos hidrológicos. Se plantea además, el cobro de tarifas por concesión del derecho de aprovechamiento, la realización de investigaciones para su protección y la prohibición de la contaminación de las aguas, situación que afecta al ser humano, a la flora y la fauna.

Es urgente que se promulgue una nueva ley de aguas para promover una gestión integral del agua y no solo se planifique su uso; otorgando permisos pero también haciendo el control, seguimiento y vigilancia de la conservación de las cuencas hidrológicas, así como de los ecosistemas que ayudan a mantener el ciclo hidrológico. Históricamente este proceso de seguimiento y control lo ha venido realizando el Ministerio del Ambiente, función que no ha estado exenta de conflictividad interinstitucional con otras agencias

⁴¹ Art. 407

⁴² Codificación de la Ley de Aguas: Registro Oficial 339, 20 de Mayo del 2004.

estatales competentes en la materia. Al adoptarse una nueva ley de aguas específica, la competencia exclusiva será de la Secretaría Nacional del Agua, mediante inspecciones, estudios, auditorias, entre otros.

Es clara la determinación de que el agua que se utilice para trabajos mineros deberá ser devuelta al cauce original libre de contaminación cumpliendo los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental vigente como lo que se determina en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria y en la propia Ley de Minería.

2.2.1 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente

También está el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente, y la reforma al Título I del libro VI⁴³, norma que reglamenta el Sistema Único de Manejo Ambiental. Principalmente se determina que el desarrollo sustentable se lo debe realizar incluyendo las consideraciones ambientales y la participación ciudadana en todo el ciclo de vida de las actividades productivas, concordando así con lo estipulado en la Constitución de la República.

Plantea que toda acción relacionada a la gestión ambiental debe ser planificada y ejecutarse utilizando los principios de sustentabilidad, equidad, solidaridad, prevención, mitigación, remediación de impactos negativos, información, reciclaje, minimización de desechos y uso de tecnologías más limpias. Se deberán considerar los impactos ambientales de cualquier producto, industrializados o no, durante su ciclo de vida. Además determina que toda obra, actividad o proyecto nuevo, ampliaciones o modificaciones de los mismos, que pueda causar impacto ambiental, deberá someterse al Sistema Único de Manejo Ambiental.

⁴³ Acuerdo No. 068, Reforma al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, del Ministerio del Ambiente Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental, Registro Oficial No. 33, 31 de Julio de 2013.

Se determina que la Autoridad Ambiental Nacional es el Ministerio del Ambiente y que las Autoridades Ambientales de Aplicación son ministerios, organismos de la función ejecutiva, aquellos a quienes se les hubiere transferido o delegado una competencia en materia ambiental sobre determinado sector de la actividad nacional o sobre determinado recurso natural; así como, todo Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial y/o Municipal.

Las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable son los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales y/o Municipales, mediante un organismo sectorial cuyo sub-sistema de manejo ambiental ha sido acreditado ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Por último se determina que Autoridades Ambientales Competentes, son aquellos que pueden llevar a cabo los procesos de prevención, control y seguimiento de la contaminación ambiental.

Por otro lado, también se definen los requisitos para acreditarse ante el Sistema Único de Manejo Ambiental, así como se plantean las competencias de las distintas autoridades ambientales. En el Texto Unificado de Legislación Ambiental, se presenta el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) que es una herramienta informática, la cual lleva a cabo todos los procesos de regularización ambiental de los proyectos, obras o actividades que se desarrollan en el país. Mediante el SUIA, los promotores podrán obtener documentos como el certificado de intersección, el cual es necesario y obligatorio para continuar con el proceso de regularización y posterior licenciamiento de un proyecto, obra o actividad. Se afirma que los proyectos que no cuenten con la respectiva Licencia ambiental emitida por el Ministerio del Ambiente serán objeto de las sanciones previstas en la normativa ambiental aplicable.

Según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, se determina que la realización de los estudios ambientales⁴⁴ debe ser realizada por consultores calificados por el Ministerio del Ambiente que respondan técnicamente al alcance y la profundidad del mismo, así como cumplir con la elaboración y aprobación de los términos de referencia con sus requerimientos específicos que se encuentran en el Acuerdo 011⁴⁵.

En la reforma de Libro VI se plantea un cambio muy positivo, la categorización ambiental nacional, cuyo objetivo es unificar el proceso de regularización ambiental de los proyectos, obras o actividades que se desarrollan en el país, en función de las características particulares de éstos y de los impactos y riesgos ambientales que generan al ambiente. Se dividen en cuatro (4) categorías (ver Figura 12), como resultado de un proceso de depuración, selección, estudio, y estratificación:

- Actividades con impactos no significativos: Categoría I
- Actividades con impactos bajos: Categoría II
- Actividades con impactos medios: Categoría III
- Actividades con impactos altos: Categoría IV

Todos los proyectos, obras o actividades que se encuentren catalogados dentro de la Categoría I, podrán regularizarse a través de la obtención de un certificado de registro ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental Competente mediante el SUIA. Para obtener dicho certificado, el promotor debe registrarse en la página web del Ministerio del Ambiente, llenar el formulario en línea que el sistema le asigne y una vez cumplido con el

⁴⁴ Los estudios ambientales son informes debidamente sustentados en los que se exponen los impactos ambientales que un proyecto, obra o actividad puede generar al ambiente; los estudios ambientales se dividen en estudios de impacto ambiental ex ante y ex post, declaratorias de impacto ambiental, auditorías ambientales con fines de licenciamiento ambiental, alcances, reevaluaciones y actualizaciones.

⁴⁵ Acuerdo Ministerial 011: Normas técnicas que establecen los contenidos, características y condiciones mínimas de los Términos de Referencia para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental para todas las fases mineras. Registro oficial 64, 23 de Agosto 2010.

proceso, la autoridad aprobara y emitirá el certificado de registro ambiental después de 48 horas.

De la misma forma, el sistema facilitará al promotor una Guía de Buenas Prácticas Ambientales, acorde a su actividad. Mediante el SUIA el ministerio puede realizar observaciones y dar un plazo de 90 días para completar los requisitos faltantes o rechazar la solicitud en caso de que la actividad no cumpla con los requerimientos previstos para ésta categoría. Sin embargo el promotor estará sujeto a control por parte de las autoridades ya que se llevara un registro, además de observar la actividad durante todas las fases del ciclo de vida del proyecto.

Por otro lado, todas las actividades dentro de la Categoría II, deberán regularizarse a través de la obtención de una licencia ambiental. El promotor de estas actividades, deberá regularizarse mediante el SUIA. Culminada esta fase y entregada toda la documentación necesaria, se procede con la aprobación de la ficha ambiental y plan de manejo ambiental para la posterior emisión de la licencia ambiental. Al igual que en la anterior categoría, la solicitud puede ser observada y solicitando al promotor se completen los requisitos necesarios para la regularización de la actividad o rechazarla en el caso de que no se cumpla con los requerimientos previstos para ésta categoría.

Para el caso de la Categoría III, los proyectos deberán regularizarse a través de la obtención de una licencia ambiental, que será otorgada por el SUIA. Culminado el proceso y cargada toda la información y los documentos necesarios acorde a su proyecto, la autoridad ambiental competente podrá emitir pronunciamiento favorable a la declaratoria de impacto ambiental y conferir la respectiva licencia ambiental. La solicitud podrá ser observarla o rechazada en el caso que no se cumpla con los requerimientos previstos para ésta categoría.

Por último, para el caso de la Categoría IV, los proyectos deberán regularizarse a través de la obtención de una licencia ambiental, que será otorgada por el SUIA. Culminado el proceso y cargado en el sistema toda la información y los documentos necesarios, la autoridad ambiental competente resolverá su solicitud. Se emitirá un pronunciamiento favorable al estudio de impacto ambiental confiriendo la respectiva licencia ambiental. Dicha solicitud puede ser observada, para que se completen requisitos faltantes, o en todo caso puede ser rechazada en el caso de que el proyecto no cumpla con los requerimientos solicitados.

En caso de que una actividad no esté dentro del catálogo de categorización ambiental nacional, el promotor deberá remitir a la autoridad ambiental nacional el resumen de la actividad donde se especifique las actividades, impactos, entre otros. La autoridad ambiental nacional a través de la Subsecretaría de Calidad Ambiental designará un técnico especializado de la Dirección Nacional de Prevención de la Contaminación Ambiental, quien categorizará la actividad.

Una disposición clave en el Texto Unificado de Legislación Ambiental es aquella que determina que toda actividad que interseque con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Bosques y Vegetación Protectora, Patrimonio Forestal del Estado, Zonas Intangibles Cuyabeno Imuya, Núcleo del Parque Nacional Yasuní y Zona de Amortiguamiento Núcleo Parque Nacional Yasuní; serán de manejo exclusivo de la autoridad ambiental y se sujetarán al proceso de regularización respectivo, previo al pronunciamiento de la Subsecretaría de Patrimonio Natural o, para casos específicos, del Ministerio de Justicia del Ecuador.

La incorporación de un catálogo de categorización ambiental nacional es un gran avance, ya que de esta manera se puede conocer fácilmente que actividad pertenece a cada categoría sistematizando y organizando de mejor manera el proceso de regularización

Ambiental. “Se requieren políticas públicas efectivas, donde los estudios ambientales dejen de ser solo trámites administrativos para justificar proyectos, convirtiéndose en una herramienta que impida impactos negativos graves” (Gudynas, 2009).

Con respecto al seguimiento ambiental, el objetivo es asegurar que las variables ambientales relevantes y el cumplimiento de los planes de manejo ambiental se lleven a cabo en la forma en que fueron aprobados. Además, el seguimiento, proporciona información para analizar la efectividad del sub-sistema de manejo ambiental y de las políticas ambientales preventivas.

Por esta razón, el plan de manejo representa una parte sustancial de la gestión ambiental, el cual deber ser muy bien planteado y las actividades bien analizadas así como las medidas a ser incluidas, para evitar la contaminación del agua. El control y tratamiento de los efluentes es una responsabilidad de la empresa frente a las personas que habitan en los sectores de influencia de una actividad, obra o proyecto que genere riesgo ambiental, a fin de garantizar el derecho al agua, a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, pero también es una responsabilidad frente al derecho de la naturaleza a existir y a que se respeten sus ciclos y procesos. Por otro lado, las auditorías ambientales son una herramienta de control con las que se debe aplicar los principios de precaución y de prevención (de la contaminación), así como asegurar un correcto funcionamiento del proyecto.

El seguimiento es distinto en dependencia de la categoría a la cual pertenece la obra, proyecto o actividad. Es así que el seguimiento de una ficha ambiental se lo realizara a través de un informe del cumplimiento del plan de manejo ambiental, el mismo será presentado por el proponente al primer año de emitida la licencia ambiental y luego cuando la Autoridad Ambiental lo requiera.

Por otro lado, el seguimiento en la declaratoria de impacto ambiental y el estudio de impacto ambiental se lo hará a través de una auditoría ambiental de cumplimiento al plan de manejo ambiental, la cual se realizará al primer año de emitida la licencia ambiental, y posteriormente cada dos años. Las auditorías se llevaran a cabo generalmente por un tercero independiente y en función de los respectivos términos de referencia.

En el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria también se detallan las características del monitoreo interno (automonitoreo). El automonitoreo es un seguimiento sistemático y permanente que se realiza mediante registros continuos, observaciones visuales, recolección, análisis y evaluación de muestras de los recursos; así como por evaluación de todos los datos obtenidos, para la determinación de los parámetros de calidad y/o alteraciones en los medios físicos, bióticos y/o socio-cultural. El promotor enviará a la Autoridad Ambiental Competente, los informes y resultados del cumplimiento del plan de manejo ambiental y demás compromisos adquiridos.

El automonitoreo es un punto de suma importancia dentro de las actividades de la minería; sobre todo el de efluentes, piscinas de relaves y escombreras. El monitoreo se debe realizar río arriba y abajo, de los ríos que se encuentran en las cercanías del proyecto; forma mediante la cual se puede asegurar el mantenimiento del caudal ecológico, cumpliendo con los parámetros de calidad del agua y, como menciona la Constitución, con un enfoque ecosistémico.

Inclusive se determina como método de seguimiento a la vigilancia comunitaria⁴⁶. Es la comunidad quien realizará el seguimiento y observación en general sobre los proyectos, así como también para velar sobre la preservación de la calidad ambiental. De la misma forma, los promotores que se sintieren afectados, podrán presentar su respectiva

⁴⁶ Acuerdo No. 074, Reforma al Acuerdo Ministerial No. 068, Registro Oficial No. 63, 21 de Agosto de 2013.

impugnación contra los actos administrativos expedidos por la respectiva autoridad ambiental de aplicación.

En esta reforma se menciona la suspensión de la licencia ambiental en caso de existir no conformidades menores u observaciones identificadas ya sea en el plan de manejo ambiental o en la normativa ambiental vigente, comprobadas mediante las actividades de control, seguimiento o auditorías ambientales. La suspensión se dará hasta que los hechos que causaron la suspensión sean subsanados. La autoridad ambiental también puede revocar la licencia ambiental en caso existir no conformidades mayores, comprobadas mediante las actividades de control, seguimiento o auditorías ambientales.

Los proyectos, obras o actividades que cuenten con una normativa ambiental específica, se registrarán bajo la norma que los regula. Este sería el caso de la minería y la Ley de Minería. Sin embargo, en el Texto Unificado de Legislación Ambiental, se categoriza a la minería de la siguiente forma:

- Minería artesanal (no metálica y metálica):
 - o Prospección y Exploración inicial de Pequeña Minería - Categoría II.
 - o Exploración avanzada de Pequeña Minería - Categoría III.
 - o Explotación de Pequeña Minería - Categoría IV.
 - o Beneficio, fundición, refinación y comercialización para la Pequeña Minería - Categoría IV.
 - o Cierre de minas para la Pequeña Minería - Categoría IV.
- Mediana Minería (no metálica y metálica):
 - o Prospección y Exploración inicial de Mediana Minería - Categoría II.
 - o Exploración avanzada de Mediana Minería - Categoría III.
 - o Explotación de Mediana Minería - Categoría IV.
 - o Beneficio, fundición, refinación y comercialización para la Mediana

Minería - Categoría IV.

- Cierre de minas para la Mediana Minería - Categoría IV.
- Minería a Gran Escala (no metálica y metálica):
 - Prospección y Exploración inicial de Minería a Gran Escala - Categoría II.
 - Exploración avanzada de Minería a Gran Escala - Categoría III.
 - Explotación de Minería a Gran Escala - Categoría IV.
 - Beneficio, fundición, refinación y comercialización para la Minería a Gran Escala IV.
 - Cierre de minas para la Minería a Gran Escala IV.
- Minería de aprovechamiento de materiales para la construcción (no metálica):
 - Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción para proyectos públicos - Categoría IV.
 - Minería para la explotación de materiales áridos y pétreos - Categoría IV.
 - Extracción artesanal de material pétreo en Galápagos - Categoría IV.
- Actividades complementarias para minería:
 - Almacenamiento de metálicos y no metálicos - Categoría II.
 - Comercialización de metálicos y no metálicos - Categoría I.

Es importante mencionar que dentro de la reforma al Libro VI se incorporaron cuatro anexos. El Anexo I corresponde al manual para las obras, proyectos o actividades correspondientes a la Categoría I y se detallan las Guías de Buenas Prácticas Ambientales a seguirse. En el caso del Anexo II, corresponde a la obtención de licencia ambiental de la categoría II o ficha ambiental. En este anexo se detalla cómo se deben elaborar las fichas ambientales y el plan de manejo ambiental. Se determina además que el proceso de participación social consistirá en la organización y realización de una reunión informativa a la que se convocará a los actores sociales que tienen relación con el proyecto.

En el Anexo III se da a conocer el manual para la obtención de licencia ambiental categoría III o declaratoria de impacto ambiental. Aquí se determina la necesidad de elaborar términos de referencia, dando a conocer cómo realizarlos; para luego proceder con la elaboración de la declaratoria de impacto ambiental y la correspondiente licencia ambiental.

Es importante mencionar que en esta reforma se plantea una metodología de valoración de los pasivos ambientales. Es una herramienta que permite valorar (desde lo social, ambiental, cultural y económico) los pasivos sociales y ambientales que se deriven de una actividad productiva, partiendo en algunos casos de una situación inicial previo la actividad y en otros sobre los impactos durante y después de ella.

Por último, en el Anexo IV se describe el manual para la obtención de licencia ambiental categoría IV o estudio de impacto ambiental. Igualmente se detalla cómo se deben elaborar los términos de referencia, para luego elaborar el estudio de impacto ambiental. Este anexo contiene 3 anexos más, en los cuales se define como elaborar la sección de indicadores para la caracterización, diagnóstico y evaluación de la condición biofísica de los ecosistemas en la zona de estudio, así como la metodología de evaluación de las condiciones ecológicas, económicas y sociales, los criterios para la definición de la zona de influencia y la metodología de valoración de pasivos ambientales.

El procedimiento de participación ciudadana de las actividades de categorías III, IV se llevará conforme lo establecido en el Decreto 1040. En este decreto, la participación tiene como finalidad considerar e incorporar los criterios y las observaciones de la ciudadanía, especialmente la población directamente afectada; siempre y cuando sea técnica y económicamente viable. Esto permitirá que actividades que puedan causar impactos ambientales se desarrollen de manera adecuada, minimizando y/o compensando estos impactos a fin de mejorar la condiciones sociales y ambientales.

La información a proporcionarse a la comunidad del área de influencia del proyecto deberá responder a criterios de lenguaje sencillo y didáctico, información completa y veraz, en lengua nativa, de ser el caso; y procurará un alto nivel de participación. De la misma forma se debe permitir a la comunidad el acceso a la información mediante el reparto de documentación informativa sobre el proyecto, página web y centro de información pública.

Los criterios se recopilarán y se sistematizarán, identificando los conflictos socioambientales que se generarían por la implementación de la actividad en cuestión. Se debe describir las alternativas identificadas y la recomendación, con los correspondientes sustentos técnicos, económicos, jurídicos y sociales, debidamente desarrollados y el análisis de posibles conflictos socioambientales evidenciados y las respectivas soluciones a los mismos, en caso de haberlos.

Las resoluciones o consensos podrán incluir mecanismos de compensación socioambientales, los mismos que deberán referirse prioritariamente a las áreas de educación y salud, que además deberán coordinarse con los planes de desarrollo local y ser ejecutados a través de las propias comunidades, pueblos o nacionalidades o, de ser el caso, conjuntamente con los planes y programas que las instituciones del Estado.

Si los sujetos de la participación social se opusieren a la actividad o proyecto que genere impacto ambiental, esta no podrá llevarse a cabo, a menos que la autoridad competente insista en su realización, lo cual será resuelto por la instancia superior. De esta forma se evidencia claramente la importancia de la participación ciudadana para la instauración de actividades o proyectos, como la forma de poner en práctica la construcción del buen vivir.

Con el fin de monitorear y exigir la rendición de cuentas a la gestión ambiental, los sujetos de participación social podrán conformar veedurías ciudadanas y en caso de daño

ambiental se puede realizar denuncias cívicas por infracciones ambientales de cualquier tipo. Si se comprueban los hechos, la entidad ambiental procederá a sancionar a los autores y poner el caso en manos de los jueces civiles o penales correspondientes. La entidad ambiental de control, solicitará la realización inmediata de una auditoría ambiental de cumplimiento.

Dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, están los Anexos al Libro VI. Uno de estos es el Anexo 1, sobre calidad del agua, el cual determina los límites máximos permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, los métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

El objetivo principal de esta norma técnica es la protección del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Se basa en los siguientes usos del agua: consumo humano, uso doméstico, preservación de flora y fauna, producción agrícola, producción pecuaria, aguas subterráneas, fines recreativos, producción industrial, transporte y estético. Es así que para cada uso del agua existe una tabla que detalla los límites máximos permisibles de contaminantes.

Al analizar el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, el cual fue elaborado en función de la anterior Constitución, se puede ver que no existen exigencias específicas para el caso de la actividad minera, tomando en cuenta la gran importancia que se le da al recurso agua como un derecho fundamental en la nueva Constitución. Se puede notar que la importancia del agua como un recurso estratégico al igual que la biodiversidad no está reflejada, ya que no hay planteamientos específicos con

respecto a la actividad minera, actividad que se viene dando desde hace muchos años y en la cual nunca se controló adecuadamente la contaminación derivada.

En este sentido, es urgente realizar una revisión de los parámetros de contaminación, ya que se utilizan comúnmente los parámetros de la Tabla 12 del Anexo 1, por ser los Criterios de Calidad del Agua para Uso Industrial, en los cuales se determinan los límites para descarga de efluentes al alcantarillado y aguas dulces. Además, es menos exigente aún que las Tablas 3 y 4 que determinan los Criterios de Calidad del Agua para la Preservación de Flora y Fauna.

En el caso de que la actividad minera se realice en un área frágil y amenazada, el agua descargada como efluente de la actividad, no cumpliría con los límites máximos permisibles para los criterios de calidad de agua para la preservación de la flora y fauna presentados en las Tablas 3 y 4. De la misma manera, si las aguas que son descargadas por la actividad minera, son recolectadas aguas abajo por una comunidad en la cual, por tradición cultural, se acostumbra a bañarse en el río o recolectar el agua del mismo para el consumo de la población, la descarga no cumpliría con los límites máximos definidos para el consumo humano. Esto demuestra que, para el caso de la minería se deberían establecer límites más exigentes, debido al riesgo de impactos ambientales e impactos sociales que podrían ser catastróficos, como los ya sucedidos con el caso petrolero.

Es también importante ver, que solo se tiene una tabla con límites máximos para aguas subterráneas, que no aplican a todos los casos ya que no todos los suelos donde existen aguas subterráneas son de arcilla entre (0 – 25) % y de materia orgánica entre (0 – 10) %. Deben ser parámetros generales para todo tipo de suelo o realizar los estudios pertinentes para determinar los parámetros por tipos de suelo.

Es necesario realizar tablas las cuales tengan un lineamiento específicos de los límites máximos permisibles además de realizar una revisión integral de estos parámetros.

De este modo, si el agua es apta para la preservación de flora y fauna, así como para el consumo humano, entonces es apta para los otros usos que se le puede dar al agua; como el uso recreacional, uso doméstico, pecuario y agrícola.

Un estudio ambiental es considerado como un instrumento preventivo de gestión el cual se ha destinado a identificar y corregir con anticipación los impactos ambientales negativos derivados de acciones humanas y optimizar aquellos de carácter positivo. Es por esto que la complejidad del mismo hace que se convierta en un instrumento el cual requiere de equipos multidisciplinarios para la correcta aplicación de los mismos.

El estudio ambiental busca identificar la afectación a una zona y pretende evaluar el riesgo y los efectos, así como sus posibles acciones para minimizar los impactos derivados de la minería. Debido a esto, se necesita la conjugación de varias disciplinas que se complementen para dar pautas concretas en cuanto a la gestión ambiental minera.

En general, los requisitos determinados en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria para la obtención de la regularización ambiental concuerdan con lo determinado en la Ley de Gestión Ambiental y en la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. A su vez la Ley de Minería⁴⁷ y el Reglamento Ambiental para Actividades Mineras⁴⁸ se basan en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria; y, este a su vez concuerdan con la mayoría de los principios y derechos planteados en la Constitución y con los parámetros descritos en la Ley de Gestión Ambiental.

⁴⁷ Ley de Minería: Registro oficial 517, 29 de Enero del 2009

⁴⁸ Reglamento Ambiental para Actividades Mineras: Registro Oficial 67, 16 Noviembre de 2009

2.2.2 Ley de minería y su aplicación a la gestión del agua

Dentro de la nueva Ley de Minería y su reforma⁴⁹ se establece que la exploración y explotación de los recursos, se regirá a los principios de sustentabilidad ambiental; además de establecer la priorización de la fiscalización, regulación, prevención y remediación de la contaminación ambiental. Sin embargo, se afirma que se deberán determinar las áreas mineras especiales, que serán aquellas que el Presidente de la República declare como prioridad nacional en aplicación del artículo 407 de la Constitución.

Se detalla, al igual que en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria y la Ley de Gestión Ambiental, que para las actividades mineras se requerirá la aprobación de los respectivos estudios ambientales para el otorgamiento de la licencia ambiental. Es así que en la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería se plantea que, para la minería artesanal se deberá presentar una ficha ambiental, para exploración y explotación, en pequeña minería se deben realizar estudios ambientales simplificados y específicos; mientras que para mediana y gran minería, para las etapas de exploración inicial y avanzada es necesario una declaratoria ambiental y para la fase de explotación y demás fases debe presentar estudios de impacto ambiental.

Sin embargo, lo descrito en la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, con respecto a los estudios ambientales necesarios para obtener la licencia ambiental, no concuerda con la categorización ambiental nacional definida en el Acuerdo No. 068 correspondiente a la Reforma al Libro VI, Título I del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Como se detalló anteriormente, se puede ver que la categorización ambiental ubica a la explotación de minerales metálicos y no metálicos a toda escala, en la categoría IV correspondiente a la realización de estudios de impacto ambiental debido al alto impacto derivado de la explotación minera.

⁴⁹ Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería: Registro oficial 37, 16 de julio de 2013

Además, se describen los dos únicos requisitos para ejecutar las actividades mineras, los cuales son la respectiva licencia ambiental emitida por el Ministerio del Ambiente y la autorización otorgada por la autoridad única del agua, la Secretaría Nacional del Agua. También se determina, que el concesionario deberá presentar una declaración jurada en donde se aclare que no se han afectado al patrimonio natural y cultural; y, en caso de que se vaya a afectar a dicho patrimonio, la máxima autoridad del sector minero deberá pedir autorización al ministerio del ramo.

Es indispensable que el requerimiento de la declaración jurada esté justificado con una inspección y verificación de los ministerios del ramo responsables. Al no realizar las inspecciones y no aclarar la veracidad de la declaración por parte del regulador, no ayudaría en la gestión ambiental de las actividades, sino que se convertiría en un mero trámite administrativo.

Se menciona también las obligaciones de la reparación y remediación ambiental; de conformidad a la Constitución, la Ley de Minería y sus reglamentos. Los estudios ambientales y plan de manejo ambiental tienen que contener información sobre las especies de flora y fauna existentes en la zona y realizar monitoreos y medidas para mitigar los impactos sobre la flora y fauna. Las concesiones mineras deben incluir planes y programas anuales de actividades referentes al plan de manejo ambiental y actividades para el cierre de las operaciones mineras ya sea este cierre definitivo o abandono parcial así como las actividades para la rehabilitación de las áreas afectadas.

Antes de la presentación del estudio ambiental es necesaria la presentación de los términos de referencia los cuales tienen que describir el proyecto, obra o actividad, al igual que especificar el tipo de minería a realizar, y para lo que se debe seguir los lineamientos del Acuerdo 011. Posterior al licenciamiento ambiental por medio de la ficha ambiental, declaratoria ambiental o estudio ambiental, los titulares de las concesiones

mineras deben presentar una auditoría ambiental después del primer año de instalación del proyecto y posteriormente cada dos años, para permitir que la entidad de control vigile, monitoree y verifique el cumplimiento del plan de manejo ambiental.

La Ley de Minería aclara que las concesiones mineras son actos administrativos de otorgamiento de un título minero que confiere el derecho al titular minero para realizar prospección, exploración, explotación, beneficio, fundición, refinación y comercialización de los recursos mineros que se encuentren en el área de la concesión; luego de haber cumplido con las obligaciones ambientales, tributarias y aprobación de otras autoridades e instituciones según sea el caso.

Se estipula que los titulares mineros deberán pagar una patente anual de conservación por cada hectárea de concesión. Dichas tasas dependerán de la fase en la cual la actividad minera se encuentre y de la extensión de actividad minera; extensión que no podrá exceder de 5 000 ha.

De la misma forma, se determina que, para el aprovechamiento del agua en minería es necesario obtener el permiso otorgado por la Secretaría Nacional del Agua, situación mencionada también en la Codificación a la Ley de Aguas; realizándose un informe técnico en el cual se justifiquen los trabajos a realizarse.

Al aprovechar el agua, las descargas provenientes de la actividad minera, deben cumplir los límites máximos permisibles y parámetros técnicos estipulados en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, y deben ser devueltos a su cauce original, sin contaminación. Como se comentó anteriormente, hay que aclarar que los límites máximos permisibles para efluentes son más permisibles que los límites para los criterios de calidad de agua para la preservación de la flora y fauna; lo que se trasladaría en que las descargas devueltas a los ríos en un ecosistema frágil y amenazado no cumpliría con los preceptos para la conservación de los ecosistemas y estarían siendo afectados. Más aún, se

generarían problemas si en las provincias o pueblos donde se encuentra radicada la actividad minera, la población acostumbra al uso de las aguas de los ríos para su uso personal y para su consumo.

Para garantizar la calidad del agua, el tratamiento de las mismas debe preverse en el respectivo plan de manejo ambiental. Además se determina la obligación de la reutilización de las aguas, mediante la implementación de sistemas de recirculación; estableciéndose sanciones para el incumplimiento.

Es obligación del titular minero revegetar y reforestar en caso de haber retirado la capa vegetal o deforestada por motivos de la actividad minera, donde la revegetación y reforestación deben ser preferentemente con especies nativas. De la misma forma, se afirma claramente que la acumulación de residuos debe tener estrictas precauciones que eviten la contaminación del suelo aire y agua y/o biota; para lo cual se deberán construir técnicamente escombreras, rellenos de desechos, depósitos de relaves o represas, en donde se depositen estos desechos sea cual sea la fase de minería en la que se encuentre. Además, al igual que lo mencionado en las leyes revisadas anteriormente, se prohíbe la descarga de desechos en quebradas, ríos, lagunas, entre otros.

Los titulares mineros están obligados a permitir la inspección de sus instalaciones y operaciones por parte de los Ministerios de Ambiente y de Recursos No Renovables para verificar el cumplimiento de sus deberes. En caso de emitirse la declaratoria de daño ambiental por existir afectación a los recursos hídricos a causa de las actividades del proyecto, será el Ministerio del Ambiente y la Secretaría Nacional del Agua quienes declaren la caducidad de las concesiones mineras. Se determina que cada gobierno municipal es el encargado de regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentren en lechos de ríos lagos, lagunas playas de mar y canteras.

La Ley de Minería adopta la visión de leyes como la Ley de Gestión Ambiental, así como de la Constitución, de los convenios internacionales, de la Codificación a la Ley de Aguas y la Ley de Prevención y Control de la Contaminación; ya que promueve el desarrollo sustentable y una gestión ambiental de todas las actividades productivas, exigiendo la protección de la flora, fauna y sus ecosistemas adoptando medidas y actividades específicas enfocadas a la reducción de contaminación en las actividades mineras. Esto no solo mediante un correcto control y vigilancia del titular minero, sino también del Ministerio de Ambiente.

En la reforma a la Ley de Minería se prohíbe la utilización del mercurio en las labores minería, lo que es un logro muy importante dentro de esta ley ya que está comprobado en el estudio realizado por PRODEMINCA⁵⁰ (Acosta, 2010). En dicho estudio se comprueba que la minería artesanal por muchos años ha contaminado las aguas con este metal pesado; siendo su prohibición un paso grande en la lucha para erradicar los métodos antiguos y extremadamente contaminantes, que han traído consecuencias terribles para los ecosistemas, así como para las poblaciones. En la reforma a la Ley de Minería se menciona que se les dará un plazo de dos años para que completen la transición hacia el cambio de tecnologías en cuanto al mercurio y los mineros artesanales serán asesorados y capacitados para adquirir nueva tecnología.

En la ley también se plantea que la minería ilegal será sancionada, con decomisos, incautaciones, multas y la obligación de restaurar las áreas afectas por estas actividades. Este punto es muy importante ya que se deben tomar las acciones correspondientes para evitar la explotación ilegal, actividad que trae graves daños a los ecosistemas por no contar con ningún control y monitoreo de las actividades (Acosta, 2010).

⁵⁰ Proyecto de Asistencia Técnica para el Desarrollo Minero y Control Ambiental

Sin embargo, en el Anexo VII del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental, el cianuro de sodio está considerado como un producto químico peligroso sujeto de control por el Ministerio del Ambiente. De la misma forma hay la Norma Técnica INEN 2266:2010⁵¹ que determina los requisitos para el transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos; dando una amplia descripción de los procesos a llevarse a cabo durante toda la vida útil del producto químico. El problema radica ahora, en que se deberían dar lineamientos específicos para el tratamiento, el uso y el monitoreo del cianuro y sus compuestos, en la actividad minera específicamente, que se utiliza en sustitución del mercurio como otro método de obtención de minerales y que igualmente es muy contaminante y nocivo para la salud.

Esto resulta un problema muy grave que no se analizó previamente y para el cual no se incorporó ningún tipo de restricción o requerimiento específico en cuanto al tratamiento y utilización del mismo. Esto se puede corroborar además con la Declaración de Berlín⁵² en donde se determina mediante críticos análisis científicos (especialmente eco-químicos, en ecosistemas biogeográficos, hidrológicos y geoquímicos) que demuestran enfáticamente que el uso del cianuro para la extracción de oro no puede ser aceptada, por sus daños irreversibles al ecosistema. Esto se afirma después de analizar varios accidentes ambientales muy graves.

2.2.3 Reglamento Ambiental para Actividades Mineras: planteamientos para la calidad del agua

En el Reglamento Ambiental para las Actividades Mineras se presentan medidas específicas para la actividad minera; detallando así el proceso de licenciamiento ambiental

⁵¹ NTE INEN 2266:2010: Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos.

⁵² Documento disponible en: <http://korte-goldmining.infu.uni-dortmund.de/berldeclit.html>

de la actividad. El proceso inicia con la elaboración de los términos de referencia que deben ser aprobados para dar paso al estudio de impacto ambiental y la correspondiente evaluación de los impactos. La evaluación de impacto ambiental es un proceso, no es una actividad aislada que por sí sola, puede determinar impactos, derivados de una actividad.

Es el proceso en conjunto el que permite, cronológica y sistemáticamente, cumplir los objetivos de la evaluación, los que se integran para la consecución de una meta global de interés público, la autoridad enmarca su gestión, en la ejecución control y sanción, permitiendo la intervención de la comunidad en su derecho a la información, con el fin de garantizar el orden público y el bien común (Dávila y Andrade, 2005).

Si el proyecto interseca con el Sistema Nacional Áreas Protegidas, el Presidente podría actuar acorde al Art. 407 de la Constitución, mientras que si el proyecto interseca con el Patrimonio Forestal del Estado o bosques protectores, el proponente deberá solicitar a la Dirección Nacional Forestal del Ministerio de Ambiente, un certificado de viabilidad ambiental, calificado de acuerdo al informe de factibilidad del proyecto.

Una vez obtenida esta documentación se procede a la elaboración de los términos de referencia acorde al Acuerdo Ministerial 011, que plantea las normas técnicas para establecer las características y condiciones de los términos de referencia para cada tipo de minería, para la posterior elaboración de los estudios ambientales.

Después de la aprobación de los términos de referencia, se da paso a la elaboración del estudio ambiental, que debe contener los siguientes puntos: la focalización de los términos de referencia, la descripción del proyecto, la definición de áreas de influencia, la descripción de la línea base, la identificación y evaluación de impactos socio ambientales, el plan de manejo y el plan de monitoreo. Para la presentación de los estudios ambientales se debe incluir el informe del proceso de participación ciudadana; proceso que se realiza igual que lo descrito en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria y en el

Decreto 1040⁵³. La participación ciudadana da la visión social de como se relaciona el factor social frente a la conservación y como se pueden ser incluidos en los estudios.

En caso de aprobación de estudio de ambiental, se emitirá la licencia ambiental y se la registrará en el Ministerio del Ambiente. Los estudios pueden ser rechazados si no cumplen con los requerimientos técnicos por el tipo y fase de la actividad minera, si se incorpora información falsa o no comprobable y si el estudio no corresponde a los términos de referencia aprobados.

Se afirma que para el caso de modificación no sustancial del proyecto, se requerirá únicamente la actualización el plan de manejo ambiental; mientras que para el caso de modificación sustancial, se requerirá una actualización del estudio de impacto ambiental. Esta actualización deberá describir las razones fundamentadas para la actualización y la determinación y evaluación de impacto ambiental con sus respectivas medidas a tomarse.

Además se determina que los titulares mineros deben presentar al Ministerio del Ambiente un informe detallado del avance de cumplimiento del plan de manejo ambiental, una vez al año. Este debe contener el detalle de la medida a tomarse junto al indicador, el medio de verificación, el responsable, el porcentaje de cumplimiento que se ha tenido en ese año y el presupuesto. Dentro de este requerimiento, se puede ver que un año es un plazo muy largo para evaluar si se está cumpliendo el plan de manejo ya que para tomar las acciones, medidas, correcciones pertinentes y mantener una vigilancia y seguimiento más riguroso se debería hacer el informe con mayor periodicidad, mínimo cada seis meses.

En cuanto al monitoreo ambiental, en el Reglamento Ambiental Minero se disponen una serie de medidas para el control, seguimiento y monitoreo ambiental de las actividades mineras; entre estas, el automonitoreo. Este automonitoreo debe estar incluido en el plan de manejo ambiental tanto para las descargas líquidas, residuos sólidos,

⁵³ Decreto 1040: Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental. Registro oficial 332, 8 de mayo de 2008

emisiones a la atmósfera, rehabilitación de áreas afectadas, estabilidad de las piscinas o tanques de relaves, estabilidad de escombreras y remediación de suelos contaminados. La frecuencia de la toma de muestras debe estar determinada en el estudio de impacto y en el programa de monitoreo del plan de manejo ambiental y el análisis debe ser realizado en un laboratorio acreditado. Para esto el Ministerio del Ambiente puede aprobar o solicitar la inclusión de puntos de muestreo (ya sea modificándolos o aumentándolos).

Un inconveniente encontrado en este punto es con respecto a la periodicidad para presentar los análisis de las descargas líquidas; ya que en este reglamento se da la posibilidad de que la empresa sea la que determine cuando realizar los análisis. Deben existir directrices a seguir que en el reglamento debe ser más específica, como la realización de un monitoreo activo⁵⁴ para evitar posibles impactos negativos o inconvenientes en el monitoreo por un mal tratamiento o una mala disposición de residuos, problemas en la piscinas, tanques de relaves y/o ubicación de escombreras.

Se debe realizar una auditoría ambiental al primer año a partir de la emisión de la licencia ambiental; y, cada dos años hasta el cierre y/o abandono de la actividad. La auditoría ambiental tiene que incluir un plan de acción para levantar las no conformidades encontradas, un cronograma de actividades para la implementación de medidas y el presupuesto. Las medidas propuestas para casos de no conformidades mayores no deberán superar el plazo de cinco años y, la falta de corrección de no conformidades, serán motivos para que el Ministerio del Ambiente suspenda o revoque la licencia ambiental del proyecto.

El presentar una auditoría un año después de la emisión de la licencia resulta adecuado ya que de esta forma se puede verificar si se está cumpliendo el plan de manejo antes y realizar rectificaciones en caso de ser necesario. Sin embargo por la importancia en la vigilancia, seguimiento y control del agua, la realización de las auditorías de

⁵⁴ Monitoreo activo: Son medidas a tomar en cuenta en un programa de monitoreo que se elabora para analizar la composición de las aguas, este programa debe ser flexible y ajustarse a las necesidades y hallazgos.

cumplimiento cada dos años posteriormente a la finalización de la construcción resulta un período muy largo; peor aún el otorgar un plazo de hasta cinco años para levantar las no conformidades. Al esperar tanto tiempo para realizar el seguimiento al cumplimiento del plan de manejo y para el levantamiento de las no conformidades, se corre el riesgo de que la contaminación causada y el riesgo derivado del no cumplimiento causen efectos devastadores sobre el ambiente y sobre las poblaciones cercanas.

Según el Reglamento, los titulares mineros quedan exentos de responsabilidades respecto a daños ambientales generados con anterioridad al otorgamiento de la licencia, siempre y cuando se demuestre documentada y técnicamente que los daños no fueron causados por el titular. En caso de existir algún daño realizado por el titular, se procederá con la elaboración de un programa de remediación que contemple las medidas para mitigar los impactos negativos generados por las actividades mineras actuales o por las actividades mineras anteriores a la propuesta.

Es muy importante, como menciona este reglamento, la remoción y/o remediación de pasivos ambientales, las piscinas de relaves, escombreras, suelos contaminados así como la remediación de los cursos de agua superficial y subterránea en caso de accidentes. La remediación debe realizarse para cumplir con la normativa ambiental nacional o normas internacionalmente aceptadas (en caso de no disponer con normativa nacional para el caso) y se debe establecer el uso posterior de las áreas remediadas.

En el reglamento también se establecen disposiciones técnico ambientales en las que se debe aplicar el principio de precaución como se encuentra en la Constitución, así como el planteamiento de emplear tecnologías que minimicen la contaminación al agua. Al momento de realizar construcción de campamentos, caminos, helipuertos, etc., estos deben evitar las afectaciones al sistema de drenaje natural, al igual que queda prohibida la obstrucción de cursos de agua temporales o permanentes con el material que se remueva.

Los campamentos deben contar con un sistema de tratamiento de aguas negras y grises, así como un sistema de abastecimiento de agua potable.

Estos puntos son muy importantes para garantizar la no afectación a las fuentes de agua. En la misma ley se exige la recirculación del agua como una obligación, así como la no obstrucción de los drenajes para que los ciclos hidrológicos no se vean afectados y para permitir la perdurabilidad de las dinámicas ecológicas para que de esta manera no se vean afectados los ciclos naturales y el equilibrio del ecosistema. Es una obligación el contar con sistemas de tratamiento de aguas grises y negras mediante un tratamiento convencional o cualquier otro sistema, cumpliendo con los límites máximos permisibles.

La disposición de desechos debe realizarse en rellenos sanitarios, piscinas o escombreras que cuenten con un sistema de impermeabilización adecuado y canales para controlar la lixiviación y esta no llegue a fuentes de agua o se infiltre en el suelo, con el monitoreo y tratamiento de las descargas. Las escombreras no podrán ubicarse en lugares que favorezcan la erosión, deslizamientos, ni en lugares que obstaculicen o contaminen fuentes de agua superficial o subterránea. Se tiene que diseñar obras para el control de aguas de escorrentía para impedir la contaminación de fuentes de agua. Tomando en cuenta los desechos no biodegradables y peligrosos, el reglamento determina que los mismos deben ser transportados y recuperados en recipientes herméticos fuera del proyecto para su manejo, tratamiento y disposición final.

Se debe mantener una vigilancia exhaustiva de las escombreras para evitar el drenaje ácido, así como el control de las piscinas con un adecuado mantenimiento para evitar rupturas y desbordamientos. En todo proceso de tratamiento, la impermeabilización de las instalaciones es sumamente importante y necesaria. Hay que destacar la importancia que se le da en el reglamento a la clasificación de los residuos para su disposición final, ya

que se toman en cuenta todos los residuos que se pueden generar en cualquier parte del proyecto u obra.

En cuanto a los desechos, también se afirma que se debe contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales y se deberán realizar inspecciones periódicamente (una vez cada seis meses) en los tanques y recipientes de almacenamiento, piscinas y escombreras, para determinar que no exista drenaje ácido. Los efluentes al ser descargados deberán cumplir con los límites permitidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Anexo 1 del Libro VI. Las inspecciones en los tanques de tratamiento de aguas residuales deben realizarse periódicamente (cada seis meses). Sin embargo este es un período muy largo, ya que para asegurar que no existan inconvenientes y se pueda controlar cualquier posible impacto negativo, se deben realizar los controles con una mayor periodicidad, en este caso para verificación será adecuado mensualmente.

Al encontrarse valores de fondo mayores a los límites permitidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria en las áreas del proyecto, esto deberá ser notificado por el titular minero al Ministerio del Ambiente; presentando un estudio técnico estadístico de por lo menos seis meses para ser validado por el Instituto Nacional de Investigación Geológica, Minera, Metalúrgica. En caso de aprobada dicha situación, se establecerán valores excepcionales para el control del proyecto, por parte del Ministerio del Ambiente. Dichos valores tendrán como referente de gestión, control y sanción; aquellos valores provenientes a los estudios de línea base. Con respecto a los valores de fondo, se debe determinar por qué pueden producirse valores de fondo mayores y debe especificarse si es de origen antrópico o no. Si llegara a ser por origen antrópico se debería establecer una disposición exigiendo su tratamiento y que se cumplan los límites máximos permisibles.

Por otro lado, el Reglamento también establece disposiciones técnicas ambientales para distintas fases de las actividades mineras. En el caso de la exploración, la vegetación removida no podrá ser depositada en drenajes naturales; y, una vez terminado el estudio se reincorporará la capa vegetal, para evitar erosión. Una vez obtenida la información geológica, los pozos, trincheras y plataformas serán rehabilitadas tratando de mantener la estructura del sustrato original de tal manera que se garantice la revegetación; esto solo si estos lugares no son necesarios en las siguientes fases, como en la explotación. En las pruebas de producción solo se podrá utilizar plantas piloto que sean fáciles de transportar y los efluentes deben ser recolectados y ser tratados adecuadamente.

Para la fase de explotación, el área industrial debe estar dotada de un sistema de drenaje y recolección de aguas lluvias y de las descargas, para su posterior tratamiento. En cuanto a las escombreras, se tomarán mediciones de pH semanales para tener un registro de la generación de drenaje ácido de la roca y no se ubicarán en sitios que sean propensos a la erosión, donde haya deslizamiento de material, que obstaculice o contamine drenajes naturales, que afecten fuentes subterráneas de agua o favorezcan la lixiviación. Se implementarán las medidas necesarias para el manejo y control adecuado del potencial drenaje ácido de los escombros.

En el diseño de las áreas de explotación, el reglamento determina que se deberá tomar en cuenta las obras para el control de aguas de escorrentías para evitar que ingresen al área de explotación y depósitos de estériles. De igual manera, está prohibido descargar a cuerpos de agua o suelo, combustibles, aceites, grasas o cualquier producto químico que se utilice. La diferenciación de las disposiciones por fase minera es un aporte muy bueno ya que se enfoca en lo más importante de cada fase donde se podrían producir efectos negativos si no se los toma en consideración.

Para los placeres y lavaderos se deben implementar medidas que eviten la contaminación de los drenajes naturales así como evitar los sedimentos en que contaminen el agua. Además se determina que es fundamental tomar en cuenta los niveles de turbidez y metales pesados; tomándolos en cuenta en el plan de manejo ambiental con medidas específicas como sistemas de sedimentación, coagulación y floculación de ser el caso. Es fundamental el dar importancia a los distintos parámetros que se relacionan con la contaminación, lo cual puede brindar un panorama más amplio de los efectos negativos. El monitoreo de las descargas provenientes de los placeres y lavaderos es fundamental para diseñar un tratamiento para las mismas, ya sea este tradicional como lo mencionado o un tratamiento biológico; siempre y cuando este se acople a las características y cantidad de agua a tratar.

Para el caso de beneficio, procesamiento, refinación, transporte, cierre, localización y construcción de depósitos y piscinas de relaves; estas tienen que realizarse en lugares donde no existan fallas sísmicas ni corrientes subterráneas. Además, las piscinas y depósitos deben tener la capacidad para almacenar en su totalidad los relaves y que no se produzcan desbordamientos en drenajes naturales. Los mismos no podrán ubicarse en lugares favorables para la erosión y hundimientos ni en lugares con alta sensibilidad biofísica.

Esto podría ser una limitante, ya que muchos de los lugares donde se pretende hacer minería son lugares de alta actividad sísmica y eso pone en riesgo la actividad y por lo tanto la calidad del agua. Es un punto que debe estar muy bien justificado y ser bien evaluado; utilizando un análisis de riesgos más un plan de contingencias, así como un plano de construcción que cuente con todos los medios y estructuras que garanticen la prevención de accidentes en la zona y que así la calidad del agua no se vea afectada.

El diseño de estos depósitos o piscinas deben ser realizados técnicamente para que impidan el ingreso de otra fuentes de agua que no sean las del proceso, garantizando la capacidad y almacenamiento; así en su vida útil no se producirán rebosamientos, fracturas o infiltraciones. Además se deben impermeabilizar las piscinas o depósitos para evitar contaminación de acuíferos.

En el proceso de amalgamación, se debe evitar el uso de mercurio. Sin embargo en casos debidamente justificados, el mercurio utilizado deberá ser recuperado para su reutilización. El mismo debe ser almacenado en recipientes herméticamente sellados para evitar su fuga. Los efluentes serán recolectados y almacenados en reservorios impermeabilizados y no se podrá utilizar mercurio directamente en molinos y dragas. Tomando en cuenta la reforma a la Ley de Minería, este proceso debería reformarse en dos años y no contemplarse en el reglamento, debido a la prohibición de la utilización del mercurio.

En el proceso de flotación y lixiviación se utilizarán reactivos de pronta degradación y serán cuidadosamente almacenados y transportados para evitar derrames. La utilización de los reactivos debe ser regulada y controlada por el Ministerio de Ambiente, quien será el que deba determinar que reactivos serán los que se deban utilizar y cuáles se encuentran prohibidos; así como comprobar si esos reactivos son biodegradables y sus tasas de biodegradabilidad. En caso de lixiviación en pilas, se la realizará en lugares impermeabilizados que cuenten con un sistema de recolección de fluidos. Los efluentes y materiales estériles de este proceso, serán tratados para lograr la reutilización de las sustancias tóxicas, y posteriormente depositados en relaves construidos para este fin. Cada método debe tener la justificación correspondiente y un diseño para ser evaluado rigurosamente por el Ministerio del Ambiente.

El reglamento en sí, exige que el Estado como regulador, mantenga un buen programa de control y monitoreo así como la verificación de una correcta aplicación de los instrumentos de gestión ya mencionados. Es así que se debe mantener el compromiso de las autoridades de control para la realización de inspecciones periódicas y de esta forma mantener una evaluación del desempeño ambiental de la actividad minera. De la misma forma se necesita la participación activa de la ciudadanía en forma de veedurías para asegurar la aplicación de las medidas y actividades planteadas en el estudio de impacto ambiental y en el plan de manejo aprobados.

2.2.4 Norma técnica para la realización de los términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto

Esta norma determina los contenidos, características y condiciones mínimas de los términos de referencia para la elaboración de los estudios ambientales de todas las actividades y fases mineras. Existen términos de referencia para las siguientes actividades y fases:

- Elaboración de estudio de impacto ambiental para la explotación de materiales de construcción en macizo rocoso.
- Elaboración de estudio de impacto ambiental para la explotación a cielo abierto de minerales metálicos en depósitos aluviales o coluviales.
- Elaboración de estudio de impacto ambiental para la explotación a cielo abierto de depósitos de minerales metálicos
- Elaboración de estudio de impacto ambiental para la explotación de depósitos minerales no metálicos y procesamiento
- Elaboración de estudio de impacto ambiental para la exploración inicial de minerales metálicos y no metálicos.

- Elaboración de estudio de impacto ambiental para la exploración avanzada de minerales metálicos y no metálicos.
- Elaboración de auditorías ambientales de proyectos mineros.
- Elaboración de estudio de impacto ambiental para la explotación subterránea de depósitos de minerales metálicos.
- Elaboración de estudios ambientales para las plantas de beneficio, fundición y refinación.

A pesar de que existe el acuerdo en el cual se determinan ya los requerimientos mínimos para la elaboración de los estudios ambientales, con la reforma a la Ley de Minería, muchos de estos requerimientos y de los modelos planteados serían inaplicables. Debido a la reforma de la Ley de Minería es necesaria una reforma también al Acuerdo Ministerial 011, describiendo los requerimientos mínimos para las nuevas categorías de estudios ambientales planteados para las distintas fases y tipos de minería.

Sin embargo, para todos los términos de referencia los requerimientos mínimos solicitados son similares. Por ejemplo, con respecto a la selección de alternativas, delimitación del área de influencia y, la identificación y valoración de impacto; se plantea que se debe establecer claramente las metodologías y la descripción correspondiente para cada ítem. Solo difieren en la descripción del proyecto, descripción de la línea base y en el plan de manejo; por los diversos tipos de minería existentes además de los distintos insumos y productos que se generan. Esta situación es beneficiosa debido a que están enfocando la regulación a la actividad y proyecto minero específico. Esto permitirá una mayor objetividad en cuanto a la gestión ambiental.

Por otro lado, se puede notar que en el acuerdo se han establecido ciertos requerimientos en cuanto a los estudios que se deben realizar (por ejemplo en cuanto a la metodología de evaluación de impactos); sin embargo, se da apertura a que esta

metodología pueda ser distinta en dependencia del criterio técnico o de los recursos disponibles. Esto podría convertirse en una desventaja, ya que se podría estar esquivando el hacer los análisis más específicos con la falsa justificación de que no existen los medios ni los recursos para los mismos.

De la misma forma, en cuanto a los parámetros de calidad de las descargas, no se establece un marco referencial claro para ser tomado en cuenta al momento de determinar los parámetros de monitoreo. Esta inconsistencia podría generar confusiones y por lo tanto hacer que no se monitoreen todos los parámetros necesarios en la minería.

En el caso del monitoreo de agua para exploración inicial y avanzada ya no se tomarían estos requerimientos por la reforma a la Ley de Minería, debido a que para estas fases no son necesarios los estudios ambientales y no se ha definido cómo se deberá elaborar la ficha ambiental y la declaratoria ambiental.

En los estudios ambientales para explotación de materiales de construcción en macizo rocoso, el monitoreo consiste en monitoreo de flora y fauna trimestralmente o máximo anual y para las descargas se monitoreara parámetros físico químico y microbiológicos.

En los estudios ambientales para explotación a cielo abierto de minerales metálicos en depósitos aluviales y coluviales se monitoreara mensualmente (Hg) mercurio, (Al) aluminio, (Ba) bario, (B) boro, (Cd) cadmio, (CN) cianuro total, (Cu) cobre, sulfatos, sulfitos, sulfuros, (Pb) plomo, (Cr) cromo, (S) azufre, (Fe) hierro, (Zn) zinc. No se menciona el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, tampoco se menciona el monitoreo de flora, fauna, parámetros físico químicos y microbiológicos.

Para la explotación a cielo abierto de depósitos de minerales metálicos el monitoreo de las descargas será mensual y se tomarán parámetros físico químicos, microbiológicos, (Hg) mercurio, (Al) aluminio), (Ba) bario, (B) boro, cadmio (Cd), cianuro total (CN), (Cu)

cobre, sulfatos, sulfitos, sulfuros, (Pb) plomo, (Cr) cromo, (S) azufre, (Fe) hierro, (Zn) zinc. No se menciona el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental, el monitoreo de la flora y fauna.

Para explotación subterránea de depósitos de minerales metálicos se monitoreara las descargas mensualmente (Hg) mercurio, (Al) aluminio, (Ba) bario, (B) boro, (Cd) cadmio, (CN) cianuro total, (Cu) cobre, sulfatos, sulfitos, sulfuros, (Pb) plomo, (Cr) cromo, (S) azufre, (Fe) hierro, (Zn) zinc. No se menciona el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, el monitoreo de la flora y fauna, así como parámetros físico químicos y microbiológicos.

Para el caso de la explotación de depósitos minerales no metálicos y procesamiento se monitorean las descargas mensualmente parámetros físico químicos y microbiológicos. No se menciona el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, así como el monitoreo de flora y fauna.

Para plantas de beneficio, fundición y refinación se monitoreará flora y fauna trimestralmente y se definirán los parámetros, la frecuencia y métodos. El monitoreo se lo debe realizar máximo cada año. No se menciona el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Lo descrito en el Acuerdo 011 en cuanto a los parámetros a monitorearse, genera confusión, ya que no se aclara que se deben cumplir los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente, situación descrita en la Ley de Minería. Esto podría generar la omisión de lo que estipula el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria y por lo tanto una mala gestión ambiental.

Se detallan también un listado de procesos que se pueden utilizar para las plantas de beneficio, fundición y refinación este es buen aporte para que de ese listado los titulares escojan cual realizar. Algo importante que hay que recalcar del Acuerdo 011 es que se

recomienda predecir la cantidad y composición de los residuos para de esta manera estimar el tratamiento y sus procesos.

En el caso de la realización de las auditorías ambientales, la elaboración de los términos de referencia son distintos; ya que el documento consta principalmente en la verificación del cumplimiento del plan de manejo, así como de la normativa ambiental. Es por esto que los requerimientos presentados son más simples que los que se requieren para la elaboración de un estudio de impacto ambiental.

En cuanto a la calidad del agua específicamente, dentro de Acuerdo Ministerial 011, se determinan los requerimientos a tomar en cuenta. Por un lado, con respecto a la descripción de las actividades de explotación y las otras fases se deben detallar las actividades específicas; determinando los sistemas de tratamiento de aguas servidas, tratamiento de lodos de perforación, los canales de recolección, canales de drenaje de agua lluvias y la descripción del manejo y tratamiento de desechos.

Hay tipos de minería que requieren controles más exhaustivos que otros, sin embargo en todos debe haber una gestión de la calidad del agua. Lo que hay que destacar es que dentro de los requerimientos para la línea base, en el componente biótico, se debe realizar el análisis de macroinvertebrados acuáticos; los mismos que han sido comprobados como muy buen indicativo para determinar la calidad del agua. Estos deben ser considerados como elemento de evaluación y monitoreo más no solo como una evaluación inicial del lugar.

Por otro lado, también se debe realizar una descripción del área de influencia de cómo se vería afectada la calidad del agua por la actividad; tomando en cuenta el área de influencia directa e indirecta. Además, dentro de la línea base se debe realizar una descripción de los criterios y métodos utilizados para determinar la calidad del agua; donde se deben utilizar los estándares de calidad de agua de la normativa, con la evaluación de

características físico químicas, microbiológicas, y una identificación y descripción detallada de los cuerpos de agua que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto.

Se debe hacer un plan de manejo y monitoreo para las aguas subterráneas, en el cual se determine su profundidad y uso principal; así como la presentación de mapas o estudios para caracterizar cada cuenca y subcuenca. Se deben determinar los patrones de drenaje de los cuerpos de agua superficial y agua subterránea, los mapas hidrogeológicos, los mapas hidrológicos, estudios hidrodinámicos, aforos de caudales y el cálculo de períodos de retorno.

Todos estos requerimientos son muy importantes para conocer el funcionamiento de las cuencas y subcuencas, así como los ciclos hidrológicos y de esta manera tener una aproximación más real de los posibles impactos negativos así como los riesgos que se pueden presentar para poder mitigarlos o evitarlos.

Un acuerdo como este, es un avance muy grande para tener una guía básica de los requerimientos mínimos de los términos de referencia y por lo tanto de los estudios ambientales; sin embargo va a depender de los técnicos responsables por parte de la entidad de regulación, la aplicación de estudios complementarios para sustentar la evaluación, así como para asegurar que los impactos negativos que se puedan producir sean los menores posibles.

De esta forma, como se menciona en la Constitución, los ecosistemas frágiles tendrían un trato especial como para el caso de la Amazonía. Sin embargo, esto no se observa plasmado en la normativa, en donde se deberían especificar estas medidas y no quedar como algo generalizado en la Constitución. De la misma forma, en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente, Art. 117, se afirma que en cuanto a normas técnicas especiales; el Ministerio de Ambiente expedirá,

normas técnicas ambientales de calidad para agua, aire y suelo, en áreas naturales protegidas o no, que por su fragilidad y exposición a contaminantes de cualquier tipo, requieran protección especial, de considerarlo necesario.

2.3 IDENTIFICACIÓN DE DEBILIDADES DENTRO DE LA NORMATIVA PARA LA GESTIÓN DEL AGUA: NECESIDAD DE UNA REEVALUACIÓN

De la revisión de la normativa vigente, se pueden determinar las debilidades a las que hay que dar mayor importancia con respecto a la gestión de la calidad del agua. Uno de los puntos más representativos es la falta de acciones directas de control, mediante monitoreo periódico por parte de los titulares mineros. Este monitoreo se lo debería realizar para determinar si se está previniendo y mitigando los impactos ambientales derivados de la actividad y tomar acciones inmediatas para prevenir afectaciones mayores en la calidad del agua. Esta periodicidad del monitoreo debe ser evaluada caso por caso y ser muy flexible para adaptarse a los posibles cambios, para de esta forma prevenir impactos negativos mayores y tener mayor capacidad de respuesta frente a un evento perjudicial.

Además, lo que no se pudo observar es que a pesar de que las actividades mineras se realicen en un área con algún grado de protección, los requerimientos son los mismos que para un área que no se encuentra bajo ningún grado de protección. Situación sumamente contradictoria, para la que se debería tomar en cuenta que ciertas áreas son ecosistemas frágiles y requieren mayor atención para su conservación y, por lo tanto, los requerimientos deberían ser más estrictos y minuciosos; utilizando límites máximos permisibles que aseguren la preservación de los ecosistemas frágiles y amenazados.

En este sentido, otra debilidad identificada se presenta en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, en el cual nos presenta en el Anexo 1 del Libro VI las normas generales para descarga de efluentes tanto al alcantarillado como a los cuerpos de

agua. Estas normas deben ser tomadas en cuenta por todas las actividades que descarguen efluentes. Sin embargo, tomando en cuenta la actividad minera, los parámetros de las descargas generadas son muy distintos a los otros tipos de industrias. No es lo mismo las descargas de la minería metálica, donde hay metales pesados y compuestos químicos; con las descargas de una industria de alimentos, donde hay más materia orgánica presente.

Este es un problema, ya que la actividad minera en el país, se está produciendo generalmente en las afueras de las ciudades o en ecosistemas frágiles y amenazados; y, los límites máximos permisibles para efluentes no son tan estrictos. La contaminación del agua por la minería artesanal y de pequeña escala, fue dada a conocer en el estudio realizado por PRODEMİNCA, que monitoreó el agua en varias áreas mineras del sur del país en los ríos Gala, Chico, Tenguel y Siete y se encontró intensa contaminación por mercurio, cianuro y arsénico. Además, en los sedimentos de estos ríos se encontró mercurio, arsénico, cobre, cadmio y plomo. La contaminación de estos ríos está directamente relacionada con la explotación minera en la provincia del Azuay, comprometiendo severamente la disponibilidad del agua (Solís y Arroyo, 2008).

De la misma forma, el día 13 de agosto del 2013 en el cantón Ponce Enríquez en el Azuay, donde se encuentra la concesión minera Barranco Colorado, se produjo una ruptura del talud de las piscinas de flotación; causando que los relaves vayan a parar directamente al Río Chico, afluente del Río Gala⁵⁵. Formaron parte de la inspección el Ministerio del Ambiente, el Programa de Reparación Ambiental y Social, la Secretaría Nacional del Agua y la Agencia de Regulación y Control Minero; donde como datos iniciales se calcularon alrededor de 20 000 m³ de relaves, derramados en el río⁵⁶.

⁵⁵ Tomado de <http://www.ambiente.gob.ec/mae-actuo-en-incidente-en-planta-de-beneficio-del-area-minera-barranco-colorado-de-forma-inmediata/>

⁵⁶ Tomado de <http://www.noalamina.org/mineria-latinoamerica/mineria-ecuador/sigue-suspendida-concesion-minera-que-produjo-derrame-de-toxicos>

Es por esto que los límites permisibles para los efluentes de la actividad minera deberían ser revisados y deberían al menos cumplir con requisitos del uso de agua para preservación de flora y fauna. De esta forma las descargas de la actividad, las cuales van generalmente a ecosistemas frágiles o a áreas con poca densidad poblacional, evitarán problemas ambientales derivados de la contaminación.

Aun así, si las descargas de la actividad fueran al alcantarillado, los límites deberían ser los mismos que los de preservación de flora y fauna. Esto porque el agua que es descargada al alcantarillado, en un momento u otro van a terminar siendo descargadas a un río; ya que a pesar de que “el alcantarillado alcanzado una cobertura de a nivel país de 66%, apenas el 5% es tratada” (Weemaels, 2010). De esta forma, al ser los parámetros de preservación de flora y fauna los más estrictos, se podrá dar cualquier uso posterior al agua sin tener que dar un tratamiento previo⁵⁷.

Es difícil pensar que se cumplen los límites propuestos para descargas, pero el ecosistema se verá afectado ya que no se llega a cumplir con los requisitos mínimos para la preservación de flora y fauna, peor aún para el consumo humano. Se menciona esto ya que hay muchas familias que consumen el agua directamente de las fuentes ya que no poseen agua potable. Según el ex Secretario Nacional de Agua, Jorge Jurado:

Más del 65% de los ríos que se encuentran ubicados por debajo de los 2 000 msnm están contaminados y no son aptos para el consumo humano. El Ecuador cuenta con grandes cantidades de agua, pero la contaminación pone en riesgo su disponibilidad, de esta manera se estaría llegando a una escasez artificial por la falta de agua de buena calidad (Weemaels, 2010).

El mismo problema existe para el caso de aguas subterráneas, donde se tiene una sola tabla con parámetros de control para aguas subterráneas y la cual presenta un solo tipo de suelo para clasificar y monitorear dichas aguas, que no aplica en todos los lugares debido a que el suelo no es el mismo y su composición varía. Este es un problema, ya que no se pueden

⁵⁷ Esto tomando en cuenta una situación ideal, en donde todas las actividades que descargan a los cuerpos de agua, sean reguladas y cumplan con los límites más estrictos.

analizar las aguas subterráneas porque no hay una referencia de los límites máximos permisibles. La situación es tan grave, que el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología tiene identificados 3 590 pozos, de los cuales 26% cuentan con información técnica y estudios de cantidad y calidad del agua (Weemaels, 2010).

De igual manera no existen estudios de los impactos provocados a las aguas subterráneas provenientes de la minería y de otras actividades. Cuando las aguas subterráneas se contaminan, es más difícil su auto depuración debido a que este tipo de agua se moviliza con mucha lentitud y menor cantidad de bacterias que puedan degradar los contaminantes (Weemaels, 2010).

La identificación de los componentes contaminantes por tipo de minería en las aguas superficiales como en las aguas subterráneas es una actividad que se debe hacer con mucho cuidado, ya que va a depender mucho de las tecnologías y de los procesos utilizados para la extracción del mineral. Es así, que no se podría plantear una tabla de límites máximos permisibles única, en la cual se determinen los límites para todas las actividades y con los mismos parámetros. Se deberían generar tablas, en las cuales se detallan que parámetros se deberían monitorear para los distintos tipos de actividades y dentro de la minería, para los distintos tipos de minería.

Es de vital importancia generar esas tablas mediante estudios pertinentes en química, bioquímica, toxicología y eco toxicología; para que de esta forma se pueda determinar mediante un equipo multidisciplinario, qué es lo más conveniente para la zona, región y actividad minera a realizarse.

Es importante mencionar que falta un mayor sustento de la gestión ambiental de la calidad del agua, mediante la utilización de índices biológicos o de calidad del agua, que dan una visión distinta de la condición del agua; y, de esta forma no solo se pondría énfasis en el monitoreo físico químico. Una posibilidad son los índices biológicos, para conocer

cómo va evolucionando la composición del agua y si estas presentan un problema por la modificación en su composición biótica; situación que sirve para la prevención de efectos adversos al ambiente.

La necesidad de conocer cuánto se está perdiendo por la actividad minera es muy importante, por esto una herramienta para disminuir esta incertidumbre, es la valoración económica de los servicios ambientales. Esto hará que lo planteado por la Constitución en cuanto al buen vivir se cumpla, así como los derechos de la naturaleza, buscando una gestión correcta y equitativa del agua. El agua, siendo un derecho fundamental, debe tener prioridad frente a la sobreexplotación y sobre todo si esta actividad, a pesar de traer réditos económicos importantes para el país, ponga en riesgo la supervivencia de los ecosistemas, la vida de las personas y las futuras generaciones. Esto nos servirá para la identificación y evaluación de impactos

Otro problema detectado para la identificación de posibles impactos, es que no se toman en cuenta escenarios posibles, como los que nos pueden proveer los modelamientos matemáticos frente a posibles eventos de contaminación, para así tener un mejor plan de contingencias y evaluar de mejor manera los riesgos presentes. De esta manera se puede estimar y elegir el método para el tratamiento de efluentes y desechos más adecuado según el tipo de minería y según la cantidad de dichos efluentes.

La falta de regulación del uso del cianuro en los ciertos tipos de minería es un problema también encontrado. Esto porque el cianuro es altamente tóxico y sus compuestos pueden resultar más peligrosos, principalmente por la persistencia en el tiempo y por la falta de conocimiento de sus efectos sobre los organismos vivos.

Dentro de la normativa tampoco se presenta un método adecuado para la determinación del caudal ambiental ya que es un tema complejo; donde no es solamente necesario el cálculo del caudal para el uso personal, sino también para el correcto

funcionamiento del ecosistema. Existe una gran variedad de métodos para escoger, sin embargo en el país se ha venido utilizando el más simple, el cual no requiere de una evaluación del caudal necesario para el desarrollo normal del ecosistema y todos sus componentes si no solo se determina un porcentaje específico.

CAPÍTULO 3: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA NORMATIVA ESPECIAL PARA EL MONITOREO Y CALIDAD DEL AGUA EN LOS PROYECTOS MINEROS EN ECOSISTEMAS FRÁGILES Y AMENAZADOS.

“.....nos hemos enterado de que la naturaleza se cansa, como nosotros, sus hijos; y hemos sabido que, como nosotros, puede morir asesinada. Ya no se habla de someter a la naturaleza: ahora, hasta sus verdugos dicen que hay que protegerla. Pero en uno u otro caso, naturaleza sometida o naturaleza protegida, ella está fuera de nosotros.”
Eduardo Galeano

El presente capítulo dará a conocer la propuesta de los requerimientos técnicos para la normativa ambiental, los cuales contribuirán para el aseguramiento del monitoreo y la calidad del agua en los proyectos mineros en ecosistemas frágiles y amenazados. La presente propuesta se basará en los puntos claves y debilidades planteadas en la revisión de la normativa realizada en el capítulo anterior.

Todos estos puntos son englobados por la necesidad del establecimiento de un enfoque ecosistémico para el monitoreo y la calidad del agua en proyectos mineros que se realicen en ecosistemas frágiles y amenazados:

Existe muy poca conciencia, cuando [se evalúa el Estudio de Impacto Ambiental de un] proyecto, del valor de la biodiversidad y del probable impacto que su proyecto tendrá sobre ella. Si bien en los Estudios de Impacto Ambiental se hacen diagnósticos o caracterizaciones de la flora y fauna del lugar donde se desarrollará el proyecto, el énfasis de las normas ambientales está en el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión y no necesariamente en el seguimiento del impacto que la actividad productiva genera en la compleja trama que sustenta la diversidad biológica del lugar (Astorga *et al.*, 2007).

La situación descrita, tiene mucha relación con el poco conocimiento existente sobre los componentes de la biodiversidad y con la serie de organismos desconocidos para el hombre que son muchas veces imperceptibles a los sentidos, situación claramente reflejada en la legislación ambiental de los distintos países (Astorga *et al.*, 2007). Es por esto que los planes de manejo ambiental se centran en plantear actividades y medidas para no exceder

los límites máximos permisibles establecidos para agua, aire y suelo; independientemente de cuales sean las características o particularidades del ecosistema (Zegarra y Frías, 2003).

3.1 MONITOREO ACTIVO

Para tomar en cuenta el enfoque ecosistémico, se plantea como primer punto la implementación del monitoreo activo. Se denomina monitoreo activo, a aquel que provee una mayor flexibilidad en el monitoreo para ajustarse a una base de análisis específica en la que debe haber un tiempo corto entre la toma de la muestra y la evaluación de los resultados por los responsables de la calidad del agua del lugar muestreado (Lee y Jones, 1983a).

Los datos no pueden ser utilizados sin un análisis crítico de los impactos de los contaminantes. El tiempo entre la toma de muestras y la revisión de los datos no debe ser mayor a dos semanas, para que de esta manera los responsables tengan la opción de tomar nuevas muestras adicionales en el mismo lugar para comprobar los resultados. Las frecuencias se determinarán en cuanto a las circunstancias y hallazgos. Se sugiere una inversión significativa destinada al monitoreo para la evaluación de la concentración de los contaminantes (Lee y Jones, 1983a).

Si hay altas concentraciones de contaminantes se deben realizar más muestreos, o en todo caso muestreos excepcionales para determinar la concentración, duración, distancias y relaciones. Con esto se puede conocer más sobre la magnitud de los efectos adversos. Este tipo de monitoreo es más efectivo que el realizado actualmente, ya que se acopla a las necesidades y los cambios que puedan producir sea por clima, por cambios en los procesos productivos, por descomposición de los contaminantes o por bioacumulación en las especies de flora y fauna.

El solo monitorear por ejemplo, cada seis meses, resultaría sumamente riesgoso ya que se podría estar permitiendo la acumulación de concentraciones no aceptables y perjudiciales en los cauces naturales. De esta forma, el evaluar los resultados para incluir otros compuestos o dejar de monitorear otros, depende de un constante análisis mediante el cual el tiempo entre muestreos sea corto.

De la misma forma se deben realizar pruebas de toxicidad, ya que los análisis químicos no proveen datos de toxicidad. Las pruebas de toxicidad, si son realizadas correctamente, pueden dar una gran cantidad de información y de gran utilidad. Con las pruebas de toxicidad en organismos acuáticos se puede conocer la sinergia y antagonismo de los efectos de los contaminantes (Lee y Jones, 1983a).

Algo importante es que las pruebas de toxicidad dan una comprobación de la adecuada realización de análisis físico químicos. Es por esto que dichas pruebas pueden indicar componentes que no se han analizado y que pueden resultar tóxicos. Debido a que las pruebas de toxicidad son de corto plazo, permiten obtener información muy valiosa en cuanto a toxicidad crónica en macroinvertebrados. Es así que las pruebas de toxicidad resultarán, en la mayoría de los casos, menos costosas y más confiables que los análisis físico químicos (Lee y Jones, 1983a).

3.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL

Por otro lado, también se propone para el monitoreo de la calidad del agua, la determinación de los caudales ecológicos, mejor conocidos como caudales ambientales. La determinación de los caudales ambientales nace como un reconocimiento de la alteración hidrológica creciente de los ríos en una escala global y la degradación del medio ambiente resultante (Tharme, 2003 en Arthington *et al.*, s/f).

La determinación del caudal ambiental se ocupa de “cuánto y qué características temporales específicas del régimen de flujo original de un río debe seguir fluyendo hacia abajo y en sus llanuras de inundación con el fin de mantener las características específicas y mantener el ecosistema ribereño” (Arthington *et al.*, 1992; Tharme y King, 1998; Tharme y De Villiers, 2002 en Arthington *et al.*, s/f). Es decir, da a conocer la relación existente entre el flujo de los ríos y la ecología de la biota acuática y ribereña, así como de los patrones de migración de las especies migratorias; situación esencial para la determinación de los flujos que mantienen las condiciones necesarias para su supervivencia (Herzog *et al.*, 2011).

Es importante aclarar que cada tipo de agua superficial tiene un régimen de flujo individual con características especiales; ya sea en cuanto al flujo, cantidad, patrón estacional de los flujos, características de los eventos extremos (inundaciones o sequías) y otros aspectos de la variabilidad de flujo (Richter *et al.*, 1996; Poff *et al.*, 1997; Olden y Poff, 2002 en Arthington *et al.*, s/f). Más aún cuando se trata de ríos andinos tropicales, que pueden ser muy diversos y que van desde corrientes de movimiento lento, de movimiento rápido, torrentes de montaña en áreas de alto relieve e inclusive sistemas ecuatoriales no estacionales de los ríos, con marcadas estaciones húmedas y secas (Herzog *et al.*, 2011).

Cada una de estas características hidrológicas; y, esta heterogeneidad espacial y temporal natural en el flujo, ha ayudado a dar forma a las comunidades biológicas y a los procesos ecológicos y evolutivos; causando así una regulación individual, así como en la estructura biofísica y funcionamiento de estos ecosistemas (Arthington *et al.*, s/f; Herzog *et al.*, 2011).

La ecología general de los ríos andinos ha sido poco estudiada y mucho menos se sabe acerca de las consecuencias concretas de las alteraciones del flujo de agua dulce a la

biodiversidad andina (Allan *et al.*, 2006 en Herzog *et al.*, 2011). Tanto es así que los cambios en la estacionalidad y la magnitud de los eventos de alto y bajo flujo, causadas por alteraciones del río podrían tener profundos efectos sobre la distribución y abundancia de macroinvertebrados; lo cual a su vez, causaría muchos efectos sobre las demás especies de mayor tamaño que se alimentan de estos (Herzog *et al.*, 2011).

Al atrapar los sedimentos y alterar los flujos, se podrían dar lugar a cambios en la geomorfología de la cuenca aguas abajo, afectando los hábitats acuáticos y ribereños; impidiendo además el movimiento de las muchas especies de peces que migran a lo largo de las montañas y las tierras bajas corredores fluviales (McClain y Naiman, 2008 en Herzog *et al.*, 2011).

El estudio y determinación del caudal ambiental es muy importante, más aún cuando se trata de ecosistemas frágiles, ya que las fuentes de agua y la calidad de las mismas se ven amenazadas debido a la contaminación y al mal manejo. Es importante que no solo se determine el caudal por los usos que este prevé a las personas pero también por las necesidades de los ecosistemas,

Esto debido a que los ríos son parte y cumplen un papel fundamental en el mantenimiento de un ecosistema, por lo que no se debe tomar en cuenta al caudal como un servicio a ser utilizado únicamente por la sociedad sino que debe ser visto desde una perspectiva ecosistémica. Es decir, que el mantenimiento de un caudal ambiental se debe dar para la preservación de los ciclos biogeoquímicos; conservación de especies de flora y fauna; y, equilibrio de los ecosistemas frágiles y amenazados. No solamente para la permanencia en el tiempo de una actividad económica, en este caso como la actividad minera.

Es por esto que, un programa de caudales ambientales deberá lograr un equilibrio entre la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades ecológicas de agua y

demás necesidades de utilización de la misma, como sería el uso de la misma para la actividades productivas o industriales como es el caso de la minería (Arias, 2012).

Un caudal que es disminuido a un flujo mínimo se utiliza como una medida del nivel de protección. Por ejemplo, Tennant considera que el 10% del caudal medio proporciona una protección mínima y que el 30% del caudal corresponde a una protección satisfactoria (Tennant, 1976 en Jowett, 1997). Para determinar esto, Tennant encontró que el ancho de la corriente, la velocidad del agua y la profundidad aumentaron considerablemente desde un caudal de 0 a 10% y que dichos parámetros no aumentaron mucho en caudales mayores al 10%. Es así que en menos del 10% de la media del caudal, se considera que la velocidad del agua y la profundidad fueron degradados y proporcionaría una supervivencia “a corto plazo” de la vida acuática; para lo cual se consideraría que el 30% del caudal medio proporcionaría un ancho, profundidad y velocidad de un caudal base (Arthington *et al.*, s/f; Jowett, 1997).

Posterior al método de Tennant, que maneja los datos históricos, surgieron otros métodos y herramientas distintas para definir los caudales ambientales. Entre estas está la medición hidráulica del perímetro húmedo, la cual mide los cambios de variables hidráulicas como, por ejemplo, el perímetro húmedo de un río para determinar distintos factores de biotas y hábitats (Arthington *et al.*, s/f; Jowett, 1997).

También está el método de simulación de hábitat. En este método se determinan los caudales ambientales en función de la calidad y cantidad de hábitat físico para especies claves que se encuentran bajo distintos tipos de caudales. En este método se establece claramente la relación caudal – especie para cada una de las especies estudiadas. Sin embargo, es un método que no toma en cuenta a las demás especies existentes y no estudia al ecosistema de forma integral. Los productos resultantes se presentan en forma de curvas

de hábitat para la biota específica y estos se utilizan para derivar los caudales ambientales óptimos (Arthington *et al.*, s/f; Jowett, 1997).

El último método y el que se considera más completo, es el denominado caudal ambiental holístico. En dicho método se identifican los caudales más importantes de todos los componentes del río y se hacen las relaciones entre caudal y respuestas ecológicas, geomorfológicas y sociales (Jowett, 1997).

Se trabaja con un equipo interdisciplinario para determinar y recomendar los caudales ambientales. Esta herramienta genera un enfoque del ecosistema integral y genera, a su vez, distintos escenarios en dependencia de las respuestas biológicas y sociales (Jowett, 1997). Es importante destacar que el método holístico tiene por objeto atender las necesidades de agua de todo el ecosistema de río en lugar de las necesidades de unas pocas especies que, generalmente, son peces o invertebrados como en los anteriores métodos (Arthington *et al.*, 1992 en Arthington *et al.*, s/f).

“El método holístico tiene el objetivo de mantener o restaurar los componentes biofísicos relacionados con el flujo y los procesos ecológicos de los sistemas de aguas subterráneas, llanuras de inundación y agua de los ríos y las aguas receptoras” Arthington *et al.*, s/f). Es así que dentro de este método existen dos metodologías específicas, las cuales dependen desde donde se comienza la medición. Por un lado está la metodología *bottom-up* que es aquella diseñada para construir un régimen de flujo o caudal ambiental desde cero; y, por otro lado está la metodología *top-down* con la cual se determina cuánto se puede modificar de un caudal antes de que el ecosistema comience a verse afectado o se vuelva seriamente degradado (Arthington *et al.*, 1998 en Arthington *et al.*, s/f).

La determinación de un caudal ambiental debe de ser tomada en cuenta como un tema primordial, teniendo en cuenta cuál es la metodología a utilizar y esto en dependencia de las características de cada río o cuenca. Sin embargo se considera importante la

necesidad de que el caudal ambiental sea determinado por el método holístico o integral, de forma que se tome en cuenta el ecosistema en su conjunto.

Es indispensable que los estudios ambientales contengan una evaluación del caudal ambiental específica de cada lugar, en la que se determinen los posibles impactos de una actividad como la minera. Se debe determinar claramente cómo la reducción del caudal, afectará a la dinámica y al equilibrio del ecosistema así como determinar los efectos en los servicios ambientales.

En el caso de los ecosistemas frágiles y amenazados, el caudal ambiental debe considerarse como una prioridad frente a una actividad extractiva como la minería, actividad que utiliza grandes cantidades de agua para sus procesos. La determinación del caudal ambiental, mediante el método holístico, debería plantearse como un requisito del estudio de impacto ambiental. Sin embargo esto quiere decir que tienen que estar contemplados en los términos de referencia.

En el estudio de impacto ambiental, la determinación del caudal ambiental se debe realizar en dos fases: en la línea base o diagnóstico ambiental y en el plan de manejo ambiental del proyecto. Esto debido a que se necesita calcular el uso del recurso contemplando el caudal inicial y posteriormente el monitoreo del incremento o disminución del mismo; lo cual permitirá modificar el uso del recurso para cumplir con la conservación de las fuentes de agua.

El aumento de las amenazas a estos ecosistemas, la interacción con la presión derivada de la pesca, alteración e influencia del cambio climático, entre otros; dan a ver la urgencia de establecer programas de mantenimiento del caudal ambiental a largo plazo para conocer el estado de los ríos y cuencas y que de esta manera se tomen mejores decisiones.

3.3 APLICACIÓN DE ÍNDICES PARA LA PREVENCIÓN, CONTROL Y MONITOREO DEL AGUA

También resulta indispensable abordar varios índices que se han venido utilizando para la gestión ambiental y por lo tanto para la prevención y monitoreo de la calidad del agua. Estos van desde índices generales de la calidad del agua hasta la especificidad de los índices biológicos para el monitoreo.

Es importante recalcar, que los ríos son sistemas dinámicos que cambian constantemente en el transcurso de su cauce y en dependencia de las condiciones físicas como la pendiente y la geología del lecho de la roca. Los ríos son un flujo horizontal, unidireccional y continuo, de material particulado y disuelto; el cual se mueve aguas abajo y es sujeto de transformaciones químicas y biológicas profundas (Eko y Febrina, 2011).

Es así, que una vez que los Índices de Calidad del Agua se dieron a conocer por Brown (1970), se han convertido en una herramienta efectiva para monitorear la calidad del agua, además de identificar condiciones ambientales específicas y ayudar a los gobiernos en la toma de decisiones y efectividad de la regulación.

3.3.1 Índice de Calidad del Agua

La calidad del agua es uno de los factores más importantes cuando se evalúa el desarrollo sustentable de una región; sin embargo, medir la calidad del agua no es sencillo. El concepto de calidad del agua es complejo debido a que tiene muchos factores que influyen en la misma (Córdoba, 2010 en Eko y Febrina, 2011).

Para solucionar este problema se creó el Índice de Calidad del Agua⁵⁸ (ICA). El Índice de Calidad del Agua es una herramienta de “comunicación del riesgo”, usada para

⁵⁸ Water Quality Index en inglés

describir el estado del agua mediante la traducción de una gran cantidad de datos no comparables, hacia un solo valor (Ott, 1978 en Eko y Febrina, 2011).

Los Índices de Calidad del Agua intentan proveer una herramienta simple y comprensible para los tomadores de decisiones, que describa la calidad del agua y los posibles usos de la misma (Bordalo, 2001 en Eko y Febrina, 2011). El ICA da como resultado un solo valor, como una calificación, que expresa la calidad del agua en un lugar y tiempo específico, basado en ciertos parámetros de calidad del agua. Es así, que el objetivo del índice es transformar la complejidad de los datos en información comprensible y sencilla para ser utilizada por el público en general (BASIN, 2005 en Eko y Febrina, 2011).

A través del tiempo, desde 1970 en adelante (Brown, 1970; CCME, 2001; Sargaonkar, 2003; Khan, 2003; Liou, 2004; Kim, 2005; Tsegaye, 2006; Lumb, 2006; Sari y Omar, 2008), se han venido creando distintos índices para determinar la calidad del agua que difieren uno del otro en varias características como los parámetros medidos, las funciones y las características específicas del lugar donde se realizó el análisis. De esta manera se logra hacerlos específicos para cada situación. Tal es así, que los distintos análisis se han hecho en Malasia, India, Taiwán, Canadá, España, Tailandia, entre otros. Por ejemplo, para el caso de la investigación realizada por Eko y Febrina (2011) en Malasia, el cálculo del Índice de Calidad del Agua involucra seis distintos parámetros, entre los cuales se tiene oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos y pH.

Esta versatilidad es un punto sumamente positivo, ya que se puede adaptar fácilmente el ICA a las condiciones del área específica de estudio y del país. Esto, para el caso del Ecuador podría ser replicado idénticamente o podría ser adaptado, mediante el incremento de otros parámetros en dependencia de la fragilidad de los ecosistemas.

Inclusive se podría hacer un ICA para el caso de la minería, donde en dependencia del mineral explotado, el tipo de explotación y las tecnologías utilizadas; se podría ir variando el índice para que se adapte cada vez más a la realidad y plantee un índice de la calidad del agua que tome en cuenta las distinciones que sobresaltan en la actividad minera. El planteamiento de dicho índice debería hacerse en investigaciones específicas para los distintos tipos de minerales explotados y del proceso de explotación de los mismos, donde inclusive se podrían plantear parámetros específicos por cada tipo de explotación.

Índices como este, sin ser una obligación, ya se vienen aplicando en los estudios ambientales, sin embargo, para dar mayor solidez a la identificación de impactos y a la gestión ambiental, se debería establecer su obligatoriedad de cálculo. La aplicación del ICA debe estar contemplado en la línea base o diagnóstico ambiental, con lo cual se logrará conocer el estado inicial de la calidad del agua antes de la implementación del proyecto.

Además, una vez implantado el proyecto, el ICA también debería ser tomado en cuenta en el plan de manejo ambiental. Esto debido a que el índice da a conocer la variación de la calidad conforme pasa el tiempo y las condiciones iniciales del agua van evolucionando. Esto permitirá tomar acciones efectivas y pertinentes en caso de una afectación al recurso y por lo tanto cumplir con lo determinado por la normativa ambiental.

3.3.2 Índice de contaminación por metales

La contaminación de los ríos con metales pesados es uno de los aspectos más importantes en el tema de calidad de las aguas. La importancia de la contaminación por metales se da por la alta toxicidad potencial de los metales pesados para el ambiente y el humano,

además de su característica de no ser biodegradables y de ser bioacumulables en los organismos (Lee *et al.*, 2007 en Anadi y Ogbonnay, 2011).

El Índice de Contaminación por Metales⁵⁹ (ICM) es un método de valoración que demuestra, al igual que el ICA, mediante un valor la calidad del agua tomando en cuenta varios parámetros. La diferencia radica en que para el caso del ICM, los parámetros son metales pesados; es así que, a mayor concentración de metales, peor es la calidad de los ríos.

Este índice es un cálculo sumamente interesante ya que permite establecer la calidad del agua al igual que el índice anterior, pero permite adentrarse en la especificidad de los metales pesados. En el estudio hecho por Anadi y Ogbonnay (2011), los autores cruzan los datos obtenidos con el ICM con métodos estadísticos como el análisis de componentes principales (PCA) para evaluar de mejor manera los cambios sucedidos en los ríos debido a la contaminación.

Para el monitoreo de la calidad del agua en la actividad minera, este índice se podría convertir en una herramienta clave. Al llevar a cabo la actividad, se puede derivar de la explotación, contaminación por los metales pesados que se encuentran naturalmente en las rocas además por metales que surgen como subproducto de la explotación.

Al llevar a cabo la explotación en ecosistemas frágiles y amenazados es indispensable prevenir la contaminación por metales pesados, ya que al ser elementos sumamente peligrosos y que pueden acumularse en los organismos vivos podrían alterar gravemente el equilibrio ecosistémico.

Al igual que en el caso del ICA, este índice debería ser tomado en cuenta en la determinación de la calidad inicial del agua (línea base) y en el plan de manejo ambiental

⁵⁹ Metal Pollution Index en inglés

de la actividad. De esta forma, se logrará prevenir y mitigar la posible contaminación por metales pesados.

3.3.3 Índice de calidad de aguas subterráneas

Para el caso de la calidad de aguas subterráneas se toma el Índice de Calidad de Aguas Subterráneas, índice puesto en práctica en Chennai – India por Nanda *et al.* (2012). Los contaminantes más comunes de las aguas subterráneas son las descargas provenientes de la agricultura, descargas domésticas, descargas industriales, descargas con pesticidas, entre otros (Nanda *et al.*, 2012).

Para el caso del índice de calidad de aguas subterráneas, al igual que en los dos anteriores, se toma en cuenta la influencia de los distintos parámetros para obtener un solo valor el cual refleje la calidad del agua. A pesar de que el agua subterránea generalmente contiene menor cantidad de microorganismos debido a la filtración dada por el acuífero, se tomaron en cuenta nueve parámetros: pH, sólidos disueltos totales, turbiedad, dureza, calcio, magnesio, sulfatos, cloruros y nitratos.

Estos nueve distintos parámetros sirvieron para determinar el uso del agua subterránea para el consumo humano. De esta forma se logra evitar la relación de la contaminación con enfermedades como incidencia de cáncer, enfermedades de corazón y enfermedades cardiovasculares.

Este índice debería ser tomado en cuenta, al igual que en los anteriores, en la línea base del proyecto así como en el seguimiento que se le da al mismo (plan de manejo ambiental).

3.3.4 Índices biológicos

Además de los índices generales de calidad, también existen los índices biológicos de calidad del agua. Los índices biológicos son una herramienta que mide la calidad del agua

en función de los organismos indicadores que viven en ellas; y, dependiendo de la sensibilidad que cada organismo tiene a la contaminación, el índice biológico le asigna un valor, indicando mediante la suma de todos estos valores, el estado del agua (Alonso y Camargo, 2005).

Ejemplos de estos índices son el uso de comunidades de macroinvertebrados bentónicos, el uso de plantas acuáticas y el uso de peces para el monitoreo del agua, entre otros (Alonso y Camargo, 2005; Capítulo *et al.*, 2001; Carrera y Fierro, 2001; Ikingura y Akagi, 1996; Salánki *et al.*, 2003).

Estos organismos indicadores, se han vuelto un elemento muy eficiente para el análisis de la contaminación. Esto se debe a que los contaminantes causan efectos directos sobre los seres vivos y sobre toda la cadena reproductiva de los mismos. Algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación (Abbasi y Abbasi, 2011).

Para esto, los científicos han clasificado a los macroinvertebrados, con una escala donde se indica la sensibilidad a los contaminantes; es decir del menos sensible, y así sucesivamente hasta el más sensible; denominándolo como bioclasificación (Carrera y Fierro, 2001; Parker y Salansky, s/f). Los macroinvertebrados son buenos indicadores de la calidad del agua por su alta diversidad taxonómica, tipos de alimentación y diferentes ciclos de vida; lo cual ofrece un amplio espectro de respuestas a las diferentes perturbaciones ambientales (Alonso y Camargo, 2005).

Pero es por la alteración que causan los metales pesados a la estructura y a la fisiología de los macroinvertebrados béticos, que se propone la utilización de dichos indicadores para el control y monitoreo del agua proveniente de la actividad minera (Abbasi y Abbasi, 2011). El análisis mediante índices biológicos resulta una herramienta integral, ya que dichos índices integran el efecto de los factores ambientales, necesitando

un tiempo prolongado para recuperarse tras sufrir una perturbación; y, con lo cual se puede determinar si la perturbación ocurrió hace un tiempo atrás y si aún está afectando a los organismos, procedimiento llamado biovaloración (Alonso y Camargo, 2005; Capítulo *et al.*, 2001).

Es así que resulta importante determinar la diferencia entre un análisis físico químico y un análisis mediante índices biológicos. Hay que aclarar que los índices biológicos complementan pero no sustituyen a los parámetros físico químicos:

(...) un análisis físico-químico puntual equivaldría a una 'fotografía' del río en un momento dado, mientras que el análisis [mediante índices biológicos] sería una 'película' de lo que le ha sucedido durante un tiempo determinado hasta la fecha. De hecho, determinados procesos de contaminación esporádica se detectan mejor por medio de un seguimiento biológico que físico químico (Rueda *et al.*, 2002 en Alonso y Camargo, 2005).

Es común que los estudios ambientales realizados en Latinoamérica enfatizen solamente los monitoreos físico químicos del agua; sin tomar en cuenta otros tipos de monitoreos para determinar la calidad del agua, como es el uso de herramientas integradoras que resuman el efecto global de los principales componentes que conforman el ecosistema acuático (Chapman, 1996 y Boon & Howell, 1997 en Acosta *et al.*, 2009)

Lo que se intenta mediante el análisis de índices biológicos es vincular el efecto de los contaminantes con las respuestas biológicas de las especies existentes; de esta forma se puede establecer una relación causa – efecto derivada de la contaminación ambiental (Abbasi y Abbasi, 2011). El aumento de los niveles de estrés de los ecosistemas elimina progresivamente a las especies más sensibles, lo que hace que cada vez haya una menor riqueza de especies (Parker y Salansky, s/f).

Entre los usos más comunes de los indicadores biológicos se pueden nombrar los siguientes (Todd y Roux, 2000):

- Asegurar que la calidad del agua sea adecuada para usos particulares.
- La evaluación del cumplimiento de los requisitos de control de contaminación.

- La identificación de las ondas de contaminación a corto plazo y sus impactos.
- La identificación de las tendencias a largo plazo en la calidad del agua.
- Estudio de reconocimiento de la calidad del agua para fines de planificación.
- Prueba de hipótesis relativas a la estructura y función de los ecosistemas.
- Investigación de condiciones indeseables.

Mediante la investigación realizada por Capítulo *et al.* (2001), se puede notar la importancia de adaptar los índices a la realidad del país. Para el caso de Argentina se creó el Índice Biótico para los ríos y arroyos Pampeanos (IBPAMP), debido a las características específicas del ecosistema de la Pampa y adaptándolo a las especies de macroinvertebrados existentes. Con el fin de medir y evaluar la integridad ecológica, los indicadores deben ser identificados y seleccionados para que proporcionen la información correspondiente, de conformidad con los objetivos del programa; razón por la cual se deben analizar las especificidades de las áreas a monitorear (Todd y Roux, 2000).

Es importante dar a conocer lo que se ha realizado en el país en cuanto al tema de índices biológicos. Es el caso de la investigación realizada por Acosta *et al.* (2009), en la cual se propone un protocolo de evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (denominado CERA) y aplicado en dos cuencas de Ecuador y Perú. En dicha investigación los autores conjugan tres herramientas: el índice biológico de macroinvertebrados de calidad de hábitat fluvial (Pardo *et al.*, 2002 en Acosta *et al.* 2009), el índice de estado de la vegetación de ribera, modificado a partir de uno ya existente (Munné *et al.*, 1998a y Munné *et al.*, 2003 en Acosta *et al.*, 2009) y el muestreo multihábitat de macroinvertebrados – ABI (Ríos *et al.*, s/f en Acosta *et al.*, 2009). Para la determinación de la frecuencia del monitoreo de los índices en especial los biológicos dependerá del cada caso de estudio y los macroinvertebrados que formarán parte del índice tomando en cuenta su período de desarrollo.

A pesar de que Acosta *et al.* (2009) ha elaborado un protocolo específico, el cual podría ser tomado en cuenta para los ecosistemas andinos; dicha investigación y sus resultados no se han tomado en cuenta en la normativa nacional. No se encuentran estos lineamientos en la normativa, situación que resulta muy preocupante, ya que, existen investigaciones que obtienen resultados aplicables directamente a la realidad del país y estas no son tomadas en cuenta para la generación de políticas públicas que fortalezcan la gestión ambiental de la calidad del agua.

El que investigaciones como esta permanezcan como planteamientos académicos afecta a la mejora de la calidad ambiental del país, más aún en la realización de proyectos extractivistas, en donde políticas públicas generadas a partir de estas investigaciones, así como de diversos índices para cada región del país, serían de gran ayuda para identificar de mejor manera los impactos ambientales negativos que se pueden estar provocando.

Hay que recalcar la importancia de la creación y adaptación de protocolos, índices y demás herramientas para su aplicación en los distintos ecosistemas y realidades de cada ciudad y país. De esta forma se crea una herramienta sumamente útil y que es específica para la inclusión en normativas locales o nacionales; y, que van a reforzar la gestión ambiental de la calidad del agua, principalmente en ecosistemas frágiles y amenazados.

El conocer el estado de las fuentes de agua, nos permitirá realizar una evaluación más aproximada de los impactos que se pueden provocar por la minería en áreas sensibles, siendo estos índices una propuesta necesaria de la que ya se han hecho investigaciones alrededor del mundo, pero no han sido tomados en cuenta. Esto no solamente es algo necesario, sino una responsabilidad intergeneracional del manejo de los recursos naturales, los cuales se debe asegurar que perduren para un futuro.

Estos índices no solo deberían formar parte de la línea base de los estudios sino también deberían ser tomados en cuenta para el seguimiento y monitoreo en el plan de

manejo. De esta forma, como se explicó; mediante el análisis conjunto del monitoreo de parámetros físico químicos y el de índices, se podría determinar de mejor manera la calidad del agua durante la permanencia de la actividad minera, así como la gravedad de las situaciones de emergencia (en caso de existir las).

Este automonitoreo realizado por la empresa debería verse reforzado por el control realizado por las entidades de control, es decir que, tanto el Ministerio del Ambiente como la Secretaria Nacional del Agua, deberían hacer inspecciones para así tener una fuente y a la vez una herramienta más de regulación.

Es importante mencionar que en la normativa ambiental ecuatoriana, específicamente en el Acuerdo 011⁶⁰, se establece que el análisis de macroinvertebrados únicamente se lo elaborará como parte de la línea base. Es decir no se establece el monitoreo de macroinvertebrados como una herramienta de control dentro del plan de manejo ambiental. De la misma forma en el TULAS y en las demás normativas, donde se menciona la necesidad de establecer la calidad del agua pero no se especifica el uso de índices biológicos, solo se establecen parámetros microbiológicos.

3.4 MODELAMIENTO MATEMÁTICO PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Además de existir herramientas como los índices, también es importante apoyar la gestión de la calidad del agua con herramientas de predicción que fortalezcan la prevención de la contaminación. En los últimos años, varias organizaciones de carácter gubernamental o de investigación han invertido su esfuerzo en el desarrollo de herramientas y métodos geo ambientales para mejorar la gestión de los desechos sólidos y líquidos en las minas y desarrollar estrategias más efectivas de rehabilitación (Abdelghani *et al.*, 2009).

⁶⁰ Acuerdo Ministerial 011: Normas técnicas que establecen los contenidos, características y condiciones mínimas de los Términos de Referencia para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental para todas las fases mineras. Registro oficial 64, 23 de Agosto 2010.

Este es el caso de los modelos matemáticos, dentro de los cuales se tiene distintos tipos como es el caso de los modelos hidrogeológicos, los cuales tienen como objeto el análisis y predicción de la contaminación en aguas subterráneas y en aguas superficiales. Quizá la definición más simple de un modelo es “la representación simplificada de un sistema o proceso real”. Un modelo matemático es una abstracción que representa los procesos como ecuaciones, las propiedades físicas como constantes o coeficientes en las ecuaciones, y las medidas o potenciales de estado del sistema como variables (IHOBE S.A., 2006).

La mayoría de los modelos que se utilizan en la actualidad son modelos matemáticos determinísticos. Los modelos determinísticos se basan en los principios de conservación de la masa, el momento y la energía, describen relaciones causa - efecto. Esto implica que, si se conoce la respuesta con la que un sistema responde a una perturbación, se pueden prever las consecuencias que ocasionaría otra perturbación, aunque esta última tenga una magnitud muy superior a las observaciones históricas disponibles (IHOBE S.A., 2006).

3.4.1 Modelamiento de contaminantes en agua superficial

En la gestión ambiental, es sumamente necesario el incluir variables cuantitativas para la identificación y análisis de los impactos ambientales, razón por la cual se plantea el uso del modelamiento, con el cual se puede obtener mucha información en cuanto los impactos negativos de la actividad humana sobre el ambiente (Espinoza, 2001).

Un modelo es una representación que simula las condiciones ambientales y que mide el flujo de agua, transporte y su respuesta ante estímulos determinados; siendo los más utilizados los modelos matemáticos (Abdelghani *et al.*, 2009; Espinoza, 2001). Los

modelos matemáticos pueden ser uni, bi o tridimensionales dependiendo de las características del medio, tal como se describe a continuación (Espinoza, 2001):

- Modelos unidimensionales: se utilizan para representar flujos en cursos de agua.
- Modelos bidimensionales: se utilizan para ríos de gran ancho, en los cuales las concentraciones de contaminantes varían de un lado de la ribera al otro.
- Modelos tridimensionales: encuentran aplicación en estudios de aguas subterráneas y en sistemas más complejos de aguas superficiales. Los modelos pueden ser dinámicos o de estado estacionario. Los dinámicos proveen información acerca de la calidad del agua tanto en la dirección (o distancia aguas abajo de una descarga) como en el tiempo. Los estacionarios suponen variación solo en el espacio, como por ejemplo una descarga continua y constante.

El modelamiento constituye una herramienta poderosa en el análisis de calidad del agua, en la que la validez de un modelo depende de la calidad de información disponible. Por ello, siempre se realiza un análisis crítico de los datos y de sus resultados. En muchas oportunidades los modelos existentes no pueden ser aplicados por falta información o por información incompleta; o, inclusive por no ser comparables el ámbito que se evalúa con aquel asociado al modelo (Espinoza, 2001).

Además de los tipos de modelos mencionados anteriormente, se los puede clasificar también en dependencia de la metodología utilizada:

- Modelos de la zona de mezcla: son modelos simples de balance de masa, con una estimación rápida de los impactos en la calidad del agua.
- Modelos de oxígeno disuelto: están basados por una ecuación que incorpora efectos del bentos y respiración del alga. Se pueden aplicar a descargas de residuos que demandan oxígeno.
- Modelos de descarga térmica: permiten establecer zonas de impacto, producto de

descargas de aguas de enfriamiento.

- Modelos de aguas subterráneas: considera el transporte de agua como el de los contaminantes.
- Modelos de escorrentía: efectos del proyecto en términos de cantidad y distribución temporal de la escorrentía.
- Modelos de calidad del agua: incluyen los modelos hidrológicos.

Por ejemplo, para el caso de la investigación realizada por Abdelghani *et al.* (2009), los autores proponen el uso de un modelo de escorrentía y transporte numérico en 3D, el cual logra demostrar cómo el agua y los contaminantes pueden migrar por la roca fracturada en las áreas de eliminación de desechos o escombreras creadas en las minas. Determina que el flujo de agua y contaminantes son afectados en dependencia del tipo de material de desecho presente en las escombreras, el tipo y naturaleza de los límites iniciales y la naturaleza de la masa de roca presente (homogénea o fracturada).

Los modelos son una herramienta sumamente útil y que debería formar parte de la identificación y evaluación de impactos ambientales dentro de un estudio de impacto ambiental. Inclusive son considerados como una herramienta muy útil para el análisis de riesgos llevado a cabo en el plan de contingencias del plan de manejo ambiental, ya que nos da a conocer los posibles escenarios derivados de un desastre natural o contaminación: eventos sísmicos, geológicos, hidrológicos (inundaciones) y determinación de la factibilidad de la zona en cuanto a la sensibilidad por alta biodiversidad.

3.4.2 Modelamiento de contaminantes en aguas subterráneas

El desarrollo de los modelos hidrogeológicos tiene como objetivo principal, la necesidad de valorar el potencial de los recursos hídricos. Es así, que el énfasis de los modelos se ha ido desplazando paulatinamente hacia los problemas de calidad del agua. Esto ha llevado a

la necesidad de predecir el movimiento de contaminantes a través del agua subterránea (IHOBE S.A., 2006).

Para esto existen los modelos informáticos de flujo y transporte en agua subterránea y en sistemas hidrogeológicos perturbados por la presencia de sustancias contaminantes que pueden migrar en fase acuosa, fase no acuosa o fase gas (IHOBE S.A., 2006).

La implementación de modelos dentro de un estudio de impacto y en el plan de manejo, es un instrumento muy útil para conocer cómo los contaminantes se pueden dispersar. La utilización de los modelamientos nos presentan escenarios posibles de la contaminación, de esta manera se puede diseñar de mejor manera los planes de contingencia, los sistemas de tratamiento de los posibles contaminantes y permitiría llevar un mejor control de los efectos adversos de los contaminantes y su dispersión en las fuentes de agua (IHOBE S.A., 2006).

3.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS AMBIENTALES Y ECOSISTEMAS

Es importante tomar en cuenta la valoración económica de los bienes/servicios ambientales del agua, la madera, los productos agrícolas, los servicios de protección contra inundaciones, filtración de agua para consumo, el clima local y el valor estético de los ecosistemas en las áreas frágiles y amenazados. Para entender de mejor manera el significado de los servicios ambientales, se los ha dividido en cuatro categorías que describen el rol ecológico de los mismos (Kocian *et al.*, 2011):

- Servicios de aprovisionamiento: son bienes básicos como alimentos, agua y materiales.
- Servicios de regulación: son aquellos derivados del control natural de los procesos ecosistémicos; por ejemplo son procesos que regulan el clima, aquellos que regulan

el ciclo hidrológico, suelo y mantienen bajo control los organismos que pueden causar enfermedades.

- Servicios de los hábitats: en los cuales se da refugio y se reproduce la flora, fauna y las personas. Estos servicios contribuyen a la conservación biológica y genética de la diversidad así como los procesos de evolutivos.
- Servicios de información: son servicios que proveen al ser humano una interacción valiosa con la naturaleza. Estos servicios incluyen la espiritualidad, lugares naturales para la recreación y para su estudio científico.

El agua, la protección contra inundaciones, la recreación, los minerales, los materiales, el valor estético y la comida son solo algunos de los muchos bienes y servicios que proporcionan los sistemas naturales a la economía humana. Ninguna economía, grande o pequeña, puede funcionar sin el suministro de bienes y servicios económicos de la naturaleza. En la Tabla 1 se presentan algunos servicios específicos prestados por los ecosistemas en cada categoría descrita anteriormente. De esta forma se puede ver la importancia de la valoración de los servicios ambientales y por lo tanto de su conservación.

Un ejemplo del uso de esta herramienta, es la investigación realizada por Kocian *et al.* (2011) en Intag – Ecuador; lugar dotado de un amplio potencial minero, pero además con la existencia de ecosistemas frágiles y amenazados como es el caso del bosque nublado. El área de Intag se encuentra localizada en un *hotspot* de los Andes tropicales y en el *hotspot* Tumbes – Chocó – Magdalena; en un área identificada como la región más rica y diversa en la tierra, donde esta región (menos del 1% del área del mundo) contiene un sexto de toda la flora existente.

El método utilizado estima el valor económico de un bien o servicio ambiental utilizando estudios y valoración previa de similares bienes y servicios. Para valorar los servicios ambientales, se determina un valor por hectárea de bosque, uno por regulación de

agua, uno por estética, uno por filtración de agua, uno por provisión de agua, uno por refugio de vida silvestre, etc. Cada uno de estos valores tiene que ser respaldado con su respectivo estudio científico, para posteriormente calcular el valor ecosistémico que se presenta como la suma de todos los valores individuales de los bienes y servicios, multiplicado por el área (Kocian *et al.*, 2011).

Como resultado de este estudio se llega a determinar que el área de bosque nublado de Intag tiene un valor de entre 708,65 y 12 413,57 USD/ha; lo que resulta en un valor total de entre 43 203 021,44 y 756 793 127,50 USD por las 60 965 ha de bosque nublado. Por otro lado determina que los ríos y lagos tienen un valor de entre 4 078,91 y 75 180,60 USD/ha; resultando en un valor total de entre 440 522,14 y 8 119 504,91 USD por las 108 ha de ríos y lagos (Kocian *et al.*, 2011).

Con investigaciones como esta, se puede determinar que los sistemas naturales, como las áreas frágiles y amenazadas, tienen un valor muy alto para la sociedad, tanto a corto como a largo plazo. Es así que, un ecosistema que parecería tener un valor bajo; después de cincuenta o cien años, proveerá de grandes beneficios sociales, ambientales y económicos derivados de la conservación de los ecosistemas para las futuras generaciones.

Por esto es que actividades causantes de impactos a largo plazo, que tienen como objetivo obtener un rédito económico, pueden resultar en la degradación de los servicios ambientales de un ecosistema en el corto plazo. La valoración tan alta en dólares de los servicios que nos proveen estos ecosistemas en la región de Intag demuestran la importancia de los sistemas naturales en la economía local, situación que podría ser vista de la misma manera en los demás ecosistemas (Kocian *et al.*, 2011).

Dicho estudio “proporciona a los tomadores de decisiones la oportunidad de cambiar su forma de abordar los problemas y desafíos; de tomar en cuenta un solo problema a la vez, a la adopción de un enfoque integrado del desarrollo de una economía

sostenible; en la que el capital natural es una parte integral de inversiones inteligentes que mantienen o elevan su valor con el tiempo” (Kocian *et al.*, 2011).

Dentro de todo esto también se involucran los análisis de costo beneficio, en los que los sistemas naturales son considerados como un activo en la economía y por lo tanto es reconocida y valorada. Esta perspectiva se debe ir planteando, para que de esta forma en las fases de planificación de los proyectos se pueda comprender completamente las alternativas existentes además de todos los riesgos y beneficios de cualquier actividad o proyecto.

Uno de los grandes beneficios de la valoración económica de los servicios ambientales, es el fortalecimiento de los estudios ambientales. Esto ya que los impactos ambientales se cuantifican científicamente pero no económicamente; por lo cual la identificación de los servicios ambientales y su valoración refuerzan la planificación, proporcionando una comprensión de los costos y beneficios económicos de los proyectos de conservación o restauración (Kocian *et al.*, 2011).

La valoración económica de los servicios ambientales, complementaría los estudios ambientales, ya que se convertiría en una herramienta más para la identificación y evaluación de los impactos ambientales. Por un lado sería de utilidad para el establecimiento de un proyecto, donde la valoración económica sería una herramienta para establecer los riesgos de implantar un proyecto.

Por otro lado, tener conocimiento de la pérdida económica, con respecto a los servicios ambientales en una determinada actividad y específicamente en la actividad minera; podría ayudar en la toma de decisiones y por lo tanto en la implementación de medidas para reducir y mitigar los efectos dentro del plan de manejo.

Con la aplicación del método de valoración de los servicios ambientales dentro del estudio de impacto ambiental, tenemos un aporte más para la identificación y evaluación

de los impactos, método para aplicar la economía que no ha sido puesto en práctica. De esta manera se puede dar a conocer el costo aproximado de los servicios ambientales, los cuales pueden ser amenazados o en el peor de los casos eliminados por un mal manejo de las cuencas hidrográficas y un mal tratamiento de los efluentes producidos por la minería.

Es indispensable la incorporación de métodos como este, para asegurar el monitoreo y la calidad del agua en los ecosistemas frágiles. En áreas tan sensibles el impacto causado puede ser muchísimo mayor que los réditos económicos, principalmente por los costos de remediación. Por otro lado, la valoración económica es una forma de dar paso a la conservación de estas áreas para que las siguientes generaciones, además de dar un valor monetario de mercado, mantengan los servicios ambientales y los ecosistemas, para las próximas generaciones.

Tal vez, el establecer un valor para todos los servicios pueda trasladarse en una determinación de la importancia de los ecosistemas y de todos los beneficios que dan al ser humano. A pesar de que nunca se podrá determinar el valor exacto de todos los ecosistemas debido a que es un valor que va más allá de lo monetario, es una herramienta que puede dar una aproximación a su verdadero valor; dándole una importancia mundial.

3.6 TRATAMIENTOS PARA EL DRENAJE ÁCIDO Y CIANURO PROVENIENTE DE LA MINERÍA

Como parte de los tratamientos para el drenaje ácido de las minas (DAM) y para la contaminación por cianuro, se da a conocer una variedad de métodos destinados a este objetivo. Entre estos se van a detallar: los tratamientos pasivos, los tratamientos activos y algunas opciones para el tratamiento de cianuro.

3.6.1 Tratamiento pasivo

Por tratamiento pasivo, se refiere a aquel tratamiento del agua, el cual se realiza en un período de tiempo largo, en grandes áreas y no se añaden sustancias para regular el proceso. Los componentes con los cuales se construyen, los métodos y el tiempo, son los únicos que intervienen durante todo el proceso.

El diseño de todos los sistemas de tratamiento pasivos comienza con la caracterización de las aguas, el cual se debe hacer regularmente durante un período de doce meses y deberá tener en cuenta las variaciones que se puedan producir en respuesta a los cambios estacionales (Zipper *et al.*, s/f).

Como condiciones de diseño se tiene que saber el propósito del tratamiento (si se va a utilizar en combinación con otro proceso de tratamiento o no, o si se pretende el cumplimiento normativo), las concentraciones elementales, el volumen de flujo a tratar, las características del sitio y la disponibilidad de tierra especialmente; las cuales son características que afectan en la selección y el diseño del sistema de tratamiento pasivo (Zipper *et al.*, s/f).

Algunas de las principales ventajas de los sistemas de tratamiento pasivos son los bajos costos de mantenimiento y el hecho de que los productos en fase sólida de tratamiento de agua son retenidas dentro de los humedales. En cuanto a las desventajas se tienen los altos costos de inversión y la gran área que se necesita para tener un rendimiento alto (Johnson y Hallberg, 2002 en Johnson y Hallberg, 2005).

Como parte del tratamiento pasivo está el tratamiento mediante humedales y mediante otros tratamientos que simulen el proceso llevado a cabo en los ciclos naturales dados en la naturaleza. Es así que dentro del tratamiento pasivo se pueden describir los siguientes: humedales aeróbicos, humedales anaeróbicos, drenaje anóxico de piedra caliza y los sistemas de caudal vertical (Zipper *et al.*, s/f).

Los humedales aeróbicos son limitados ya que se utilizan para el tratamiento de aguas ligeramente ácidas o alcalinas que contienen elevadas concentraciones de hierro. Dichos humedales tienen como función principal la aireación de las aguas, permitiendo que el hierro se oxide y se precipite; teniendo una capacidad limitada para neutralizar la acidez. Dependiendo del espacio disponible para el tratamiento, los humedales aeróbicos van a ser más eficaces y también eliminar el manganeso del agua (Zipper *et al.*, s/f). También se ha podido constatar la eliminación del arsénico aniónico presente en los residuos mineros principalmente mediante la adsorción (Johnson y Hallberg, 2005)

Los humedales anaeróbicos son un tratamiento pasivo sin oxígeno y son modificaciones al tipo aeróbico para añadir alcalinidad y tratar eficazmente aguas ácidas. Estos incluyen la adición de un lecho de piedra caliza por debajo o mezclados con un sustrato orgánico, que fomenta la generación de la alcalinidad como bicarbonato. Mediante este tratamiento se logra una reducción del sulfato (proceso microbiano) que ocurre en condiciones de poco oxígeno. Los humedales anaeróbicos son capaces de eliminar metales como el hierro y el aluminio. Sin embargo, su desventaja radica en que estos sistemas comúnmente requieren grandes áreas de superficie y tiempos de retención largos lo que se convertiría en una limitante (Zipper *et al.*, s/f).

Por otro lado están los drenajes anóxicos de piedra caliza. Este tratamiento consiste en una trinchera de piedra caliza llenas, a través de las que se dirige el drenaje ácido, por lo que la piedra caliza puede producir alcalinidad de bicarbonato a través de la disolución. De la misma forma que el anterior tratamiento, funciona sin oxígeno y el efluente se mantiene en un estanque de sedimentación para permitir el ajuste del pH y la precipitación de metales antes de su descarga a cursos de agua naturales. Es propenso a la obstrucción del sistema con hidróxidos de metales, por lo cual se requiere el análisis detallado de las descargas a tratarse (Johnson y Hallberg, 2005; Zipper *et al.*, s/f). También se tienen los

canales abiertos de piedra caliza los cuales son un sistema análogo al anterior. Dicho sistema es similar al explicado anteriormente, con la diferencia de que trabaja con oxígeno (Kleinmann *et al.*, 1998 en Johnson y Hallberg, 2005; Zipper *et al.*, s/f).

También se tienen los sistemas de flujo vertical los cuales se combinan con mecanismos como los humedales anaeróbicos. Tienen la capacidad de secuestrar metales como sulfuros. El efluente final se descarga en un estanque de sedimentación para la neutralización de ácido y precipitación de metales antes de la descarga final. Para el tratamiento de efluentes muy ácidos, varias células de flujo vertical se pueden colocar en secuencia, separados por estanques de sedimentación. Las principales limitaciones para el rendimiento a largo plazo de los sistemas de flujo vertical son la acumulación de metales, primordialmente hierro y aluminio (Zipper *et al.*, s/f).

Por último se tienen los biorreactores oxidantes de hierro, donde la oxidación del hierro se da por medio de bacterias autótrofas. La más estudiada de estas bacterias es la *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Sin embargo un factor limitante es la velocidad de oxidación biológica del hierro que está íntimamente relacionada al número de bacterias hierro oxidantes presentes, para lo cual hay que prever qué diferentes especies de oxidantes de hierro serían más apropiados para cada situación (Johnson y Hallberg, 2005). La eficiencia de la reducción del sulfato en los biorreactores pasivos también es a veces limitado porque se basan en bacterias reductoras de sulfatos, las cuales están controladas principalmente por la composición de la mezcla reactiva (Zagury *et al.*, 2007)

3.6.2 Tratamiento activo

El tratamiento activo consiste en la aplicación de sustancias para el tratamiento y la regulación del mismo, lo cual acelera el tiempo de tratamiento. El método más extendido usado para el tratamiento activo del drenaje ácido de minas, es un proceso que involucra la

adición de un agente químico neutralizante; el cual elevará el pH para permitir la oxidación química del hierro y precipitar muchos de los metales presentes en la solución (Coulton *et al.*, 2003b en Johnson y Hallberg, 2005). El resultado es la producción de un lodo rico en hierro que también puede contener otros metales, dependiendo de la química del agua de la mina tratada. La adición de múltiples reactivos acompañados por el control del pH puede resultar en la eliminación selectiva de algunos componentes del drenaje ácido de la mina como el arsénico y molibdeno (Aube y Payant, 1997 en Johnson y Hallberg, 2005).

Otro de los tratamientos activos posibles para el DAM son los biorreactores sulfidogénicos. Este es un tratamiento que presenta un enfoque radicalmente distinto a los más comunes existentes (Johnson, 2000; Boonstra *et al.*, 1999 en Johnson y Hallberg, 2005). Este tratamiento tiene tres ventajas claves: su funcionamiento es predecible, permite que los metales pesados (como el cobre y el zinc) sean recuperados/reutilizados y las concentraciones de sulfato en aguas pueden reducirse significativamente. Sin embargo, los costos de construcción y de funcionamiento del tratamiento son altos. Son sistemas que tienen que ser diseñados para proteger a los microorganismos de la exposición directa a la drenaje ácido para evitar la mortalidad (Johnson y Hallberg, 2005)

El proceso se ha estado utilizando con éxito en el tratamiento de las aguas subterráneas con zinc. La aplicación de esta tecnología, también se ha demostrado en una escala piloto en la mina de cobre Bingham Canyon Kennecott en Utah, donde se recuperó selectivamente 99% de cobre presente en un flujo de residuos de pH muy ácido (Boonstra *et al.*, 1999 en Johnson y Hallberg, 2005).

La determinación de un solo tipo de tratamiento, al tener en cuenta que se está analizando la actividad minera en general, es muy difícil. De la misma forma, resulta muy difícil el establecer un tratamiento para varios tipos de ecosistemas. Por esta razón la utilización de uno u otro tratamiento debe ser evaluada y analizada detenidamente en

dependencia del tipo de minería a realizarse y del ecosistema en donde la misma se esté realizando. Además se debe justificar científicamente mediante investigaciones realizadas en el país, para poder determinar el tratamiento adecuado.

Por ejemplo no es lo mismo realizar un tratamiento para minería artesanal que para minería a gran escala; y, peor aún un tratamiento para minería de oro que para minería de cobre. Esto por los caudales que se manejaría así como los reactivos y demás procesos involucrados.

3.6.3 Tratamiento del cianuro

El cianuro se utiliza principalmente para el procesamiento de minerales en la recuperación selectiva en la minería de oro, cobre, zinc y plata. Diversas bacterias y hongos son capaces de degradar el cianuro o tienen un alto potencial para la adsorción de metales pesados del agua y del sedimento de depósitos de aguas residuales de minería, como lo que se realizó en Baia Mare – Rumania. Los resultados presentados en dicha investigación muestran un alto potencial para el desarrollo de plantas piloto a escala técnica para el tratamiento biológico de cianuro metálico y pesado que contiene las aguas residuales de los procesos mineros y metalúrgicos (Bosecker y Blumenroth, 2001).

Otro método común para el tratamiento es el proceso de peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico que oxida el cianuro. Los metales tales como el cobre, el zinc, el cadmio y el cianuro se precipitan como hidróxidos y complejos de cianuro de hierro. Estos se retiran a continuación de una etapa de tratamiento adicional que precipita el complejo de cianuro de hierro mediante la combinación con iones de cobre (Gobierno de Australia, 2008).

Cuando el cianuro residual se produce, puede ser recuperado utilizando diversos procesos no oxidativos. Estos procesos se basan en la reducción del pH para liberar cianuro. Una forma es mediante la acidificación, volatilización y absorción, la cual utiliza

tanques de aireación superficial y sopladores de aire de alta presión para recuperar el cianuro libre y algunos complejos metal - cianuro. Otro método considerado más eficiente y costo efectivo para recuperar aproximadamente el 90% de cianuro (Stevenson *et al* . 1995 en Gobierno de Australia, 2008), donde el cianuro se quita cuando los relaves entran en contacto con altos volúmenes de aire turbulento y es capturado por suspensiones de cal hidratada en torres de absorción. Una vez recuperado el cianuro, se recicla a las operaciones de lixiviación como el cianuro de calcio (Gobierno de Australia, 2008).

Es importante tomar en cuenta el tratamiento de los productos de la degradación del cianuro, los cuales generalmente se los ha dejado de lado. Para estos subproductos de la degradación, se deberán tomar en cuenta investigaciones realizadas al respecto así como la investigación realizada por el Gobierno de Australia (2008), en la cual se da a conocer los distintos tipos de tratamientos como: humedales, tratamiento microbiológico, osmosis inversa y fitorremediación (Gobierno de Australia, 2008).

Dentro de este punto es importante mencionar que los tratamiento para el cianuro dependerá del ecosistema en el que se esté efectuando la actividad minera y que compuestos del mismo serían utilizados. Por esta razón es necesario conocer muy bien los procesos a ser aplicados para la extracción de metales, el grado de biodegradabilidad de los compuestos así como las cantidades específicas a ser utilizadas; ya que este es el punto de partida para el planteamiento de la utilización de un tratamiento u otro. No es posible determinar un tipo de tratamiento, sin conocer todas las variables que se involucran, no solo respecto a la actividad, sino también al lugar, el clima, tipo de suelo, etc.

3.7 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA CALIDAD DEL AGUA Y LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA DE ECOSISTEMAS FRÁGILES Y AMENAZADOS

En el anterior capítulo se había analizado la situación de las tablas correspondientes a los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Anexo 1 de Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS), en donde se ha determinado la necesidad de establecer criterios especiales para el monitoreo de la calidad del agua en los ecosistemas frágiles y amenazados. Esto debido a que los LMP que se han utilizado comúnmente para el monitoreo, corresponden a límites para descargas líquidas de efluentes (Tabla 12 del Texto Unificado de Legislación Ambiental), los cuales resultan más laxos que otros límites descritos (Ver Anexo 2).

3.7.1 Límites máximos permisibles para agua superficial

Al comparar los límites establecidos para efluentes (Tabla 12 del Texto Unificado de Legislación Ambiental) con respecto a aquellos establecidos para los criterios de calidad del agua para preservación de la flora y fauna (Tablas 3 y 4 del Texto Unificado de Legislación Ambiental), se puede notar una diferencia clara: los límites establecidos para efluentes son más laxos que los establecidos para la preservación. Es así que el punto clave de este subtítulo, radica en la necesidad de que la actividad minera en ecosistemas frágiles, no debería simplemente cumplir con los límites máximos de descargas, sino debería cumplir con los límites que permitirán llevar a cabo una preservación y conservación de la flora y fauna de las áreas afectadas.

De esta forma, el monitoreo de las descargas líquidas cumpliría con su principal objetivo que es la conservación de los ecosistemas. Inclusive, al cumplir con los límites máximos en cuanto a criterios de calidad del agua para la preservación de los ecosistemas,

se cumplirían los límites máximos para el agua de consumo humano. Esto favorecería mucho a las poblaciones cercanas a los proyectos, ya que en el Ecuador existe mucha dependencia del agua de los ríos y demás cuerpos hídricos para el consumo u otras actividades.

Al no cumplir con los parámetros determinados para la preservación de la flora y fauna, no se estaría dando cumplimiento a la normativa ambiental. Según lo menciona el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, contaminante es “cualquier elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos, o combinación de ellos; que causa un efecto adverso al aire, agua, suelo, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos, a su interrelación o al ambiente en general”. Es así que no se estaría cumpliendo con la prevención y control de la contaminación ya que con el cumplimiento de los límites para efluentes estaría provocando efectos adversos a la flora, fauna y seres humanos. Es por esto, que es sumamente necesario modificar los límites para prevenir y controlar la contaminación con la aplicación de límites mucho más exigentes.

Es necesario recalcar que esta tabla no está completa si no se considera de manera urgente y en el menor tiempo posible la implementación de límites máximos permisibles para el cianuro (cianuro libre, cianuro total y cianuro ácido débil disociable WAD), y también los componentes metálicos, orgánicos, entre otros como se menciona en el estudio realizado por Morán (1998). En este estudio, se menciona que el uso de compuestos de cianuro en la industria minera junto con las limitaciones en el análisis y el monitoreo de estos compuestos, produce preocupación para la seguridad pública y la protección ambiental en uso de cianuro en minería (Morán, 1998).

Se afirma que el cianuro en el agua se descompone rápidamente en presencia de luz solar, en sustancias inofensivas como dióxido de carbón, nitratos o amonio. Sin embargo,

el cianuro tiende a reaccionar con muchos elementos químicos y se sabe que forman cientos de diferentes compuestos (Flynn and Haslem, 1995 en Morán, 1998). Muchos de estos compuestos generalmente son menos tóxicos que el cianuro original pero igualmente afectan a los organismos acuáticos, además de permanecer en el ambiente por largos períodos de tiempo e inclusive acumularse en plantas (Eisler, 1991 en Morán, 1998) y en tejidos de peces (Heming, 1989 en Morán, 1998).

El cianuro es utilizado en la industria minera para extraer metales preciosos como el oro y la plata, pero también se utiliza para la extracción de metales no preciosos como cobre, níquel, cobalto y molibdeno; sin embargo el cianuro tiende a reaccionar con otros elementos químicos produciendo una gran variedad de compuestos tóxicos (Morán, 1998).

Existen compuestos simples de cianuro como cianuro de sodio, cianuro de potasio y cianuro de calcio que son solubles, así como otros compuestos simples de cianuro que son insolubles. Otros tipos de compuestos de cianuro son aquellos que se forman con metales que pueden ser compuestos débiles como cianuro de zinc o de cadmio; medios como de cobre, plata, níquel y fuertes como cianuro de oro, hierro y cobalto (Morán, 1998).

En Australia el valor de cianuro libre en agua no puede ser mayor de 7 ug/l para agua dulce mientras que para agua marina es de 4 ug/l. Por otro lado en Estados Unidos el valor máximo para cianuro es de 5,2 ug/l en agua dulce y 1 ug/l en agua marina (Gobierno de Australia, 2008; Morán, 1998). Sin embargo en el Ecuador el límite para cianuro libre es de 0,01 mg/l para ambos tipos de agua; donde dicho límite corresponde a la tabla de criterios de calidad del agua para la preservación de flora y fauna, mientras que para efluentes se toma como parámetro el cianuro total. El punto clave radica en que se deben tomar en cuenta los distintos tipos de cianuro en una misma tabla además de incorporar otros compuestos que contienen cianuro.

Otro estudio realizado es un análisis la normativa de límites máximos permisibles para minería de metálica de Chile, EEUU, Australia y Canadá. En este estudio se pudo observar que cada país tiene sus propios parámetros establecidos; donde en países como EEUU, Canadá y Australia ciertos parámetros no están normados y que en Chile sí lo están (Comisión Chilena del Cobre, s/f). Al tomar en cuenta esto se puede ver que cada país establece sus propios límites y parámetros en dependencia de la región, la actividad realizada, el tipo de minería, entre otros. Es por esto que, es sumamente complicado realizar una comparación ya que las condiciones no son las mismas y seguramente se establecieron esos límites por los estudios realizados en cada país.

Es interesante para el análisis de los límites, monitoreo, transporte y manejo del cianuro, que se analice el Código Internacional para el Manejo del Cianuro⁶¹, el cual puede servir como una forma de apoyo para el control de este compuesto y sus derivados. Es necesario evaluar dicho código para determinar la conveniencia y la aplicabilidad en el manejo de minería en ecosistemas frágiles y amenazados.

La propuesta viable, es la utilización de las Tabla 3 y 4 del Anexo 1 del Libro VI de criterios de calidad del agua para preservación de flora y fauna para ser utilizada incorporando los parámetros de la Tabla 12 para descargas que no se encuentran en las Tablas 3 y 4; hasta que se realice una revisión integral de los parámetros y límites de estas tablas. Además debe considerarse el cianuro en las mismas, ya que es un compuesto que, como se ha detallado anteriormente, se utiliza en distintos tipos de minería; además de ser un compuesto peligroso el cual debe ser normado y tomado en cuenta por el potencial peligro que representan para los ecosistemas frágiles.

⁶¹ International Management Cyanide Code en inglés. Documento disponible en la dirección: http://www.cyanidecode.org/sites/default/files/sppdf/TheCode_SPA_0.pdf

3.7.2 Límites máximos permisibles para aguas subterráneas

Hay que tomar en cuenta también el estudio realizado por Lee y Jones (1983), el cual da a conocer una guía para el muestreo de las aguas subterráneas. Para el muestreo de las aguas subterráneas es fundamental conocer de qué estratos del acuífero⁶² proviene, la permeabilidad del mismo, la composición química del agua y si las aguas subterráneas están cerca de lugares de disposición de efluentes. La guía detalla las afectaciones que se dan a las aguas subterráneas al momento de hacer los muestreos, donde menciona que las características químicas del agua subterránea pueden verse afectadas por: los materiales utilizados en la construcción del pozo, la propiedad del agua subterránea de mantener una capa delgada de contaminantes en la superficie debido a la poca movilidad y la afectación que pueden sufrir las muestras al entrar en contacto con el exterior (Lee y Jones, 1983b). Esta situación demuestra la importancia de constatar la ubicación de los contaminantes para que los mismos se estén tratados o que los estratos geológicos no posean alta permeabilidad (Lee y Jones, 1983b).

Se recomienda también la frecuencia de monitoreo, en dependencia del nivel de contaminación. Se afirma que al no estar contaminada el agua, se puede ir disminuyendo la frecuencia de mensual hasta semestral o incluso anual. En caso de encontrar o estar cerca de una posible fuente de contaminación, afirma la necesidad de muestrear mensualmente o máximo cuatrimestralmente (Lee y Jones, 1983b).

Es indispensable tomar en cuenta los parámetros básicos de análisis propuestos: pH, temperatura, conductividad, sodio, turbidez, cloruros, oxígeno disuelto, calcio, magnesio, alcalinidad, carbono orgánico total, amonio, nitrato, ortofosfato soluble, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cromo, cobre, fluoruros, plomo, mercurio, níquel, potasio, selenio, compuestos fenólicos y sulfuro de hidrógeno. A estos parámetros básicos

⁶² Acuífero: capa o vena subterránea que contiene agua.

propuestos, se deben incrementar contaminantes o sustancias específicas, según la actividad realizada y la composición de los efluentes (Lee y Jones, 1983b).

Los autores aclaran además la necesidad de revisar y analizar los límites de detección de los métodos analíticos utilizados por los laboratorios, ya que una concentración no detectable puede causar efectos adversos por parte de algunos contaminantes. Asociado con esto, se debe evaluar el nivel de confianza del muestreo propuesto, así como del manejo y de las técnicas analíticas; para lo cual afirman que no se debe asumir que un método en particular por ser el más utilizado, es aplicable a todas las situaciones (Lee y Jones, 1983b).

El presente capítulo da a ver que los estudios ambientales deben convertirse en una herramienta efectiva de gestión ambiental y no solo en un mero trámite administrativo el cual se aprueba sin una verificación efectiva. Además el estudio de impacto ambiental debe contener todos los sustentos científicos de los métodos que se están utilizando, para de esta forma proveer de confianza y efectividad en cuanto a la gestión ambiental. Los aportes que se están proponiendo aquí, pueden dar herramientas más sólidas para la identificación, evaluación y prevención de los impactos ambientales que se pueden presentar en el agua; y más aún en ecosistemas frágiles y amenazados.

Todos los métodos mencionados están siendo evaluados y aplicados en varios países, donde se ha mejorado el planteamiento inicial según las condiciones específicas de cada lugar, tipo de actividad y país. Lo que se plantea en esta investigación es recopilar métodos y su funcionamiento, para el posterior análisis y aplicación en los estudio de impacto ambiental. De esta forma se establecerían las condiciones propias de cada lugar y la importancia de conservación de los ecosistemas, no como componentes separados. Con esto se trata de dar más importancia a la calidad del agua por ser un derecho fundamental como un recurso estratégico.

Existen grandes esfuerzos para la protección de las cuencas hidrográficas, como lo que está realizando la prefectura del Azuay⁶³ impulsando una Ordenanza que regule la gestión y conservación de las cuencas hidrográficas en quince cantones de la provincia. La Ordenanza plantea políticas de control ambiental para que las fuentes hídricas se conserven y garantizar su permanencia en el tiempo, además de plantear la creación de un Fondo para el Agua que será manejado a través de un fideicomiso previa presentación de un plan de acción y de conservación.

Se plantea la creación de un tributo para manejar estas fuentes, el cual será financiado por el sector comercial e industrial. La normativa también zonificará las fuentes hídricas y conformará una zona de amortiguamiento para la reforestación y agroecología entre 2 800 y 3 000 msnm, mientras que las zonas más altas de los 3 001 msnm en adelante, estará absolutamente prohibida la extracción minera.

La decisión tomada por la provincia de Azuay es una iniciativa positiva, la cual beneficiará a toda la provincia. Son iniciativas que deben ser replicadas en todas las provincias, mediante las cuales se incentiva la prevención y un mejor control de la calidad del agua.

Fuera de las herramientas utilizadas para el monitoreo y prevención de los impactos, también existen contradicciones en cuanto a la contratación de las empresas consultoras para realizar ya sea el estudio de impacto ambiental o las auditorías ambientales. Esto ya que, en el Reglamento Ambiental para Actividades Mineras a pesar de que se hace un concurso de merecimientos para la obtención de tres ofertas por parte del Ministerio del Ambiente, deberá ser el proponente de la actividad minera quien elija la empresa que trabajará en la elaboración del estudio, con lo cual siempre va a existir un conflicto de interés. Se puede ver que no existirá un estudio de impacto ambiental donde el

⁶³ Noticia de El Comercio, domingo 25 de agosto de 2013, Cuaderno 3, Pagina 29, Redactora Lineida Castillo.

consultor establezca la no posibilidad de realizar un proyecto debido a los riesgos ambientales, ya que la consultora se ven obligada a presentar un documento en el que esté de acuerdo con el proponente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La minería es una actividad muy compleja, la cual cuenta con características diferentes dadas por los tipos de explotación, por la magnitud de la explotación y por el mineral obtenido. Esta actividad, a su vez, va a generar diversos tipos de impactos que van a variar igualmente, en dependencia del tipo de minería, del material de explotación, de la magnitud de la explotación y de la tecnología utilizada.

Los impactos más relevantes en la minería, por ser los que provocan daños extensos son aquellos que afectan a los recursos hídricos, debido a la obtención y procesamiento de los minerales. Esto, sin dejar de lado los impactos que se producen al suelo, aire, flora y fauna.

El Ecuador es un país considerado rico en recursos naturales; donde además de su alta biodiversidad, se tiene un alto potencial minero. Es por esto que surgió la propuesta para la presentación de nuevos métodos para la gestión ambiental, así como de herramientas técnicas de seguimiento y monitoreo, poniendo especial énfasis en los cambios en la calidad del agua derivados de la actividad minera, dentro de ecosistemas frágiles y amenazados.

En esta investigación, se pudo ver la relación existente entre las concesiones mineras y las áreas destinadas a la conservación. En este sentido hay concesiones que actualmente se encuentran dentro de bosques protectores, los cuales poseen una gran importancia para la conservación. Sobre todo, los bosques protectores, tienen una gran importancia para la conservación de recursos hídricos y aprovisionamiento de servicios ambientales. Esto se puede notar, al ver que los bosques protectores en donde se encuentran concesiones mineras con licencia ambiental, son considerados de alta prioridad

para la conservación como lo mencionan las Políticas y Plan Estratégico del SNAP 2007-2016.

Hay que tomar en cuenta que, el motivo por el cual se crean los bosques y vegetaciones protectores, es para la conservación del agua, suelo, flora y fauna silvestres. Sin embargo, se puede ver que estas concesiones ponen en riesgo el mantenimiento y el equilibrio de los bosques protectores, si no se realiza un adecuado control y gestión ambiental. Lo mismo ocurriría si se establecen concesiones en áreas protegidas o en áreas con alto interés ecosistémico. Inclusive, la afectación podría ser significativa, si estas concesiones se encuentran en los límites o alrededores de las áreas protegidas, por la interrelación existente entre los límites y el área misma.

Los tomadores de decisiones deben debatir abiertamente sobre cuál será el interés a aplicarse en estos casos, ya sea el público o nacional. La decisión no es fácil, más aún, cuando el potencial minero se encuentra muy cerca e inclusive dentro de lugares de alta biodiversidad, donde los ecosistemas son considerados frágiles y amenazados.

LA IMPORTANCIA DE LA ADOPCIÓN DE UNA ADECUADA NORMATIVA AMBIENTAL

El contar con una normativa adecuada que vaya acorde a la Constitución, nos garantiza la mejor aplicación de la gestión ambiental, para que de esta manera se pongan en práctica los principios de prevención y de precaución, así como el respeto a los derechos de la naturaleza. Además, se debe tomar el buen vivir como punto de partida para el mejoramiento de las condiciones de vida de los ciudadanos, sin olvidarnos del medio que los rodea, el cual ya tiene derechos.

Ese respeto debe trasladarse a todas las actividades a realizarse en el país más no solo las actividades que traigan más riesgos como en las actividades extractivas. La

normativa debe reflejar la prioridad para la conservación de la biodiversidad por ser un recurso estratégico, así como la importancia que se le da por los tratados internacionales ratificados por el Ecuador.

La Constitución constituye el pilar sobre el cual se debe basar la normativa ambiental. Esta normativa no debe disminuir o quitarle importancia a la Constitución, y a la importancia que esta le da a la naturaleza, el otorgamiento de derechos y la conservación de la biodiversidad. Existe normativa ambiental vigente que ya no cumple con los nuevos derechos planteados. Es por esto que, se debe dar prioridad a que la normativa existente sea reformada para que se llegue a la coherencia necesaria con los principios planteados en la Constitución. Este es el ejemplo de la Ley de Aguas, Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Ley de Gestión Ambiental, Ley de Prevención y Control de la Contaminación y la Ley Forestal y de Áreas Protegidas; en las cuales la revisión de las mismas es de carácter urgente.

Por lo tanto, el estudio de impacto ambiental que es la forma de aplicar la normativa ambiental, se transforma en un eje central de la gestión ambiental, el cual no debe ser relegado a un mero trámite administrativo para el otorgamiento de la licencia ambiental. Debe ser una herramienta a la cual se le dé la importancia y la representatividad para que mediante la gestión ambiental, sea utilizada para el beneficio de la sociedad.

LA GESTIÓN AMBIENTAL MINERA ACTUAL Y SUS DEBILIDADES

Los grandes lineamientos previstos en la Constitución, tratados y otros instrumentos internacionales a los que se ha hecho referencia en esta investigación, se concretan a través de leyes ambientales y normas secundarias, las cuales determinan el marco normativo ambiental a seguirse en el país.

En la normativa ambiental vigente se detalla el procedimiento a seguirse para la obtención de la licencia ambiental, documento habilitante para el desarrollo de una actividad productiva. Además, se da a conocer los lineamientos de gestión ambiental para la actividad minera en el país, mediante los cuales se pretende regular y dar seguimiento a esta actividad.

Hay que recalcar la falta de concordancia entre la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, con respecto a la Reforma al Libro VI, Título I del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria; con respecto a la necesidad de elaborar ya sea fichas ambientales, declaraciones ambientales o estudios de impacto ambiental en dependencia de el tipo de minería y la escala a la cual se va a realizar la misma.

Para el caso específico de la gestión del agua, enfoque principal de esta investigación, la normativa establece la necesidad de garantizar su conservación, recuperación, manejo integral de cuencas y mantenimiento de los caudales ecológicos; regulando toda actividad que pueda afectar al recurso hídrico. Además, se determina que el agua deberá ser devuelta a su cauce libre de contaminación, para lo cual se deberá cumplir con lo establecido en la normativa ambiental vigente, como es el caso de lo estipulado dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Ley de Minería y dentro del Reglamento Ambiental para Actividades Mineras.

Sin embargo, luego de la revisión de la normativa ambiental del país, se identificaron debilidades a las que hay que dar mayor importancia con respecto a la gestión de la calidad del agua en la actividad minera. Uno de los puntos más representativos es la falta de acciones directas de gestión y control.

Es por esto que se plantea la aplicación del monitoreo activo dentro del estudio de impacto ambiental como punto clave; donde mediante modificaciones según los resultados encontrados y las necesidades, así como sus respectivos protocolos de muestreo, se dará

prioridad al seguimiento y monitoreo al cual no se hace énfasis en la normativa actual como parte de la gestión de la calidad del agua.

Además, lo que se pudo observar en la normativa es que, a pesar de que las actividades mineras se realicen en un área con algún grado de protección, los requerimientos para los estudios de impacto que presenta la normativa son los mismos que para un área que no se encuentra bajo ningún grado de protección. Situación sumamente contradictoria, ya que se debería tomar en cuenta que ciertas áreas son ecosistemas frágiles y requieren mayor atención para su conservación y, por lo tanto, los requerimientos deberían ser más estrictos y minuciosos; utilizando límites máximos permisibles que aseguren la preservación de los ecosistemas frágiles y amenazados.

En este sentido, una debilidad identificada se presenta en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria; donde se detallan los límites máximos permisibles para las descargas. Sin embargo, tomando en cuenta la actividad minera, los parámetros de las descargas generadas son muy distintas a los otros tipos de industrias.

Este es un problema, ya que la actividad minera en el país, se está produciendo generalmente en las afueras de las ciudades o en ecosistemas frágiles y amenazados; y, los límites máximos permisibles para efluentes no son tan estrictos. Al cumplir con los límites propuestos para descargas, el ecosistema se verá de todas maneras afectado, ya que no se llega a cumplir con los límites máximos permisibles para criterios de calidad de aguas para la preservación de la flora y fauna que se mencionan.

El mismo problema existe para el caso de aguas subterráneas, donde se tiene una tabla con parámetros para monitorear pero para un solo tipo de suelo, lo cual no aplica en todos los lugares debido a los distintos tipos de suelo existentes en dependencia del ecosistema y de la región.

Es necesaria la identificación de los componentes contaminantes en dependencia del tipo de minería, tanto en las aguas superficiales como en subterráneas; tomando en cuenta los procesos utilizados y aceptados para la extracción del mineral. Por lo tanto se plantea la utilización de los criterios de calidad del agua para preservación de flora y fauna para ser utilizada incorporando los parámetros determinados para descargas.

De la misma forma se reconoce que se debe hacer una revisión integra de los parámetros y límites de estas tablas; donde debe considerarse el cianuro en las mismas, ya que es un compuesto peligroso que debe ser normado y tomado en cuenta por el potencial peligro que representa para los ecosistemas frágiles. Es de vital importancia generar y modificar estas tablas, mediante estudios pertinentes y los cuales tengan un respaldo químico, bioquímico, toxicológico y eco toxicológico; para que de esta forma se pueda determinar la validez y aplicabilidad de las mismas en dependencia de la actividad a realizarse.

Otra debilidad encontrada es el seguimiento del cumplimiento del plan de manejo por parte del regulador, actividad realizada anualmente. Sin embargo, es un plazo muy extenso, ya que debe existir la flexibilidad para cambiar, tomar medidas y acciones acorde al momento, así como para tomar las correcciones pertinentes en caso de contaminación.

Es importante mencionar que falta un mayor sustento de la gestión ambiental de la calidad del agua, mediante la utilización de índices de calidad biológica y los índices biológicos, con los que se dé una visión integral de la condición del agua; y, de esta forma no solo poner énfasis en el monitoreo físico químico. La incorporación de estos índices en una normativa especial es vital y a su vez es complementaria, ya que no solo se los utilizaría en el diagnóstico inicial, sino también para el monitoreo y el seguimiento en el transcurso de la actividad, como obligación.

A pesar de que en Acosta et al. (2009) se ha elaborado un protocolo específico el cual podría ser tomado en cuenta para los ecosistemas andinos, para utilizar los índices biológicos, dicha investigación y sus resultados no se han tomado en cuenta en la normativa nacional, situación que resulta muy preocupante; ya que, existen investigaciones que obtienen resultados aplicables directamente a la realidad del país y no son tomadas en cuenta para la generación de políticas públicas que fortalezcan la gestión ambiental en el país.

Que investigaciones como esta permanezcan como planteamientos académicos afecta a la mejora de la calidad ambiental del país, más aún en la realización de proyectos extractivistas, en donde políticas públicas generadas a partir de estas investigaciones así como de diversos índices para cada región del país, serían de gran ayuda para identificar de mejor manera los impactos ambientales que se pueden estar provocando.

La necesidad de conocer cuánto se está perdiendo por la actividad minera es muy importante; por esto, una herramienta para disminuir esta incertidumbre es la valoración económica de servicios ambientales. Esto hará que lo planteado por la Constitución en cuanto al Buen Vivir, así como los derechos de la naturaleza se cumpla, mediante una gestión correcta y equitativa de los recursos naturales.

El agua, siendo un derecho fundamental, debe tener prioridad frente a una sobrexplotación y sobre todo si esta actividad, a pesar de traer réditos económicos importantes para el país, ponga en riesgo la supervivencia de los ecosistemas, la vida de las personas y el bienestar de las futuras generaciones.

Otra debilidad detectada para la identificación de posibles impactos, es que no se toman en cuenta los posibles escenarios derivados de la contaminación de los ecosistemas. Esto puede ser provisto por los modelamientos matemáticos, los cuales permiten elaborar el plan de contingencias acorde a la realidad y evaluar de mejor manera los riesgos

presentes frente a posibles eventos de contaminación. De esta manera también se puede estimar y elegir el método para el tratamiento de efluentes y desechos más adecuado, según el tipo de minería y según la cantidad de efluentes.

La falta de métodos para el tratamiento del cianuro, utilizado en la minería de oro, cobre, zinc y plata, es otra debilidad encontrada. Esto debido a la toxicidad derivada del cianuro, cuyos compuestos pueden resultar más peligrosos principalmente por la persistencia en el tiempo y por la falta de conocimiento de sus efectos sobre los organismos vivos. Se debe tomar en consideración para una correcta la gestión de la calidad del agua, aquellos compuestos perjudiciales; determinando sus límites máximos permisibles y los métodos de tratamiento más adecuados.

Dentro de la normativa tampoco se presenta un método adecuado para la determinación del caudal ambiental, tema sumamente complejo. Esto debido a que no es solamente necesario el cálculo del caudal para el uso personal o industrial, sino también para el correcto funcionamiento del ecosistema. Existe una gran variedad de métodos para escoger, sin embargo en la normativa no se ha propuesto un método específico, sino que se ha venido utilizando el más simple el cual no requiere de una evaluación del caudal necesario para el desarrollo normal de ecosistema y todos sus componentes. La necesidad de incorporar un cálculo del caudal ambiental utilizando el método holístico, en donde se hace un análisis integral del ecosistema, se convertiría en una herramienta muy valiosa para la línea base así como para el monitoreo y seguimiento; el cual se debe dar para la preservación de los ciclos biogeoquímicos, conservación de especies de flora y fauna, y equilibrio de los ecosistemas frágiles y amenazados. No solamente para la permanencia en el tiempo de una actividad económica, en este caso como la actividad minera.

Con todas estas propuestas lo que se pretende es implementar el enfoque ecosistémico para la elaboración de la normativa, buscando un manejo integral, así como la

conservación a largo plazo de los ecosistemas buscando el bien de la sociedad, satisfaciendo sus necesidades

NECESIDAD DE NORMAS ESPECIALES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL MINERA

La expedición de una normativa especial y específica para la aplicación en la actividad minera, debe ser una prioridad, debido a la variedad de tipos y escalas de minería. Es un reto alcanzable y aplicable, el cual debe basarse en estudios específicos que validen los cambios por realizarse. Es así que las propuestas realizadas como parte de esta investigación son un punto de partida importante para la aplicación de una normativa específica, o la reforma de la ya existente.

No se debe dejar de lado el que, al plantear actividades y proyectos en ecosistemas frágiles y amenazados, es necesario tomar medidas más rigurosas que deben estar plasmadas en una normativa especial, para de esta manera conservar el área, evitando causar desequilibrios en los ecosistemas. A pesar de que las condiciones naturales del ecosistema no se restablezcan, se debe prevenir al máximo la contaminación derivada de esta actividad.

La necesidad de normas especiales para los diversos tipos de minería y sus escalas es primordial, debido a la realización de actividades ya por muchos años y donde el control fue deficiente. Más aún ahora, cuando se va a incursionar en la minería a gran escala, que debido a la falta de experiencia nos ha dejado con más interrogantes que respuestas en cuanto a los efectos de la misma sobre los ecosistemas frágiles y amenazados.

La importancia de una gestión ambiental responsable, tanto pública como privada, al momento de incursionar en actividades que puedan traer impactos negativos, marcan la necesidad de una normativa específica, que detalle claramente las medidas a ser tomadas

para su prevención o para mitigar dichos impactos. Esta debe ser una herramienta fundamental para la conservación de ecosistemas y comunidades, que incluya capacitación e investigación del patrimonio natural lo que promoverá la protección de los ecosistemas.

Además, en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, se afirma que el Ministerio de Ambiente expedirá normas técnicas ambientales de calidad para agua, aire y suelo; lo que da a ver la necesidad de tomar en cuenta la realización de normas que regulen las actividades en ecosistemas frágiles y amenazados.

A pesar de que realice la gestión integral, estos ecosistemas nunca volverán a su estado original, por lo que la explotación de los recursos no renovables debería estar prohibida en lugares de alta sensibilidad y vulnerabilidad, al ser un claro ejemplo que se producen impactos irreversibles. Con esto no se pretende decir que no se realicen actividades de explotación de recursos no renovables que ya es algo que se ha venido dando desde hace muchos años, pero las consecuencias de un mal manejo y control ya se lo está viviendo con la minería artesanal y la explotación petrolera. Por lo que los estudios ambientales con sus planes y programas deben garantizar la protección debida, así como procurara evitar con un buen monitoreo los accidentes.

Si son áreas protegidas y ecosistemas amenazados deberían existir actividades que no se puedan realizar dentro de ellas, debería existir un régimen especial por su vulnerabilidad, con esto se pretende establecer que las personas que vivan en ellas realicen actividades de subsistencia con asesoramiento, más no actividades extractivistas tan perjudiciales y riesgosas. De esta manera los estudios ambientales dejarían de ser meros trámites administrativo si no que convertirían en un instrumento de gestión para la prevención de impactos negativos.

Mediante la realización de esta investigación, se pudo comprobar que el establecimiento de normas especiales, a través de una reforma normativa y la

identificación de requerimientos técnicos referentes al manejo del recurso agua, incidirán en una mejor gestión ambiental minera, asegurando así los objetivos de la conservación de ecosistemas frágiles y amenazados: esta investigación plantea un panorama a un nivel general, mediante el cual se puede establecer un punto de partida para la elaboración de una nueva normativa.

Además de ser la base para la creación de la nueva normativa, esta investigación constituye el punto de partida para la realización de nuevas investigaciones, donde se tomen en cuenta los casos específicos y así sustentar las nuevas propuestas que se tomarían en cuenta en las siguientes normas. Se concluye, de esta investigación, la necesidad de profundizar y contextualizar posteriormente las propuestas planteadas, dentro de la especificidad de los tipos de minería existente y dentro de la realidad del país.

RECOMENDACIONES

La propuesta planteada a lo largo de la investigación se enmarca en la necesidad de que los estudios ambientales tengan más herramientas de análisis para determinar si se está realizando de una manera correcta la gestión ambiental con especial énfasis en la gestión de la calidad del agua.

Esta se basó en incorporar ciertos requerimientos técnicos dentro de los estudios ambientales, y una revisión integra de los parámetros máximos permisibles del Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Los requerimientos planteados se sistematizaron y se pueden ver en la Figura 13. Además se recomienda la inclusión de los requerimientos técnicos propuestos dentro de cuatro fases específicas de la elaboración del estudio ambiental (Figura 14), lo cual logrará que la gestión ambiental se fortalezca.

La revisión de los límites máximos permisibles no entraría dentro del estudio de impacto ya que se constituiría en una reforma específica al Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, donde se generarían tablas que contengan límites máximos permisibles que cumplan con la preservación de la flora y fauna y que incorporen parámetros específicos como el cianuro y los compuestos derivados. Mientras se realizan estos estudios específicos se recomienda la utilización de las Tabla 3 y 4 de Anexo 1 del Libro VI más la incorporación de los parámetros faltantes de que se encuentran actualmente en la Tabla 12.

Es interesante además, para el análisis de los límites máximos, monitoreo, transporte y manejo del cianuro; el análisis del Código Internacional para el Manejo del Cianuro, el cual podría servir como una forma de apoyo para el control del cianuro y sus compuestos.

Se recomienda además que se elabore la nueva normativa de manera urgente, ya que se deben tomar en cuenta las debilidades encontradas en esta investigación para que se adapten a esta nueva era que está llegando al país; la era de la actividad minera a gran escala. Por otro lado también se recomienda y es indispensable recalcar la necesidad de que se realicen investigaciones específicas en cuanto a los distintos tipos de minería, de tratamientos específicos y aplicación de los estudios ya realizados en otros países a la realidad del Ecuador.

Resulta trascendental, el tomar en cuenta investigaciones que ya se han venido realizando en el país con respecto a la actividad minera. Este es el caso de la investigación de Acosta et al. (2009), la cual ya elabora un protocolo aplicable a los ecosistemas andinos. Investigaciones como esta son las que aportan significativamente al mejoramiento y al complemento de la normativa ambiental y de las políticas públicas a generarse. Para esto se debe tener un sistema de difusión de dichas investigaciones para que los generadores de políticas públicas tengan acceso a información académica que aporta al mejoramiento de la calidad ambiental.

Es sumamente importante recordar que la participación ciudadana en una base para alcanzar el buen vivir, de esta manera el que la sociedad se involucre dentro del seguimiento y control de actividades como la minera es esencial, ya que sus aportes así como el monitoreo es de gran ayuda para prevenir impactos negativos. Es necesario impulsar la participación ciudadana mediante veedurías, sin embargo no se la debe mantener simplemente como un mecanismo de información de una actividad a realizarse, sino como una herramienta de seguimiento y control. De esta forma, el proponente no utilizará la participación ciudadana para su beneficio, sino también para el beneficio de la población quienes con su participación activa y conocimiento del área, pueden dar grandes aportes para el mantenimiento de una correcta gestión ambiental de la calidad del agua.

También se deben tomar en cuenta, investigaciones relativas a la biominería, el cual es un tema que debe ser considerado, determinando los microorganismos que pueden ser utilizados. Además, algo que en esta investigación no se realizó y que es igual de importante, es el análisis de propuestas para el cierre de la mina, así como la remediación de los pasivos ambientales y la rehabilitación de las áreas después de una extracción intensiva.

Otro punto muy importante en cual se debe adentrar es en el análisis de la huella hídrica de la minería, ya que con indicadores como este nos daremos cuenta de las medidas que son necesarias para disminuir el uso de agua, así como el cálculo de la huella ecológica de los distintos tipos de minería, cálculo que ayudará a reducir los consumos y por lo tanto puede ser evaluado por los tomadores de decisiones para la elaboración de políticas públicas.

LITERATURA CITADA

- Abbasi, T., y Abbasi, S. 2011. Water quality indices based on bioassessment: The biotic indices. *Journal of Water and Health*, 9(2), 330-348.
- Abdelghani, F., Simon, R., Aubertin, M., Molson, J., y Therrien, R. 2009. Modelling water flow and transport of contaminants from mine wastes stored in open pits within fractured rock. *GeoHalifax*, 1554-1561.
- Acosta, A. 2009. Los grandes cambios requieren de esfuerzos audaces. En Alberto Acosta y Esperanza Martínez (Eds.), *Derechos de la naturaleza: El futuro es ahora*. Quito: Abya-Yala.
- Acosta, A. 2010. Agua: Un derecho humano fundamental. En Alberto Acosta y Esperanza Martínez (Eds.), *Agua: Un derecho humano fundamental*. Quito: Abya-Yala.
- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall M., y Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnética*, 28(1), 35-64.
- Alonso, A., y Camargo, J.A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14(3), 87-99.
- Anadi, y Ogbonnay, Y. 2011. Quality Evaluation of River Chanchaga Using Metal Pollution Index and Principal Component Analysis. *Journal of Geography and Geology*, 4(2), 13 - 21.
- Andrade, A., Arguedas, S., y Vides, R. 2011. Guía para la aplicación y monitoreo del enfoque ecosistémico. s/r: CEM-UICN, CI-Colombia, ELAP-UCI, FCBC, UNESCO-Programa MAB.
- Andrade, A., y Navarrete, F. 2004. Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico. México D.F.: PNUMA.
- Arias, V. 2012. Los caudales ecológicos en el Ecuador: análisis institucional y legal. *Temas de Análisis*, 24(3), 1-8.
- Arthington, A., Tharme, R., Brizga, S., Pusey, B. y Kennard, M. s/f. Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies. s/r.
- Astorga, E., Soto, L. y Iza, A. 2007. Evaluación de Impacto Ambiental y Diversidad Biológica. Gland, Suiza: UICN.

- Barreno, Y. 2010. La Minería, tan Antigua como el Hombre. Quito: Ministerio de Recursos Naturales No Renovables.
- Barreno, Y. 2012. Minería, una fuente para el desarrollo (Segunda ed.). Quito: Ministerio de Recursos No Renovables.
- Bosecker, K. y Blumenroth, P. 2001. Microbial Treatment of Cyanide and Heavy Metals Containing Waste Water from Gold Mining. 7* International Mining Congress and Exhibition of Turkey, 203-207.
- Brown, R., Nina, M., McClelland, I., Deininger, R. y Tozer, R. 1970. A Water Quality Index: Do we dare?. Water And Sewage Works, 339- 343.
- Bustamante, T. y Lara, R. 2010. El Dorado o la caja de Pandora: matices para pensar la minería en Ecuador. Quito: FLACSO Sede Ecuador.
- Capítulo, A., Tangorra, M. y Ocón, C. 2001. Use of benthic macroinvertebrates to assess the biological status of Pampean streams in Argentina. Aquatic Ecology, 35, 109-119.
- Carrera, C. y Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Quito: EcoCiencia.
- CIDSE. 2009. América Latina: Riqueza privada, pobreza pública. Quito: Agencia Latinoamericana de Información (ALAI).
- CME. 2011. Crónica Minera. Retrieved 20 de Junio, 2011, from http://www.cme.org.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=4
- Comisión Chilena del Cobre. s/f. Analisis Comparativo De Normativas de Descarga de Residuos Liquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales de /007 /08. Dirección de Estudios.
- Dávila, P. y Andrade, F. 2005. Capítulo II: Instrumentos de la gestión ambiental en Ecuador Derecho Ambiental - Texto para la Cátedra. Quito: ECOLEX.
- Eko, G. y Febrina, R. 2011. The Simplification of Doe Water Quality Index Calculation Procedures Using Graphical Analysis. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(2), 207 - 214.
- Elbers, J. 2011. Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro. Quito: UICN.
- Espinoza, G. 2001. Fundamentos de la Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago, Chile: BID - CED.

- Estudios Mineros del Perú S.A.C s/f. Manual de Minería. Lima: Estudios Mineros del Perú S.A.C.
- Figuroa, I., Chicaiza, G. y Zorrilla, C. 2010. Minería: Impactos y protección para las comunidades. Quito: Fundación Pachamama.
- Gobierno de Australia. 2008. Cyanide Management. Australia: Departamento de Recursos, Energía y Turismo.
- Grijalva, A., Pérez, E. y Oyarte, R. 2010. Desafíos del Derecho Ambiental Ecuatoriano frente a la Constitución Vigente. Quito: CEDA.
- Guaranda, W. 2009. Diagnóstico Legal de la Minería en el Ecuador. Retrieved 20 de Junio, 2011, from http://www.inredh.org/index.php?option=com_content&view=article&id=242%3Adiagnostico-legal-de-la-mineria-en-el-ecuador&Itemid=126
- Gudynas, E. 2009. Derechos de la naturaleza y políticas ambientales. En Alberto Acosta y Esperanza Martínez (Eds.), Derechos de la naturaleza: El futuro es ahora. Quito: Abya-Yala.
- Herzog, S., Martínez, R., Jørgensen, P. y Tiessen, H. 2011. Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes: Inter-American Institute for Global Change Research y el Scientific Committee on Problems of the Environment.
- IHOBE S.A. 2006. Guía Técnica para la aplicación de modelos informáticos para el transporte y el flujo de contaminantes en el agua subterránea. España: Gobierno Vasco.
- Ikingura, J. R. y Akagi, H. 1996. Monitoring of fish and human exposure to mercury due to gold mining in the Lake Victoria goldfields, Tanzania. *Science of The Total Environment*, 191(1,Ä2), 59-68.
- Instituto Geográfico Militar. 2010. Atlas Geográfico de la República del Ecuador. Quito: SENPLADES.
- Instituto Geológico y Minero de España. 2004. Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Johnson, B. y Hallberg, K. 2005. Acid mine drainage remediation options: a review. *Science of the Total Environment* 338, 3-14.
- Jorgensen, P. y León-Yáñez, S. 1999. Catalogo de Plantas Vasculares del Ecuador. Estados Unidos de Norte América: Missouri Botanical Garden Press.

- Jowett, I. 1997. Instream flow methods: a comparison of approaches. *Regulated Rivers: Research & Management*, 13, 115-127.
- Kocian, M., Batker, D. y Harrison-Cox, J. 2011. *An Ecological Study of Ecuador's Intag Region: The Environmental Impacts and Potential Rewards of Mining*. Tacoma: Earth Economics.
- Lee, F. y Jones, A. 1983a. Active versus passive water quality monitoring programs for wastewater discharges. *Journal WPCF*, 55(4).
- Lee, F. y Jones, A. 1983b. Guidelines for sampling ground water. *Journal WPCF*, 55(1), 92-96.
- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman N., Endara, L., Ulloa Ulloa, C. y Navarrete, H. (eds.) 2011. *Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador*, 2da Edición. Quito: Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Ministerio de Energía y Minas. 2007. *El ABC de la Minería en el Ecuador*. Quito: Ministerio de Energía y Minas.
- Ministerio de Recursos Naturales No Renovables. s/f. *Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero 2011 - 2015*. Quito: Ministerio de Recursos Naturales No Renovables.
- Ministerio del Ambiente. 2006. *Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007 - 2016*. Quito: Proyecto GEF: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- Ministerio del Ambiente, EcoCiencia, y Unión Mundial para la Naturaleza. 2001. *La Biodiversidad del Ecuador. Informe 2000*. Quito: Ministerio del Ambiente, EcoCiencia y Unión Mundial para la Naturaleza.
- Miranda, M., Burris, P., Bingcang, J., Shearman, P., Briones, J., La Viña, A. y Menard, S. 2003. *Mining and Critical Ecosystems: Mapping The Risks*. Washington: World Resources Institute.
- Miranda, M. y Sauer, A. 2010. *Mine the Gap: Connecting Water Risks and Disclosure in the Mining Sector*. Washington DC: World Resources Institute.
- Morán, R. 1998. *Cyanide Uncertainties: Observations on the Chemistry, Toxicity, and Analysis of Cyanide in Mining-Related Waters (Vol. Issue Paper No. 1)*: Mineral Policy Center
- Nanda, I., Shivakumar, M. y Madan, P. 2012. An assessment of groundwater quality using water quality index in Chennai, Tamil Nadu, India. *Chron Young Sci* 3, 146-150.

- Ninan, K., Jyothis, S., Babu, P. y Ramakrishnappa, V. 2007. *The Economics of Biodiversity Conservation: Valuation in Tropical Forest Ecosystems*. London: Earthscan.
- Parker, C. y Salansky, G. s/f. *Benthic Macroinvertebrate Monitoring Protocol Manual: Great Smoky Mountains National Park*. EUA: Great Smoky Mountains National Park.
- Pillajo, E. 2011. *La Minería al Servicio de los Ecuatorianos*. Quito: FUNGEOMINE.
- Roa, T. y Urrea, D. 2010. *Aguas y movimiento: Culturas y derechos*. En Alberto Acosta y Esperanza Martínez (Eds.), *Agua: Un derecho humano fundamental*. Quito: Abya-Yala.
- Ron, S., Bustamante, M., Coloma, L. y Belene. 2009. *Sapos*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Sacher, W. y Acosta, A. 2012. *La Minería a Gran Escala en el Ecuador: Análisis y Datos Estadísticos sobre la Minería Industrial en el Ecuador*. Quito: Abya-Yala.
- Salánki, J., Farkas, A., Kamardina, T. y Reza, K. 2003. Molluscs in biological monitoring of water quality. *Toxicology Letters*, 140, 403-410.
- Santander, T., Freile, J. y Loor-Vela, S. 2009. Ecuador. Pág. 187 –196 en C. Devenish, D. F. Díaz Fernández, R. P. Clay, I. Davidson y I. Yépez Zabala Eds. *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. Quito, Ecuador: BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16).
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Comisión Holandesa para Evaluación Ambiental. 2006. *Cuaderno Técnico CDB No. 26 la diversidad biológica en las evaluaciones de impacto*. Documento de antecedentes de la Decisión VII/28 del Convenio sobre la Diversidad Biológica: Directrices voluntarias sobre evaluaciones de impacto, incluida la diversidad biológica. Montreal: CDB.
- SENPLADES. 2013. *Plan Nacional de Desarrollo / Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Shepherd, G. 2006. *El Enfoque Ecosistémico: Cinco Pasos para su Implementación*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN.
- Solís, F. y Arroyo, A. 2008. *Agua, minería y conflictos socioambientales*. Quito: CAMAREN y CARE International.

- Suárez, S. 2010. Riesgos y oportunidades que plantea la Constitución ecuatoriana en relación a biodiversidad, actividades extractivas, servicios ambientales y áreas protegidas. Quito: CEDA.
- Tirira, D. (ed.) 2011. Libro Rojo de las Mamíferos del Ecuador. 2ª edición. Quito: Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica de Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Todd, C. y Roux, D. 2000. Design of an Aquatic Biomonitoring Programme, Using the South African River Health Programme as a Case Study. 1st WARFSA/WaterNet Symposium: Sustainable Use of Water Resources, 1-8.
- UNESCO. 2002. Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Paper presentado en la II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, Campiñas - Brasil.
- Varela, M. 2010a. Las actividades extractivas en Ecuador. Ecuador Debate, 79, 127-150.
- Varela, M. 2010b. Las actividades extractivas en el Ecuador. Ecuador Debate, 79, 127 - 150.
- Weemaels, N. 2010. Uso y aprovechamiento del agua: Situación nacional y propuesta. En Alberto Acosta y Esperanza Martínez (Eds.), Agua: Un derecho humano fundamental. Quito: Abya-Yala.
- WRI. s/f. The environmental and social impacts of smallscale mining operations. Washington: World Resources Institute.
- Zagury, G., Neculita, C. y Bussièrre, B. 2007. Passive Treatment of Acid Mine Drainage in Bioreactors: Short Review, applications, an research needs. OttawaGeo2007, 1439-1446.
- Zegarra, D. y Frías, O. 2003. Toxicología Ambiental en Minería: Herramientas para la Evaluación del Impacto. ESAN - Cuadernos de Difusión, 8(15), 39 - 47.
- Zipper, C., Skousen, J. y Jage, C. s/f. Passive Treatment of Acid-Mine Drainage. s/r.

Normativa

- Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial No. 449, 20 de octubre de 2008
- Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural (1972).
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de Aves Acuáticas (RAMSAR) (1971) ratificado en 1975.
- Convenio de Basilea (1989) y entró en vigor en 1992.
- Convenio sobre Diversidad Biológica (1992), ratificado en 1993.
- Convenio de Rotterdam (1998) ratificado en 2004.
- Declaración de Río (1992).
- Estrategia de Sevilla y el Marco Estatutario de la Red Mundial - Reservas de Biósfera (1995).
- Informe Brundtland: Informe elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo - CMMAD para la ONU (1987).
- Ley Orgánica Reformativa a la Ley de Minería, Registro Oficial No. 37, 16 de julio de 2013.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación, Registro Oficial 97, 31 de mayo de 1975.
- Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial No. 245, 30 de julio de 1999.
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Registro Oficial No. 418, 10 de septiembre del 2004.
- Codificación de la Ley de Aguas, Registro Oficial No. 339, 20 de Mayo del 2004.
- Ley de Minería, Registro Oficial No. 517, 29 de Enero del 2009.
- Decreto Ejecutivo No. 3516: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULAS o TULASMA), Registro Oficial No. 725, 16 de diciembre de 2002.
- Decreto 1040: Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial No. 332, 8 de mayo de 2008.
- Acuerdo Ministerial No. 011: Normas técnicas que establecen los contenidos, características y condiciones mínimas de los Términos de Referencia para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental para todas las fases mineras, Registro Oficial No. 64, 23 de Agosto de 2010.

- Acuerdo No. 068: Reforma al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), Registro Oficial No. 33, 31 de Julio de 2013.
- Acuerdo No. 074, Reforma al Acuerdo Ministerial No. 068, Registro Oficial No. 63, 21 de Agosto de 2013.
- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la República del Ecuador, Registro Oficial No. 67, 16 Noviembre de 2009

FIGURAS

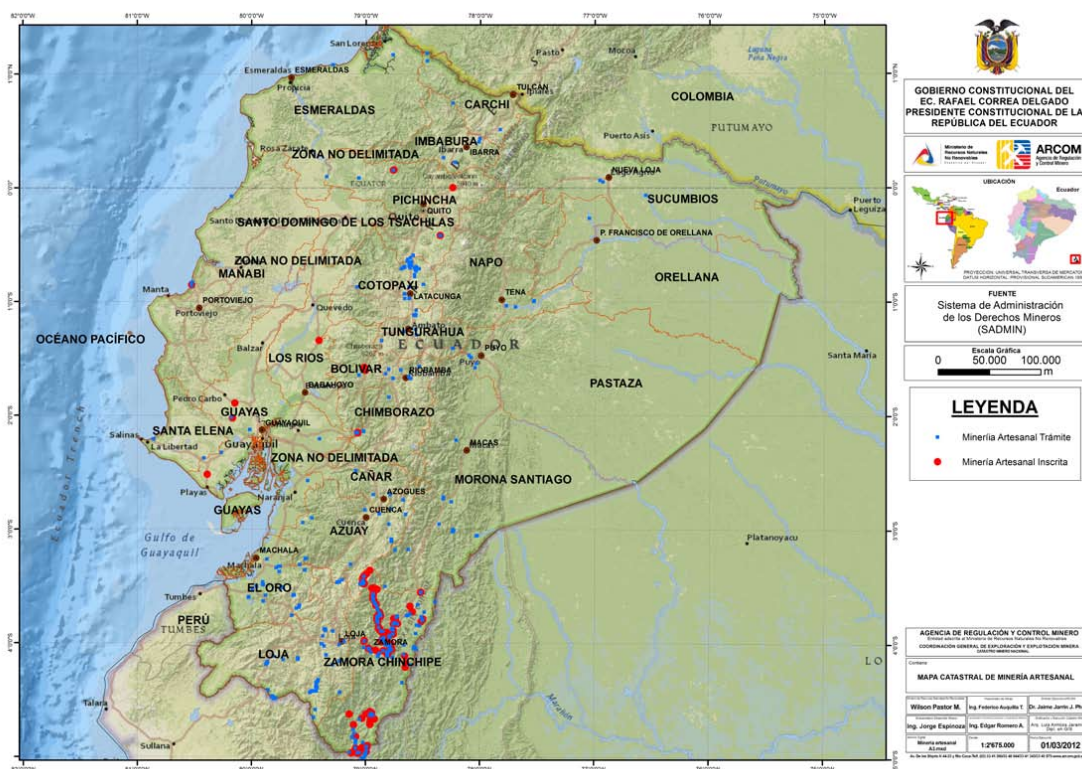


Figura 1. Mapa catastral de minería artesanal. Fuente: Agencia de Regulación y Control Minero.

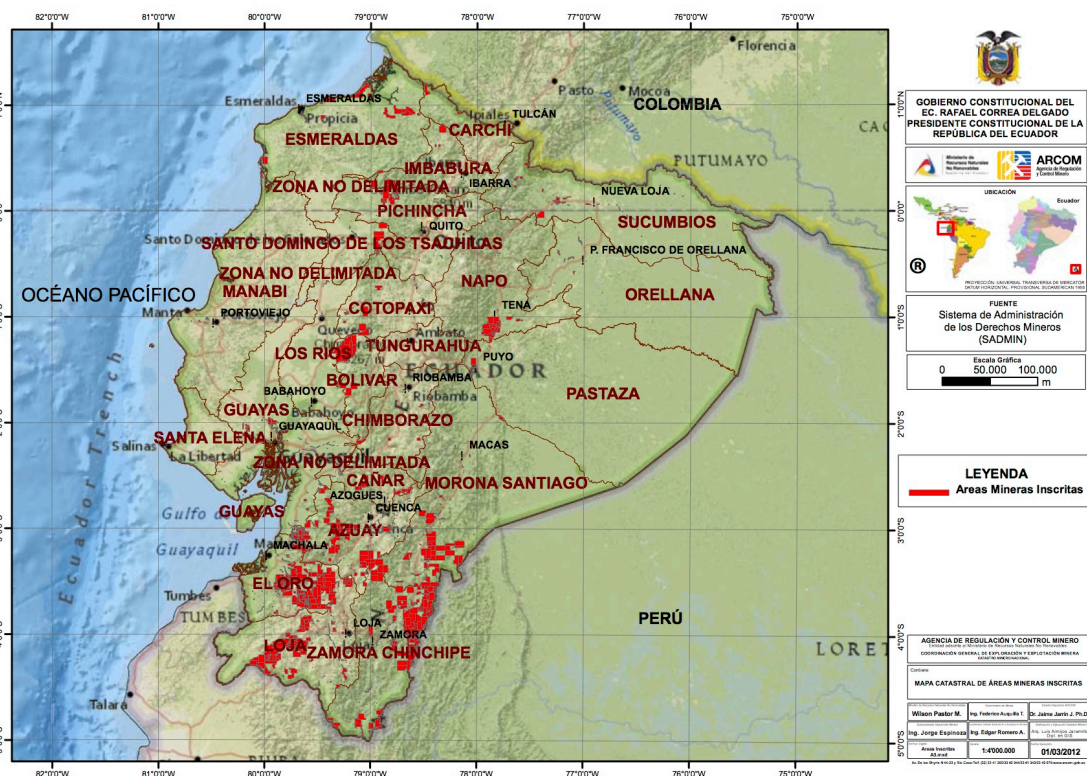


Figura 2. Mapa catastral de áreas mineras inscritas. Fuente: Agencia de Regulación y Control Minero.

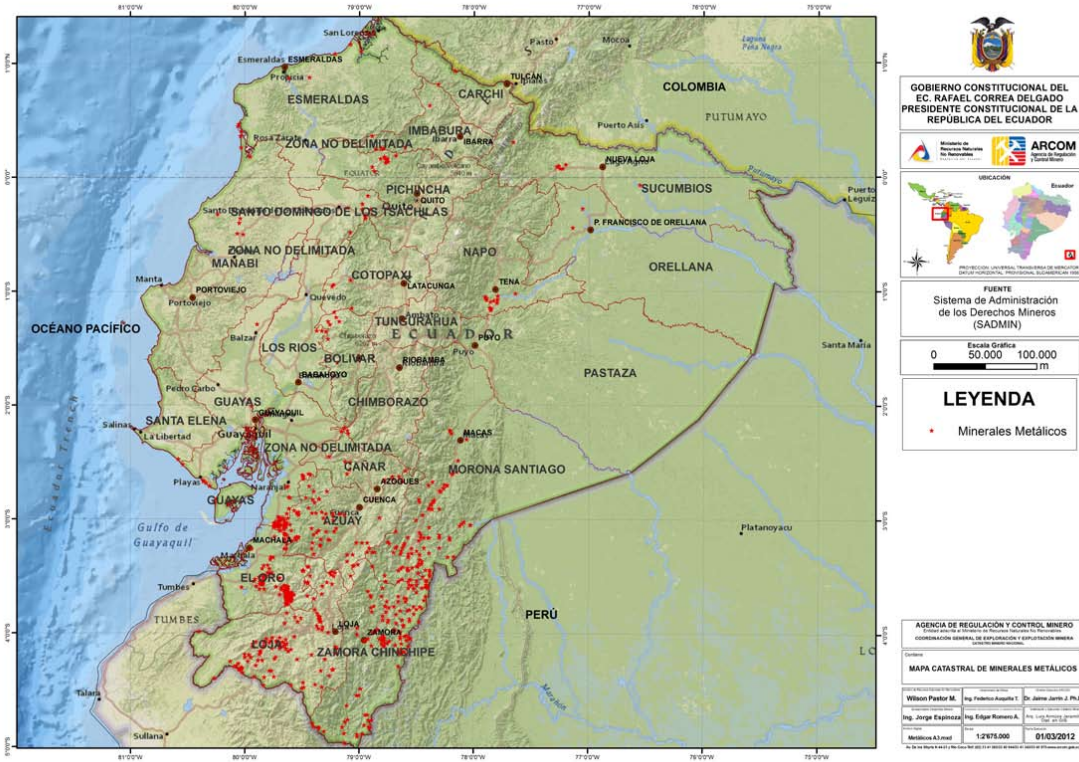


Figura 3. Mapa catastral de minerales metálicos. Fuente: Agencia de Regulación y Control Minero.

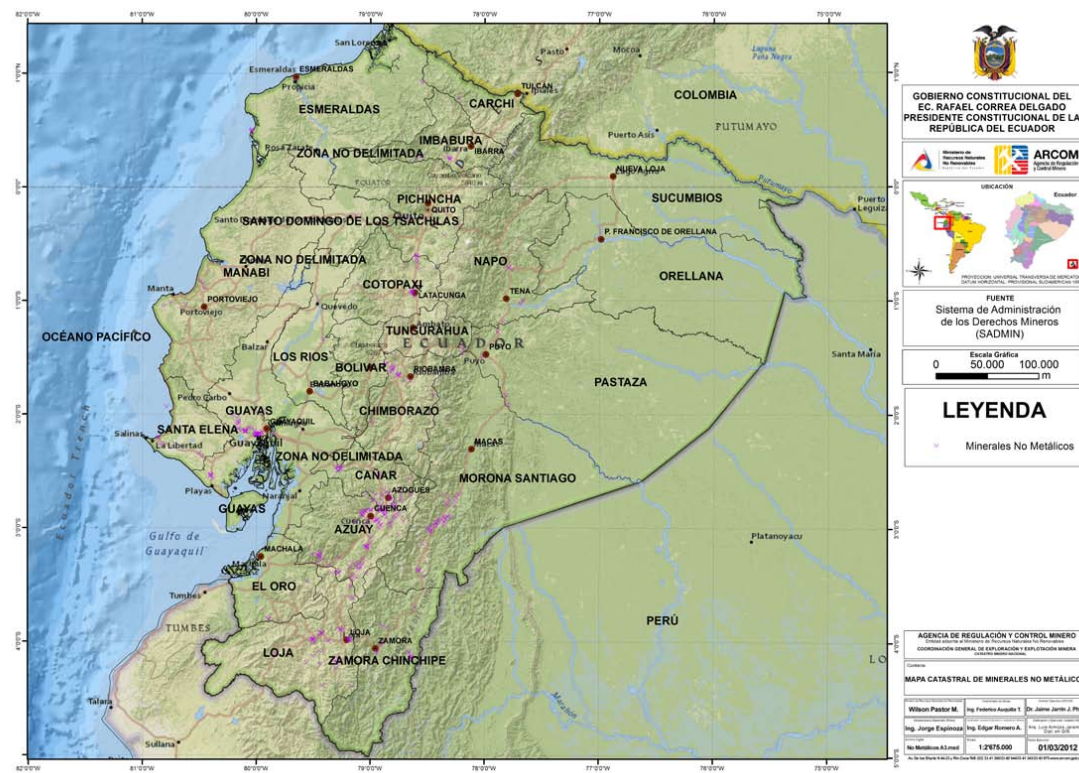


Figura 4. Mapa catastral de minerales no metálicos. Fuente: Agencia de Regulación y Control Minero.

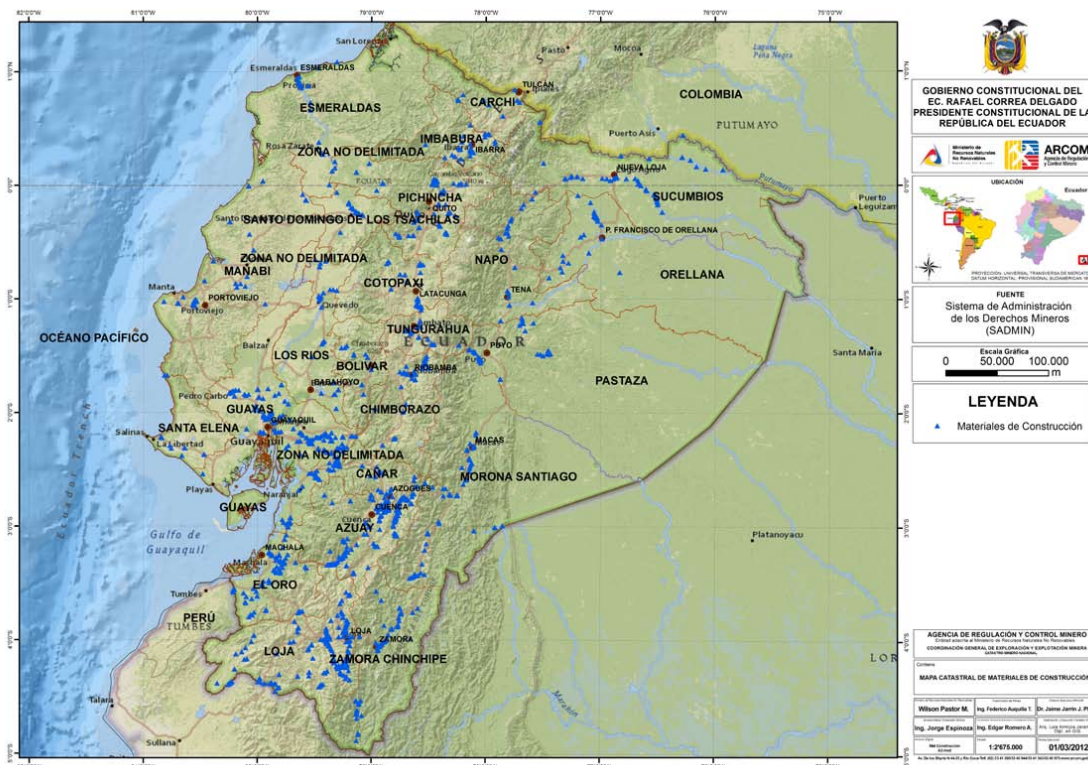


Figura 5. Mapa catastral de materiales de construcción. Fuente: Agencia de Regulación y Control Minero.

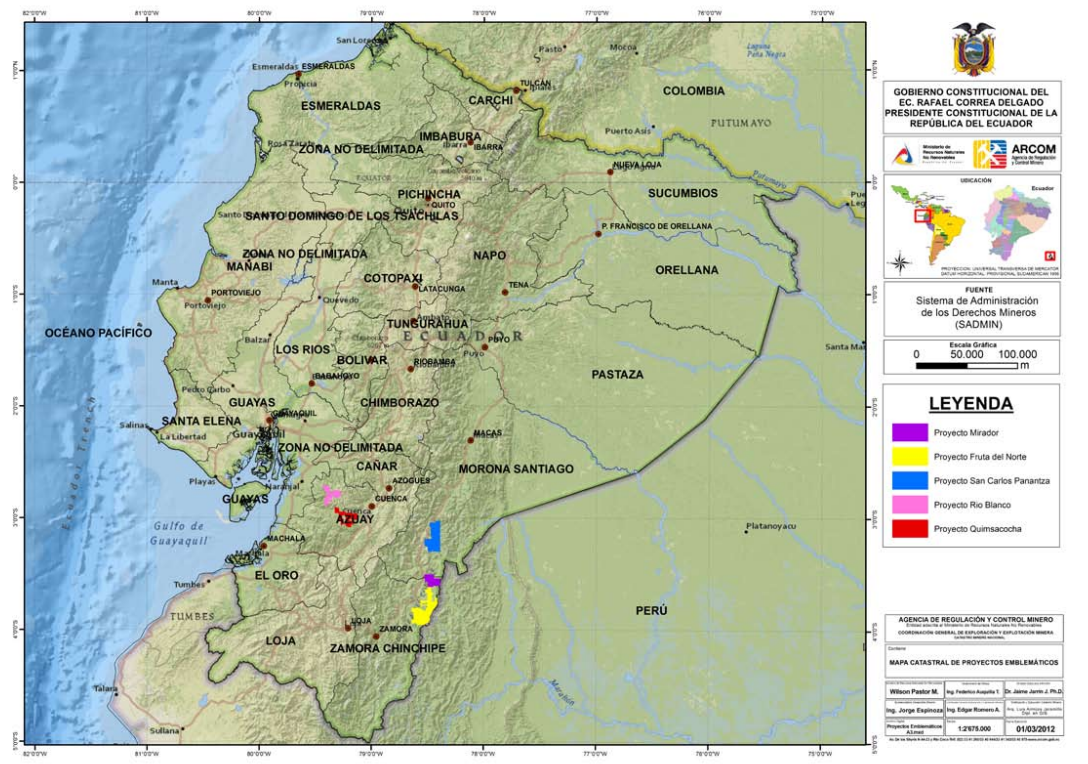


Figura 6. Mapa catastral de proyectos emblemáticos. Fuente: Agencia de Regulación y Control Minero.

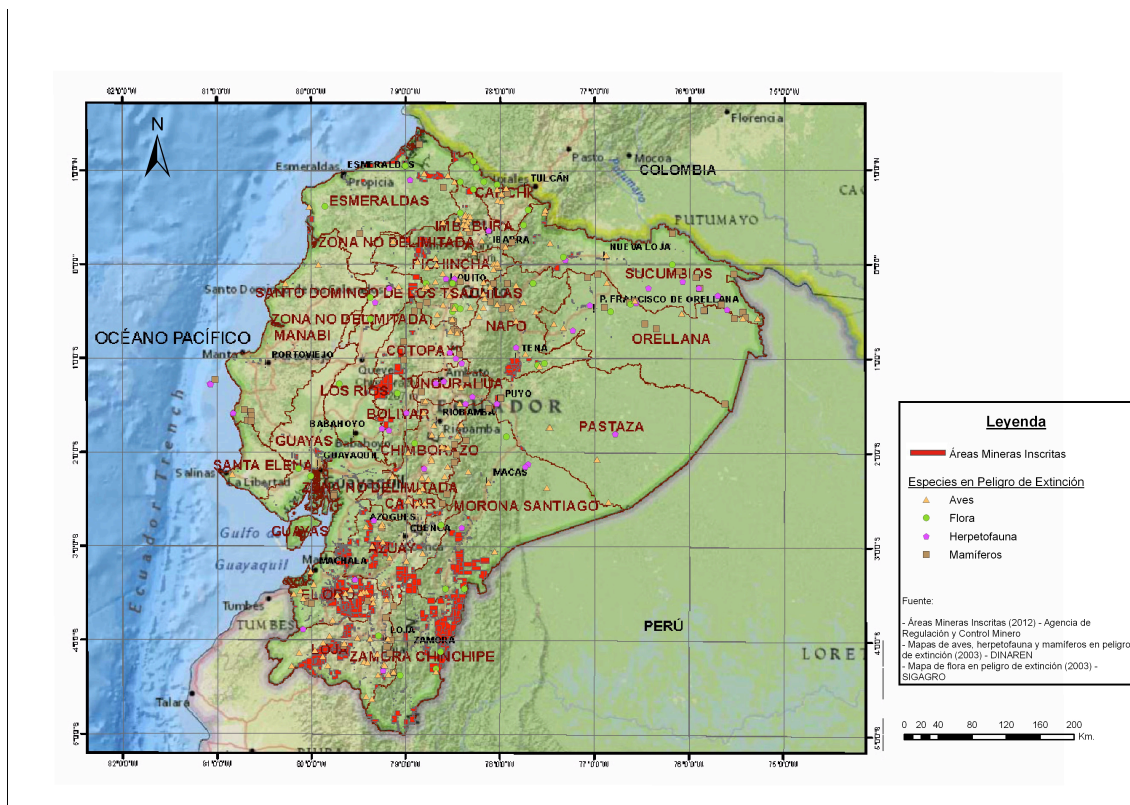


Figura 7. Áreas mineras inscritas vs especies en peligro de extinción. Elaboración: propia.

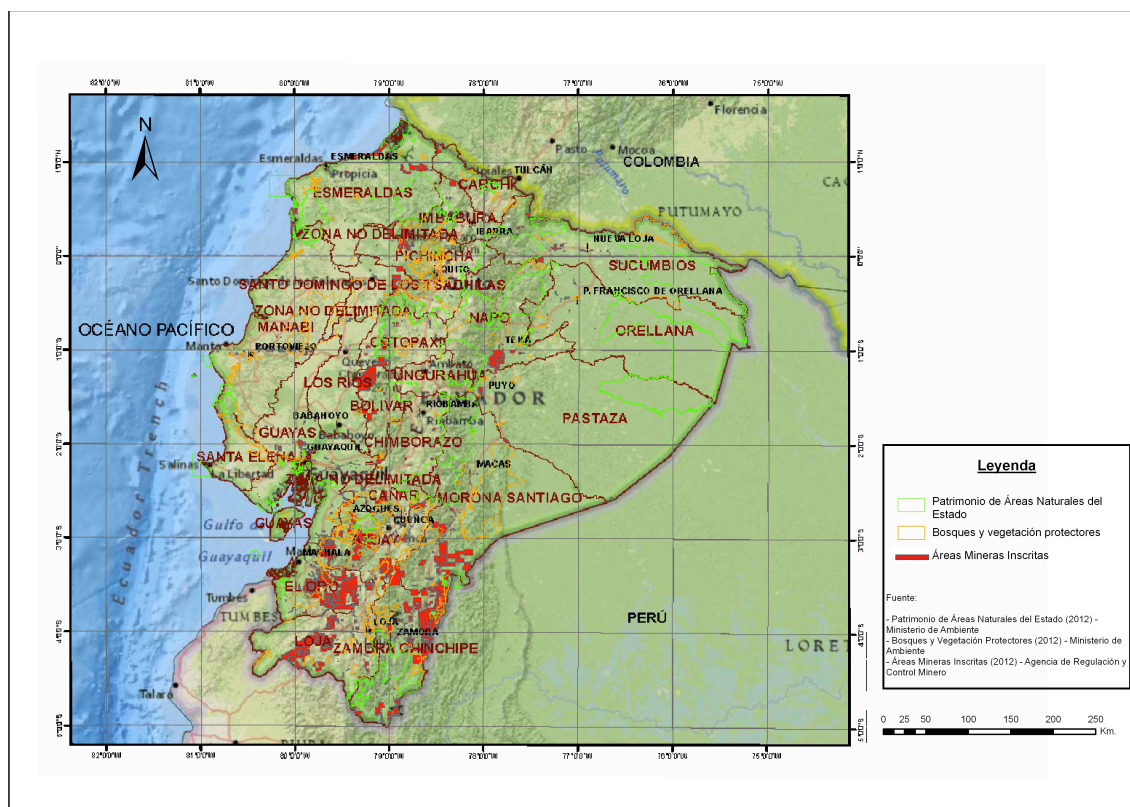


Figura 8. Proyectos emblemáticos vs especies en peligro de extinción. Elaboración: propia.

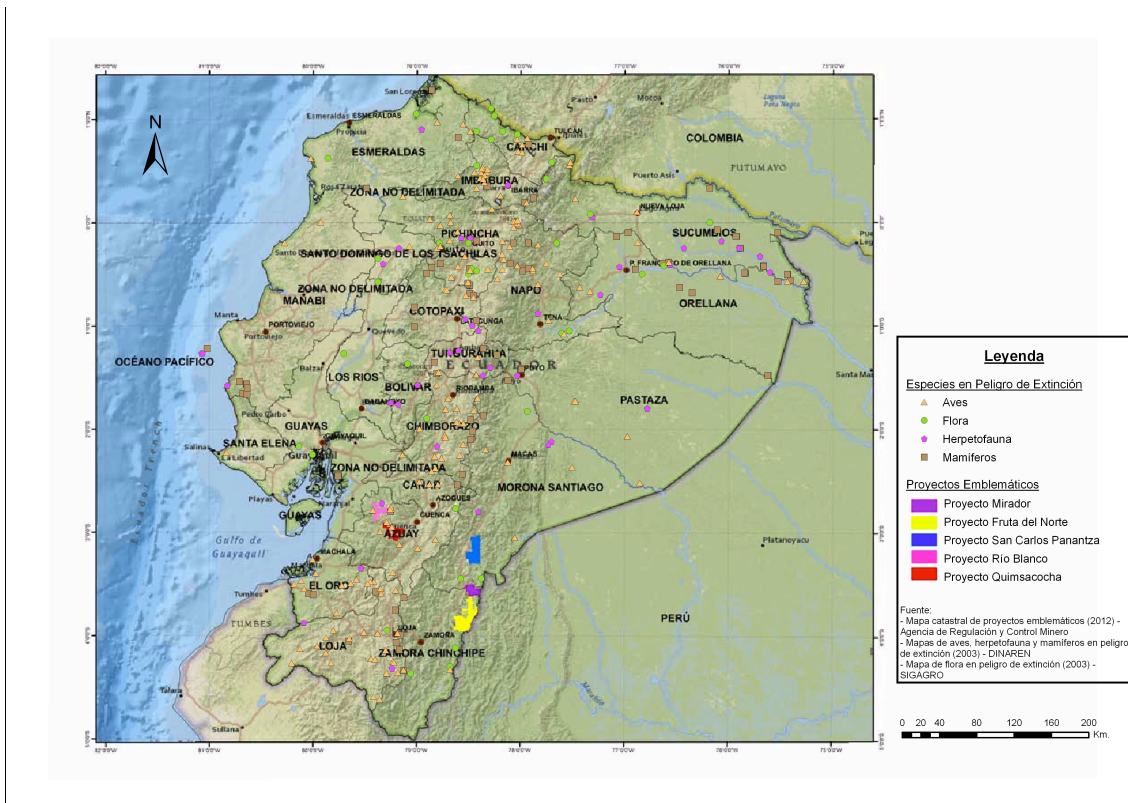


Figura 9. Áreas mineras inscritas vs PANE y Bosques Protectores. Elaboración: propia.

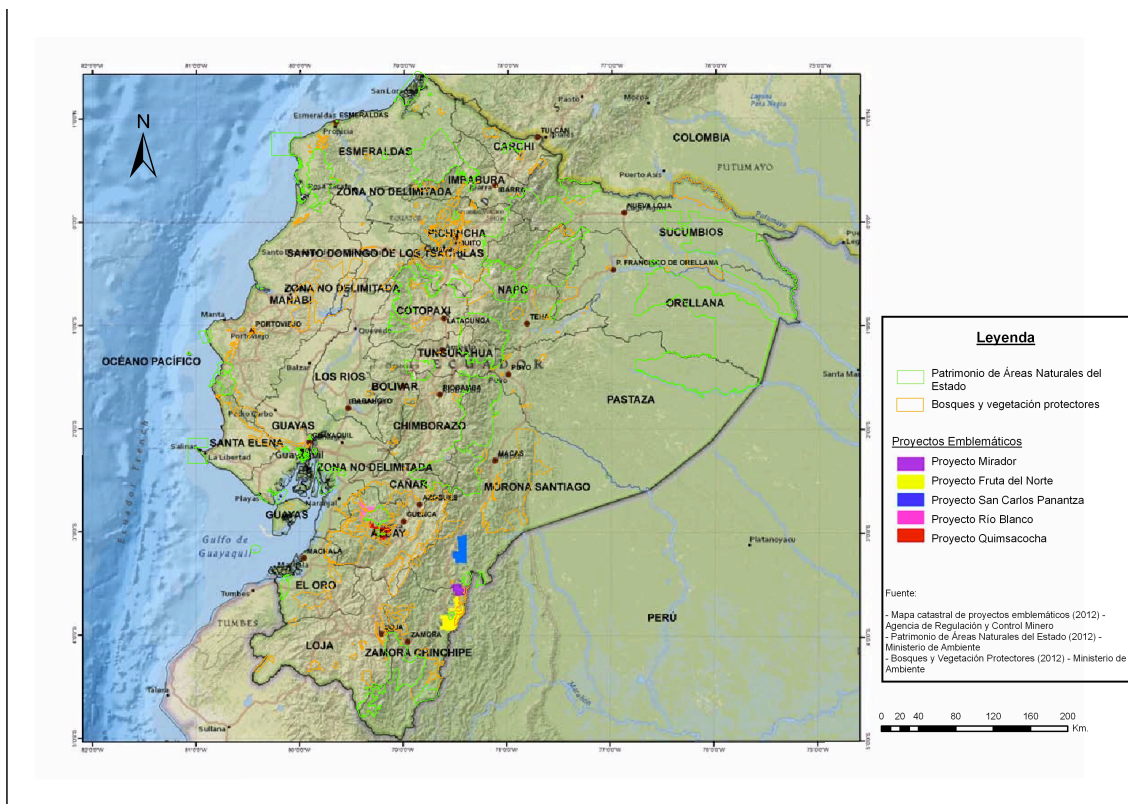


Figura 10. Proyectos emblemáticos vs PANE y Bosques Protectores. Elaboración: propia.

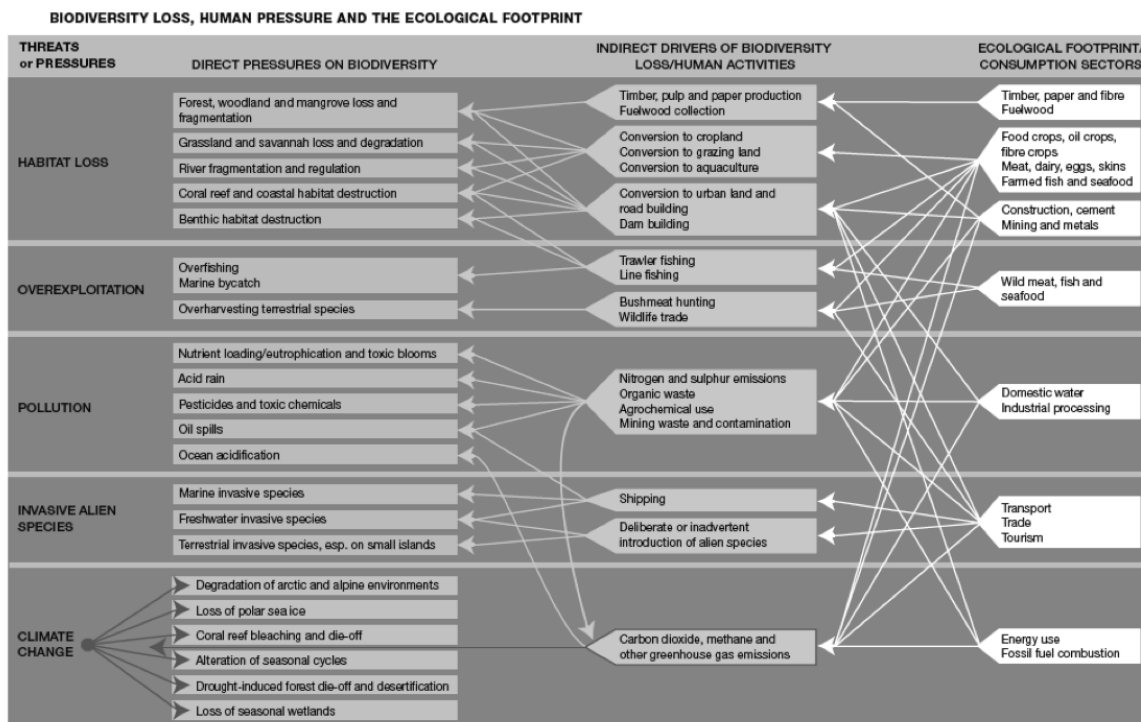


Figura 11. Pérdida de biodiversidad, presión humana y la huella ecológica. Disponible en: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/the_footprint_and_biodiversity/

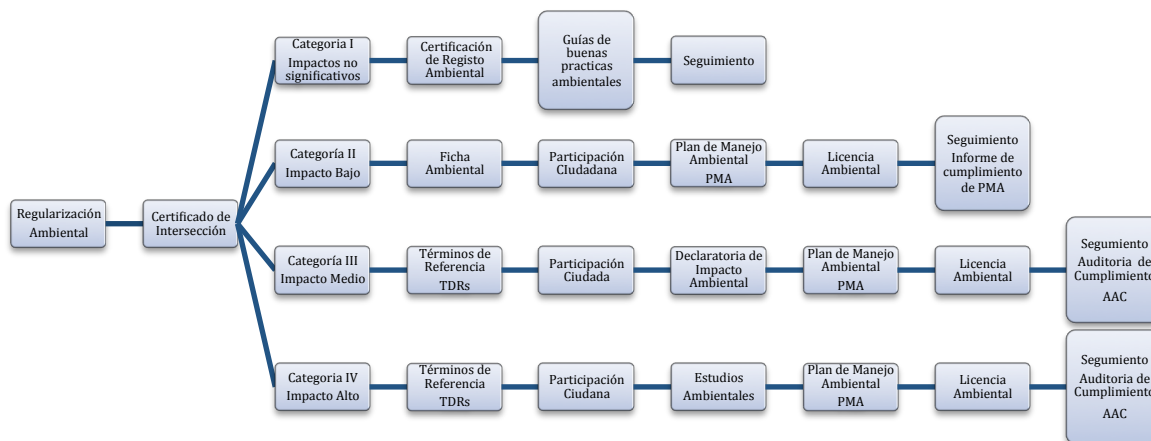


Figura 12. Proceso de regularización ambiental para la obtención del certificado de registro ambiental o licencia ambiental respectivamente según su categoría. Elaboración: Propia



Figura 13. Requerimientos técnicos propuestos. Elaboración: Propia.



Figura 14. Implementación de los requerimientos dentro del Estudio Ambiental. Elaboración: Propia

TABLAS

Tabla 1. Servicios ambientales específicos en relación a cada categoría descrita

	Bien/Servicio	Ejemplos
Aprovisionamiento	Suministro de agua	Provisión de agua para consumo, incluye tanto la calidad y cantidad
	Alimento	Caza, pesca, recolección de frutos, etc.
	Materiales crudos	Construcción y manufactura; combustibles y energía; forraje y fertilizantes
	Recursos genéticos	Mejora de la resistencia de cultivos a patógenos y plagas
	Recursos medicinales	Drogas, farmacéuticos, modelos químicos y herramientas.
	Recursos ornamentales	Recursos para modas, artesanías, joyería, adoración, decoración y recuerdos
Regulación	Regulación de gases	Proporciona aire limpio, prevención de enfermedades y un planeta habitable.
	Regulación climática	Mantenimiento del clima, salud humana, salud de los cultivos, productividad y recreación.
	Prevención de las perturbaciones	Previene y mitiga desastres naturales asociados con tormentas y climas extremos.
	Retención de suelo	Mantiene el suelo arable y previene los daños derivados de la erosión que se deriva en productividad agrícola
	Regulación del agua	Promueve la irrigación natural, el drenaje, la regulación del flujo y la navegación.
	Control biológico	Control de plagas y enfermedades
	Tratamiento de desechos	Control de la contaminación, desintoxicación y filtración del aire por medio de los árboles
	Formación de suelo	Productividad agrícola e integridad de los ecosistemas
	Polinización	Polinización de especies silvestres y agrícolas
	Regulación de los nutrientes	Suelos sanos y productivos y regulación de ciclos biogeoquímicos
Hábitat	Hábitat y biodiversidad	Mantenimiento de la diversidad biológica y genética
	Vivero	Mantenimiento de especies comercializadas para la agricultura
Información	Información estética	Disfrutar de los paisajes
	Recreación	Ecoturismo, ecosistemas naturales, deportes, etc.
	Ciencia y educación	Uso de la naturaleza para la investigación y la enseñanza
	Información espiritual e histórica	Uso para propósitos religiosos e históricos (valor patrimonial de los ecosistemas y sus características)
	Información cultural y artística	La naturaleza como inspiración en libros, cine, pintura, arquitectura, etc.

Fuente: Kocian *et al.* (2011). Elaboración: propia.

ANEXOS

Anexo 1. Listado del Ministerio del Ambiente de concesiones mineras con licencia ambiental dentro y fuera de bosques y vegetación protectora.



Calle Madrid y Andalucía
Quito - Ecuador
Teléfonos (593 2) 3 967600
www.ambiente.gob.ec

Oficio Nro. MAE-DNPCA-2011-1930

Quito, D.M., 19 de septiembre de 2011

Diana Paredes Guarderas
Presente

Mediante oficio s/n, del 5 de septiembre de 2011, se solicita a esta Cartera de Estado, el listado de empresas mineras que cuenten con la Licencia Ambiental, segregadas según el lugar en el que se encuentran, ya sea dentro o fuera de áreas protegidas, información necesaria para la realización de la tesis de maestría en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, titulada: "Gestión ambiental minera dentro de áreas naturales protegidas: necesidad de normas especiales para el monitoreo y manejo de la calidad del agua".

Al respecto, comunico a Usted, que no existen áreas mineras que cuenten con la Licencia Ambiental y que se encuentren en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, puesto que la Constitución de la República del Ecuador, en su Art. 407 establece que: "*Se prohíbe la actividad extractiva de recursos naturales no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular*", no obstante, a continuación detallo la lista de áreas mineras que cuentan con Licencia Ambiental y están dentro o fuera de bosque protector.



Calle Madrid y Andalucía
Quito - Ecuador
Teléfonos (593 2) 3 987800
www.molseoria.gob.ec

Oficio Nro. MAE-DNPCA-2011-1930

Quito, D.M., 19 de septiembre de 2011

ÁREAS MINERAS CON LICENCIA AMBIENTAL UBICADAS DENTRO DE BOSQUE PROTECTOR								
N°	Proyecto minero	Área minera	Titular minero	Provincia	Licencia Ambiental	Fecha	Fase minera	Bosque protector
1	Quimsacocho	Cerro Casco (Cód. 101580) Río Falso (Cód. 101577)	Empresa DAMGOLD Ecuador S.A.	Azuay	Resolución No. 054	11/10/2002	Exploración avanzada	Cuenca del río Paute y Microcuenca del río Yanuncay e Inquis
2	Río Blanco	Canas (Cód. 3941.1) Canas 1 (Cód. 100262) San Luis A2 (Cód. 100160) Miguir (Cód. 100666)	San Luis Minerals S. A.	Azuay	Resolución No. 031	09/07/2004	Exploración avanzada	Molletrato-Mollepongo
3	GAMA	Gama Nono (Cód. 102653) Aguarongos (Cód. 102654) Loma Quinuas (Cód. 102655)	COHNERSTONE ECUADOR S.A.	Azuay	Resolución No. 615	06/06/2011	Exploración avanzada	Molletrato-Mollepongo áreas 4 y 6. Cuenca del río Paute, microcuenca río Yanuncay e Inquis

ÁREAS MINERAS CON LICENCIA AMBIENTAL UBICADAS FUERA DE BOSQUE PROTECTOR							
N°	Proyecto minero	Área minera	Titular minero	Provincia	Licencia Ambiental	Fecha	Fase minera
1		Gaysimi alto (Cód. 80)	COMENZASA	Zamora Chinchipe	Resolución No. 017	29/03/2005	Explotación y beneficio
2		Cumbus (Cód. 40980)	Cuevas y voladums CANTYVOR S.A.	Imbabura	Resolución No. 374	13/11/2009	Explotación



Calle Madrid y Anacleto
Quito - Ecuador
Teléfonos (593 2) 3 967600
www.ambiente.gob.ec

Oficio Nro. MAE-DNPCA-2011-1930
Quito, D.M., 19 de septiembre de 2011

3	MIRADOR	Curigem 18 (Cód. 4768) Curigem 18 Este (Cód. 500806) Curigem 19 (Cód. 4769) Curigem 19 Este (Cód. 501183) Curigem 19 A (Cód. 501349) Mirador 1 (Cód. 500807) Mirador 1 Este (Cód. 501181) Mirador 2 (Cód. 500805) Mirador 2 Este (Cód. 501182) Mirador 3 (Cód. 500976) Mirador 4 (Cód. 501023)	EQUIACORRIENTE S.A.	Zamora Chinche	Resolución No. 346	26/08/2010	Exploración avanzada
4	Fruta del Norte	La Zarza (Cód. 2121)	Aurelian Ecuador S. A.	Zamora Chinche	Resolución No. 269 Modificación Resolución No. 001	08/07/2010 07/01/2011	Exploración avanzada
5	Panamza San Carlos	Curigem 2 (Cód. 100074) Curigem 3 (Cód. 100075) Curigem 8 (Cód. 100080) Panamza (Cód. 102212) San Carlos (Cód. 102211)	EXPLORCOBRES S. A.	Morona Santiago	Resolución No. 194	17/03/2011	Exploración avanzada
6		Princesa (Cód. 500699)	Aurelian Ecuador S.A.	Zamora Chinche	Resolución No. 302	07/04/2011	Exploración avanzada
7		Selva Alegre (Cód. 122)	Lafarge Cementos S. A.	Inhabura	Resolución No. 326	13/04/2011	Explotación



Calle Madrid y Andalucía
Quito - Ecuador
Teléfonos: (593 2) 3 967800
www.ambiente.gob.ec

Oficio Nro. MAE-DNPCA-2011-1930

Quito, D.M., 19 de septiembre de 2011

8	Curipamba Sur 1	Las Naves (Cód. 200508) Las Naves 3 (Cód. 200629) Jardín 2 (Cód. 200652)	CURIMINING S.A.	Bolívar y Los Ríos	Resolución No. 509	13/05/2011	Exploración avanzada
9	Curipamba Sur 2	Las Naves 5 (Cód. 700885) Jardín 1 (Cód. 700918)	CURIMINING S.A.	Bolívar y Los Ríos	Resolución No. 508	13/05/2011	Exploración avanzada
10	Curipamba Sur 3	Las Naves 1 (Cód. 200627) Las Naves 2 (Cód. 200628)	CURIMINING S.A.	Bolívar	Resolución No. 506	13/05/2011	Exploración avanzada
11		Conaca (Cód. 126)	Holcim Agregados S. A.	Guzayas	Resolución No. 681	23/05/2011	Explotación
12		Cascabel (Cód. 402288)	Santa Bárbara Copper & Gold S.A.	Imbabura y Carchi	Resolución No. 757	12/07/2011	Exploración inicial
13	Colibri	Colibri (Cód. 500765) Colibri I (Cód. 500764) Duguesa (Cód. 500700) Dugue (Cód. 500700) Sachavaca (Cód. 500755)	Auriflan Ecuador S. A.	Zamora Chunchope	Resolución No. 508 Resolución No. 842	02/12/2010 28/07/2011	Exploración avanzada
14		La Encrucijada (Cód. 601147) La Encrucijada 1 (Cód. 601256) La Encrucijada 2 (Cód. 601243) La Encrucijada 3 (Cód. 601257) Alumbre (Cód. 601168)	Santa Bárbara Copper & Gold S.A.	Leja	Resolución No. 844	28/07/2011	Exploración inicial
15		La Esperanza II (Cód. 26961) Toscán Blanco Uno y Toscana Blanco Dos (Cód. 311) Palacios (Cód. 158)	Minerales del Ecuador S. A. BIRA S. A.	El Oro	Resolución No. 954	09/08/2011	Explotación
16		C Coto-Latacinga (Cód. 200145)	Holcim Ecuador S.A.	Cotacachi	Resolución No. 951	09/08/2011	Explotación

Papel Ecológico

* Documento generado por Gupisa



4/5



Calle Madrid y Andalucía
Quito - Ecuador
Teléfono (593 2) 3 987600
www.ambiente.gob.ec

Oficio Nro. MAE-DNPCA-2011-1930
Quito, D.M., 19 de septiembre de 2011

17	Los Cangrejos	Cangrejos1 (Cód.300071) Cangrejos2 (Cód.300067) Cangrejos4 (Cód.300183) Cangrejos5 (Cód.300185) Cangrejos10 (Cód.300972) Cangrejos11 (Cód.300971) Cangrejos12 (Cód.300977) Casique (Cód.5114) Estero Zapato (Cód.4112) Las Canarias (Cód.2649.1) Los Cangrejos (Cód.2647) Tadío (Cód.3330)	ODIN MINING DEL ECUADOR S.A.	El Oro	Resolución No. 953	09/08/2011	Explotación avanzada
18		Planta de beneficio Sodirec (Cód. 390128)	Sodirec S. A.	El Oro	Resolución No. 1024	10/08/2011	Beneficio

Ateñidamente,

Victory Alexander Pérez Balladares
DIRECTOR NACIONAL DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Referencias:
- Externo Nro. MAE-SG-2011-13129

Anexos:
- 617.pdf

cm/da

Anexo 2. Comparación de tablas de límites máximos permisibles del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Parámetros	Tabla 3 Criterios de calidad admisibles de para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario. Anexo 1 libro VI TULAS	Tabla 4 Límites máximos permisibles adicionales para interpretación de la calidad de las aguas. Anexo 1 de libro VI TULAS	Tabla 12 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Anexo 1 de libro VI TULAS
Aceites y grasas	0,3 mg/l		0,3 mg/l
Acenaftileno		2 ug/l	
Amoniaco	0,02 mg/l		
Antimonio total		16 ug/l	
Acroleina		0,2 ug/l	
Acilonitrilo		26 ug/l	
Aluminio	0,1 mg/l		5 mg/l
Aldehidos			2 mg/l
Alquil Mercurio			No detectable
Arsénico	0,05 mg/l		
Arsenico total			0,1 mg/l
Bario	1 mg/l		2 mg/l
Benceno		300 ug/l	
BHC- ALFA BHC-BETA BHC- DELTA		0,01 ug/l	
Berilio	0,1 mg/l		
Bifenilos policlorados PCBs	0,001 mg/l		
Boro	0,75 mg/l		
Boro total			2 mg/l
Cadmio	0,001 mg/l		0,02 mg/l
Cianuro total			0,1 mg/l
Cianuro libre	0,01 mg/l		
Cloro activo			0,5 mg/l
Cloro residual	0,01 mg/l		
Clorobenceno		15 ug/l	
Clorofenoles	0,5 mg/l		
Clorofenoles (2-)		7 ug/l	
Cloroformo			0,1 mg/l
Cloruros			1000 mg/l
Cobre	0,02 mg/l		1 mg/l
Cobalto	0,2 mg/l		0,5 mg/l
Coliformes fecales	200 nmp/100 ml		remocion 99%
Color real			inaceptable en dilucion 1/20
Compuestos fenolicos			0,2 mg/l
Cromo total	0,05 mg/l		
Cromo hexavalente			0,5 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno DBO			100 mg/l
Demanda química de oxígeno DQO			250 mg/l
Diclorobenceno		2,5 ug/l	
Diclorobenceno (1,4-)		4 ug/l	
Dicloroetileno		12 ug/l	1 mg/l
Dicloroetano (1,2-)		200 ug/l	
Dicloropropanos		57 ug/l	
Dicloropropenos		2 ug/l	
Difenilhidrazina(1,2)		0,3 ug/l	
Dimetilfenol (2,4)		2 ug/l	
Dodecacloro + nonacloro		no hay valor para agua dulce	
Etilbenceno		700 ug/l	
Estaño	no hay valor para agua dulce		5 mg/l
Fenoles monohidricos	0,001 mg/l		
Fluoros			5 mg/l
Fluoro total		4 ug/l	
Fosforo total			10 mg/l
Hexaclorobutadieno		0,1 ug/l	
Hexaclorociclopentadieno		0,05 ug/l	
Hierro	0,3 mg/l		
Hierro total			10 mg/l
Hidrocarburos totales TPH	0,5 m/l		20 mg/l
Hidrocarburos policiclicos HAPs	0,0003mg/l		
Manganeso	0,1 mg/l		
Manganeso total			2 mg/l
Materia flotante	ausencia		ausencia
Mercurio	0,0002mg/l		
Mercurio total			0,005 mg/l

Naftaleno		6 ug/l	
Niquel	0,025 mg/l		2 mg/l
Nitratos+nitritos			10 mg/l
Nitritos		60 ug/l	
Nitrogeno total			15 mg/l
Nitrobenzeno		27 ug/l	
Nitrofenoles		0,2 ug/l	
Organoclorados totales	10 ug/l		0,05 mg/l
Organofosforados totales	10 ug/l		0,1 mg/l
Oxigeno disuleto	no menor a 80% y no menor 6mg/l		
PCB total		0,001ug/l	
Pentaclorobenceno		0,03 ug/l	
Pentacloroetano		4 ug/l	
P-clorometacresol		0,03 ug/l	
Piretroides	0,05 mg/l		
Plata	0,01 mg/l		0,1 mg/l
Plomo	no hay valor para agua dulce		0,2 mg/l
Potencial de hidrogeno pH	6,5 -9		5-9
Selenio	0,01 mg/l		0,1 mg/l
Solidos sedimentables			1 ml/l
Solidos suspendidos totales			100 mg/l
Solidos totales			1600 mg/l
Sulfatos			1000 mg/l
Sulfitos			2 mg/l
Sufuro de hidrogeno ionizado	0,0002mg/l		
Sulfuros			0,5 mg/l
Talio total		0,4 ug/l	
Temperatura	Máx 20		< 35
Tensoactivos	0,5 mg/l		0,5 mg/l
Teclacloruro de carbono		35 ug/l	1 mg/l
Tetraclorobenceno (1,2,3,4-)		0,1ug/l	
Tetraclorobenceno (1,2,4,5-)		0,15 ug/l	
Tetracloroetano (1,1,2,2-)		24 ug/l	
Tetracloroetileno		260 ug/l	
Tetraclorofenoles		1 ug/l	
Tolueno		300 ug/l	
Toxafeno		0 ug/l	
Tricloroetileno		45 ug/l	1 mg/l
Tricloroetano (1,1,1)		18 ug/l	
Tricloroetano (1,1,2)		94 ug/l	
Uranio total		20 ug/l	
Vanadio total		100 ug/l	5 mg/l
Zinc	0,18mg/l		5 mg/l

Fuente: Libro VI, Anexo 1, Normas de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Elaboración propia



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
SECRETARIA

Av.12 de octubre 1076 y Roca
E- mail: fcen@puce.edu.ec
Telf.: PBX 2991-575
Fax: (593)2991-575
Apartado 17-01-2184
Quito-Ecuador

PARA GRADOS ACADÉMICOS DE MAESTRÍAS Y DOCTORADOS PHD

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Diana Rocío Paredes Guarderas, CI 170966822-0 autor del trabajo de graduación intitulado: “Gestión Ambiental Minera dentro de Ecosistemas Frágiles y Amenazados: Necesidad de Normas Especiales para el Monitoreo y Manejo de la Calidad del Agua”, previa a la obtención del grado académico de MAGÍSTER EN BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 4 de noviembre del 2013

Ing. Diana R. Paredes Guarderas

CI. 170966822-0