

## VULNERABILIDAD DE LAS FUENTES DE AGUA DEL PARAMO FRENTE A LA MINERIA EN EL CANTON CUENCA

### 1. PROTECCION DE LAS FUENTES DE AGUA DURANTE 50 AÑOS POR LA EMPRESA DE CUENCA ETAPA EP

ETAPA EP, desarrolla su actividad principal en el cantón Cuenca desde hace 50 años, en el proyecto, diseño, ejecución, operación y mantenimiento de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable para servicio al área urbana de la ciudad de Cuenca, sus sectores perimetrales, Centros parroquiales, y caseríos en las 21 parroquias que integran el Cantón.

ETAPA, a partir del año 1968 cuida y protege el agua desde sus orígenes hasta el punto de uso del último consumidor. La presencia real y permanente de la empresa en las áreas de páramo, en las que nacen y se desarrollan **nuestras únicas fuentes de abastecimiento**, ha significado que se pueda mantener una continuidad total del servicio de Agua Potable de óptima calidad, con adecuadas presiones de distribución, y la solución oportuna de los problemas generados por el crecimiento poblacional, y el incremento consiguiente del área de cobertura. Siempre en la Empresa la planificación ha antecedido a la ejecución, permitiendo soluciones oportunas que satisfagan en los aspectos cualitativos y cuantitativos las necesidades de los habitantes para los 30 años futuros, actualmente el año 2030, y se encuentra en ejecución el nuevo Plan Maestro, (PM 3) con un horizonte previsto para el año 2050.

ETAPA ha mantenido una defensa permanente de las áreas de páramo donde se originan las principales corrientes superficiales que nos abastecen, vigilando el uso del suelo, controlando la demanda para recreación y turismo, coordinando activamente con la Municipalidad de Cuenca, y los respectivos Ministerios la aplicación de leyes de protección ambiental y programas de conservación de las subcuencas abastecedoras de agua.

Las acciones enunciadas han dado como resultado una conservación integral del medio ambiente, y especialmente de la calidad y cantidad del agua de las fuentes. ETAPA EP desarrolla desde el inicio de su actividad programas sistemáticos y continuos de educación ambiental, compra de tierras estratégicas, promueve los acuerdos mutuos por el agua con las comunidades, y por medio de Guarda Parques, inspectores y de personal especializado previene los incendios forestales, la deforestación, la ampliación de la frontera agrícola, y la explotación agropecuaria. Tanto esfuerzo mantenido en el curso de 50 años tiene un alto costo económico, pero se ha logrado conservar un estado y condición **de las áreas de páramo de las subcuencas hidrográficas lo más cercano al natural, preservando y conservando la “materia prima” que alimenta a las plantas potabilizadoras, reduciendo así los costos operativos y aumentando la eficiencia de las unidades y procesos.**

Desde la década de los 80, ETAPA adquiere propiedades estratégicas, para conservación de las subcuencas y cuidar la calidad del agua. Se inicia con la compra 2000 hectáreas del Bosque de Mazan y actualmente 15722 hectáreas de Propiedades Protegidas de los habitantes del cantón Cuenca, están dedicadas a la protección estricta, con el fin de conservar el medio ambiente, la función de los páramos y la calidad de las fuentes de abastecimiento de agua. En cada Propiedad Protegida se han construido refugios, los “Guarda Páramos”, como parte del personal de ETAPA, patrullan, vigilan y restauran dichas áreas, y alertan sobre usos indebidos del suelo y agua en los alrededores.

En el año 2000, luego de una ardua gestión local, Cuenca fue la primera ciudad del Ecuador en conseguir la delegación del Ministerio del Ambiente para manejar el Parque Nacional del Cajas

(28544 Ha), con el objeto de realizar una gestión integrada de las subcuencas abastecedoras de agua potable, manejando dichas áreas con enfoque de conservación ecosistémica de las fuentes de agua.

El Manejo de las Propiedades Protegidas y del Parque Nacional Cajas ha conseguido que nuestras comunidades se empoderen de las zonas, y que las mismas sean objeto de reconocimientos, numerosos convenios y estudios internacionales, constituyendo un orgullo para los cuencanos y para todo el país.

La Empresa, como parte del saneamiento integral, recolecta y dispone adecuadamente los aceites usados. Antes de 1968 un porcentaje cercano al 100% de aceites usados procedentes de estaciones de servicio, mecánicas, lubricadoras, fábricas, restaurantes, y otros, eran lanzados en forma directa a los ríos y a los colectores de alcantarillado a través de los sumideros.

Se trabaja en la recolección y disposición final de pilas usadas. La comunidad ha respondido en forma masiva a este programa.

ETAPA EP vigila la descarga y la disposición final de los residuos líquidos industriales, existiendo Ordenanzas que fijan los límites de la concentración de constituyentes que son nocivos para los colectores, para el personal de mantenimiento, para los ríos y para el sistema de depuración. Se ha logrado una total colaboración de los industriales, incluso de la pequeña industria, que han comprendido el significado de un desarrollo sustentable.

Mediante la implementación de estaciones meteorológicas y limnigráficas a tiempo real y con tecnología de punta, se registran las lluvias en puntos característicos y los caudales de ríos. Los datos alimentan a los estudios hidrológicos, a la investigación científica y a los diseños con valores locales específicos. La operación la realiza técnicos especializado, incluso en el manejo de radares meteorológicos.

Personal experto de ETAPA realiza muestreos en las corrientes para determinación de los modernos índices biológicos que permiten evaluar la salud de ríos, lagunas y humedales.

Los estudios de caracterización del agua residual se inician a partir de 1970, con el monitoreo y vigilancia de los ríos de montaña que nacen en los cerros y que atraviesan la ciudad, con una lucha permanente contra la contaminación, lo que reviste mucha importancia en la cuenca media del Paute y de los centros cantonales, parroquiales, y de la población dispersa que se desarrolla en la misma.

Para lograr un saneamiento integral, como medida de salud pública y complementaria para la Empresa, se acometió con el diseño y construcción de un moderno sistema de alcantarillado.

En 1970 se ejecutan el primer Plan Maestro de Agua y Alcantarillado (PM1), y luego entre 1985 al 2015 se implementa el segundo Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Control de la Contaminación, se diseñan y construyen, con una **inversión de \$USD de 170 millones** nuevas plantas de potabilización: Tixán, Sustag, Culebrillas, Chulco, se amplían las redes de agua potable y alcantarillado, se construye un conjunto de interceptores marginales en los cuatro ríos, y quebradas que atraviesan la ciudad, con una longitud de 200 Km, lo que limita la descarga directa del agua residual tanto de origen doméstico como industrial. El agua residual conducida por todo el sistema de interceptores se une en la margen izquierda del río Cuenca, a partir del cual son conducidas por un emisario final subfluvial a la planta de “Depuración de Ucubamba”, la que opera desde el año de 1999, y está integrada por un sistema de pretratamiento más dos series en paralelo de lagunas de estabilización: aeradas, facultativas, de maduración, cubriendo una superficie de 45 Ha.

Con un monitoreo y un laboratorio de alta tecnología se vigila la calidad del agua depurada, la cual en forma continua tiene características para ser descargadas en el río Cuenca, protegiendo su calidad y evitando la contaminación aguas abajo de los ríos Cuenca y Paute. Actualmente se trabaja en la ampliación de los interceptores: Chaullabamba, Machángara, y otros, lo que permitirá la descarga de las nuevas zonas residenciales de: Patamarca, Chaullabamba, Guangarcucho, y otras que se desarrollan aguas abajo de la planta de Ucubamba. Se han construido además interceptores en las márgenes del río Tarqui hasta la Victoria del Portete.

ETAPA EP con el concurso de consultores internacionales y locales ha concluido el proyecto y diseño completo de una nueva Planta de Depuración en Guangarcucho, la cual con el empleo de tecnología moderna tratará un caudal de diseño de 1200 l/s. La nueva planta receptorá los caudales generados aguas abajo de Ucubamba y disminuirá la sobrecarga de la actual planta depuradora, y con la ampliación de los interceptores se protegerá y se mantendrá la calidad del río Cuenca en la totalidad de su curso. Nuevamente destacamos la presencia de ETAPA en la solución oportuna y a largo plazo para mantener la calidad de los ríos, preservando los usos benéficos en una de las subcuencas más importantes del país: la del río Paute. Actualmente se realizan las gestiones para el financiamiento de la Planta de Guangarcucho, cuyo costo previsto es de **75 millones de U.S Dólares**.

En centros parroquiales y caseríos se han construido sistemas con arrastre de agua y de letrinas para servicio a la población dispersa. Para evitar la contaminación de los ríos y quebradas afluentes a los mismos, se operan 35 Plantas Descentralizadas de Depuración.

Como se mencionó muchas parroquias y caseríos que disponían de fuentes, con caudal y características inadecuadas, se las va incorporando al sistema central de Cuenca, distribuyendo el agua totalmente apta para el consumo humano, procedente de las Plantas del Cebollar (río Tomebamba), Tixán (río Machángara), Sustag (río Yanuncay), Irquis (río Tarqui), Culebrillas, Chulco (río Chulco).

Toda la gran actividad de ETAPA desde la fecha de su creación ha generado un notable impacto en la salud pública: **“Los Hospitales y Centros de Salud son indispensable en la sociedad moderna, pero no se darán abasto si se edifican sobre las arenas movedizas de un saneamiento deficiente”**.

La protección de las fuentes de agua y de las subcuencas hidrográficas en zonas de páramo, ha significado mantener caudales y calidad del agua, lo cual ha permitido el abastecimiento continuo con adecuadas presiones de servicio de las zonas de crecimiento poblacional, el desarrollo de programas de vivienda de interés social, y una contribución a la seguridad alimentaria, manteniendo el agua para irrigación en zonas como: Chiquintad, Ricaurte, Machángara, San Joaquín, y otras zonas, tradicionalmente agrícolas.

En los ríos que atraviesan la ciudad, se ha mejorado su aspecto rescatando su enorme valor como parte del paisaje único de la ciudad de Cuenca, con un beneficio al sector turístico y afianzando el Patrimonio del río, de sus márgenes y del barranco.

Todo lo mencionado nos visualiza un panorama de la importancia de los recursos hídricos en la vida y en el desarrollo de los cuencanos, los cuales son parte preferencial y determinante en la economía de un país y tienen un incalculable valor, ya que toda forma de vida es absolutamente dependiente del agua que cumpla con requisitos de calidad para su uso benéfico: doméstico, comercial, industrial, agro pecuario, generación de energía, mantenimiento del paisaje. **“Agua no eres necesaria para la vida eres la vida misma, tú nos comunicas un bienestar infinitamente simple”**.

El esfuerzo conjunto y sostenido de los habitantes del cantón Cuenca, con un alto costo, han logrado mantener los páramos tan cercanos y estratégicamente ubicados. Consideramos que cualquier actividad que se desarrolle en las áreas Vitales que degrade el suelo, y que, en forma **continua, ocasional, o accidental** contamine el agua constituye un riesgo para el bienestar y la vida misma de la Comunidad cuencana. Siendo el agua un recurso cada vez más escaso, tiene un valor incuantificable, **no se puede correr ningún riesgo con el más importante de los recursos naturales, al que apreciamos cuando no lo tenemos o cuando lo perdemos.**

Es digno de mencionar que ETAPA, para proteger sus fuentes de agua, gestionó y logró que los vehículos de carga que transporten combustibles, lubricantes, agro químicos, aditivos, cemento, y productos químicos en general, no puedan circular por la carretera Cuenca-Molleturo-Naranjal, para la vigilancia permanente instaló dos controles; considerando que la ciudad se abastece del río Tomebamba, principalmente para uso Humano o doméstico (95%), cualquier accidente de tráfico, podría causar dentro de la topografía con fuertes pendientes a los cauces una rápida e inesperada contaminación de las fuentes de abastecimiento (río, quebradas y afluentes).

La explotación minera, por más que emplee tecnologías modernas, cuidados y controles avanzados, en cualquiera de sus fases: exploración, exploración avanzada y explotación, **constituye un riesgo potencial muy elevado de contaminación.** Cualquier contaminación en las fuentes superficiales, por su alta pendiente, puede llegar rápidamente a las captaciones e ingresar al sistema de distribución, ya que las plantas de potabilización son del tipo convencional (Coagulación – Sedimentación-Filtración Rápida- Desinfección), diseñadas únicamente para mejorar las características físicas y bacteriológicas del agua de la fuente: color, turbiedad y parásitos. Cualquier otro constituyente, especialmente metales tóxicos generados por la actividad minera, no serán removidos. Si los sistemas de distribución están interconectados (Tomebamba- Machángara, Machángara Norte y Sur, Yanuncay) la contaminación puede llegar a niveles significativos en el sistema de distribución. **La población servida por los sistemas, que puede ser afectada, es de 661.000 habitantes el año 2030, y de 1'035.000 en el 2050.**

## **2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA LAS PLANTAS POTABILIZADORAS DE LOS CENTROS POBLADOS DEL CANTON CUENCA**

El agua que nace y se desarrolla en las zonas de páramo tiene un origen predominantemente meteórico, por lo que presenta características únicas: muy baja conductividad y alcalinidad, el conjunto caracteriza un agua de “Bajo Poder de Amortiguamiento”, se colorea rápidamente con sustancias Húmicas que se generan por contacto con la vegetación de páramo. Las materias húmicas pueden tener especial significación en reacciones que se pueden producir con sustancias de carácter tóxico generadas por la actividad minera. **El agua de “Cerro”,** cuyas características químicas se acercan a las del agua de lluvia, pueden disolver y mantener en este estado metales tóxicos utilizados en las operaciones o generados en los **“Drenajes Ácidos,”** los cuales pueden tener peligrosa incidencia en las características del agua durante la explotación y luego del cierre de la Mina, y por tiempo indefinido.

Para destacar la magnitud de los sistemas de abastecimiento y de la necesidad de tomar las previsiones inmediatas, y para el futuro cercano, se enuncian algunos indicadores de cobertura **que nos conduce al crítico balance entre la oferta y la demanda de agua.**

La cobertura de los servicios de ETAPA paso de 420 hectáreas en el año 1960 a 4800 y 29000 hectáreas en los años 1983 y 2017 respectivamente. El mayor incremento se produce a partir

de 1970, debido a un agresivo crecimiento del urbanismo, en que se cambiaron, el uso del suelo y de las densidades, al pasar las pequeñas “haciendas” dentro de la ciudad a urbanizaciones, marcando un desarrollo predominantemente horizontal, lo que ha constituido un reto para la empresa y un incremento muy grande en tratamiento, reserva y distribución del agua potable.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable de los sectores urbanos, perimetrales, centros parroquiales y caseríos rurales del cantón Cuenca dependen exclusivamente de fuentes superficiales, ríos: Tomebamba, Yanuncay, Machángara, Tarqui, Culebrillas, Irquis, Portete, Shucay, San Agustín, de canales, quebradas, y de afluentes menores. Para abastecimiento a caseríos, y a la población semi dispersa, se explotan como fuentes pequeños afloramientos subterráneos, conocidos como vertientes o manantiales, en un número cada vez menor, ya que paulatinamente están siendo sustituidos por centros de producción y por los sistemas de distribución urbanos (caseríos de: El Valle, Paccha, Nulti, Chuallabamba, Chiquintad, Sayausí, y otros).

El **sistema de abastecimiento de agua potable** para los cuencanos, **depende exclusivamente de los ríos (fuentes superficiales)** que se originan y se forman en las subcuencas hidrográficas de Páramo o de alta montaña y que son absolutamente dependientes de la regulación del páramo, **sin que existan fuentes sustitutivas**.

En el año de 1968, la única planta potabilizadora que abastecía al área urbana de Cuenca fue la “Del Cebollar” con una capacidad de proceso de **220 l/s**, siendo su fuente el río “Culebrillas”, conocido también como “Sayausí”. Para abastecer a la población se amplió la planta para tratar un caudal de 1000 l/s, y se han diseñado y operado nuevas plantas potabilizadoras con un horizonte al año 2030, siempre alimentados por las pequeñas y frágiles corrientes superficiales que se originan y forman en las zonas de páramo. Los caudales necesarios de cada uno de los ríos para abastecer las plantas potabilizadoras se visualizan en el Cuadro 1.

Planta potabilizadora	Fuente, Río	Caudal tratado Año 2018 l/s	Caudal a tratarse Año 2030 l/s	Observaciones
Del Cebollar	Tomebamba, DJ. Mazán	1000	1000	
Culebrillas	Culebrillas afluente del río Tomebamba	150	150	
Tixán	Machángara en Saymirín	840	<b>2240</b>	<b>Ampliación en ejecución</b>
Chulco	Chulco, afluente del río Machángara	50	50	
Sustag	Yanuncay	460	690	
Irquis	Irquis, afluente del río Tarqui	30	30	
<b>TOTAL l/s</b>		<b>2530</b>	<b>4160</b>	

Cuadro 1 Caudales captados en los ríos para abastecer las plantas de agua potable  
(Fuente: Plan Maestro II TYPISA 2004 <sup>1</sup>)

La demanda de agua en los ríos para los usos competitivos de: agua potable, riego y caudal ecológico frente a la oferta se visualizan en el Cuadro 2.

RIO	DEMANDA AGUA POTABLE 2030 (l/s)	DEMANDA RIEGO (l/s)	DEMANDA CAUDAL ECOLOGICO (l/s)	OFERTA AGUA EN ESTIAJE (l/s)
Tomebamba	1150	264	541	1578
Machángara	2290	750	760	3084
Yanuncay	690	282	640	1064
Irquis, afluente río Tarqui	30			
TOTAL	4160	1296	1941	5726
TOTAL DEMANDA (l/s):	7397			
TOTAL OFERTA (l/s):				5726
DEFICIT EN EPOCA DE ESTIAJE SEVERO (l/s)				-1671

Cuadro 2 Oferta vs Demanda de agua en los ríos Tomebamba, Machángara, Yanuncay y Tarqui (Fuente: Plan Maestro II TYPISA 2004 <sup>1</sup>)

El balance entre oferta y demanda para el conjunto integrado del sistema de agua potable de Cuenca muestra valores muy preocupantes entre el crecimiento de la demanda y los caudales disponibles en los ríos Tomebamba, Culebrillas, Machángara y Yanuncay en periodos de estiaje.

En general “somos ricos en ríos pobres”, existiendo valores extremos de caudales en total dependencia con las condiciones climáticas. Los caudales máximos en crecidas con un período de retorno de 10 años en los ríos Tomebamba, Machángara y Yanuncay son 120000 l/s, 52000 l/s y 146000 l/s respectivamente<sup>5</sup>. Observándose que nuestros ríos presentan variaciones extremas de caudal en época de estiaje y de lluvia. Es notable hasta para un observador casual que en periodo de estiaje los caudales mínimos de circulación en los ríos son muy pequeños, lo que es sumamente limitante para los diferentes usos competitivos como para efectos de una posible contaminación aguas arriba de los sitios de captación.

**Se tiene un balance negativo, solamente para la demanda de consumo de agua potable y caudal ecológico**, lo que se incrementa si se mantiene el caudal necesario para riego, del que se hace uso desde hace muchos años, para sectores agrícolas cercanos a Cuenca, en las parroquias: San Joaquín, Ricaurte, Checa, Chiquintad, Sinincay, etc.

**La demanda** para: agua potable, riego, mantenimiento de condiciones satisfactorias en la sanidad del río y preservación de la vida acuática **superará ampliamente la oferta** en época de estiaje en el año 2030, **con un déficit de 1641 l/s**, pudiendo provocarse discontinuidades en la distribución, lo que afectaría a una población de 661.000 habitantes.

La única subcuenca con regulación es la del río Machángara, cuenta con dos represas: Chanlud de 17 Hm<sup>3</sup> y Labrado de 5 Hm<sup>3</sup> que son utilizadas para generación de energía eléctrica, una vez devuelta el agua, es captada para agua potable en la planta de Tixán.

Debido a la fragilidad de la Oferta de agua, los sistemas de distribución y reserva se interconectan para alimentar la demanda en época de estiaje desde las diferentes plantas potabilizadoras, especialmente usando la capacidad de Tixán que cuenta con regulación.

**La limitada oferta de agua, considerando la hipótesis de que la calidad del agua, el suelo y la superficie de páramo no sufrirían ninguna disminución, ni efectos degradativos por acciones antrópicas**, crea un interrogante para el futuro cercano y enfatiza la necesidad del estricto cuidado y manejo del uso del suelo adecuado de las “**Fabriquetas de Agua**”: **Las frágiles zonas de Páramo**.

El caudal de captación en los ríos Tomebamba, Yanuncay, Machángara e Irquis, necesarios exclusivamente para el abastecimiento de Agua Potable, en el año 2050 será de 4453 l/s, con una población servida de 1'035.000 habitantes.

Existen dos tipos de sequía: la Meteorológica que es la ausencia de lluvia, y la Hidrológica: cuando la Demanda es superior a la Oferta de los ríos.

La sequía Meteorológica en general en la zona del cantón Cuenca ocurre durante varios días al año. Actualmente la incidencia repercute en condiciones ya cercanas al racionamiento, por lo que ETAPA emprende campañas radiales para no desperdiciar el agua potable, y no emplearle para riego de jardines y operaciones de limpieza. Visiblemente los ríos bajan su caudal, parecen ríos de piedra.

El poco caudal en ausencia de lluvia, proviene de la reserva acumulada en el suelo de páramo, sin que tomemos verdadera conciencia del gran trabajo que está realizando el páramo como embalse natural que nos provee de agua en sequía. La ausencia de lluvias afecta durante varios días en todos los años y ha tenido variaciones cíclicas especialmente en la sierra del país. Se recuerda la gran sequía ocurrida en el año de 1906 (Cada año se tenía la procesión del Señor de Girón, pidiendo la clemencia de Dios contra la sequía que assolaba nuestra pobre agricultura).

La **sequía Hidrológica prevista**, que nos ocurrirá en un futuro cercano, **puede ser acelerada** por usos indebidos del suelo en las "Fabriquitas de Agua", especialmente por los **severos impactos negativos de los proyectos mineros**.

### 3. VULNERABILIDAD DE LAS FUENTES DE AGUA DEL PARAMO

**Las subcuencas abastecedoras de agua** potable (Tomebamba, Machángara, Yanuncay e Irquis) hasta el punto de captación tienen una **cobertura vegetal de 80% de páramo**, que en su mayor parte permanece en su estado natural, con baja intervención de la población (Ver Figura 1). Siendo un reto preservarlas como esponjas o embalses naturales que almacenan el agua en época de lluvia y permiten tener agua en los ríos en época de estiaje, para no disminuir ni contaminar la oferta de agua, que es invaluable para las necesidades básicas humanas y para el desarrollo y economía de los cuencanos, generando preocupación la actual tendencia de la minería hacia los páramos, que son zonas volcánicas en las que pueden existir formaciones epitermales con oro, plata y cobre (minerales preciosos), que se formaron hace 9 millones de años en el mioceno. "El agua es tan importante para la vida y el desarrollo de los habitantes de Cuenca que Dios la cimentó sobre oro."

Las plantas potabilizadoras se ubican inmediatamente agua abajo de los manantiales, quebradas y cursos de agua que confluyen muy velozmente, debido a su alta pendiente y flujos rápidos, hacia cauces mayores que desembocan finalmente en los ríos Tomebamba, Machángara, Yanuncay e Irquis, por lo que son muy vulnerables a la contaminación de metales tóxicos procedente de la actividad minera, que al entrar en cualquier punto de la subcuenca hidrográfica, el contaminante sería prontamente arrastrado a los puntos de captación de agua potable o riego, constituyendo una condición que afectaría a muchos miles de consumidores del agua de Bebida (consumo doméstico), ya que no puede ser oportunamente detectada y tampoco tratada por las plantas potabilizadoras convencionales. Al estar las redes de distribución de agua interconectadas, la contaminación en cualquier subcuenca, afectaría a más de millón de habitantes en el año 2050.



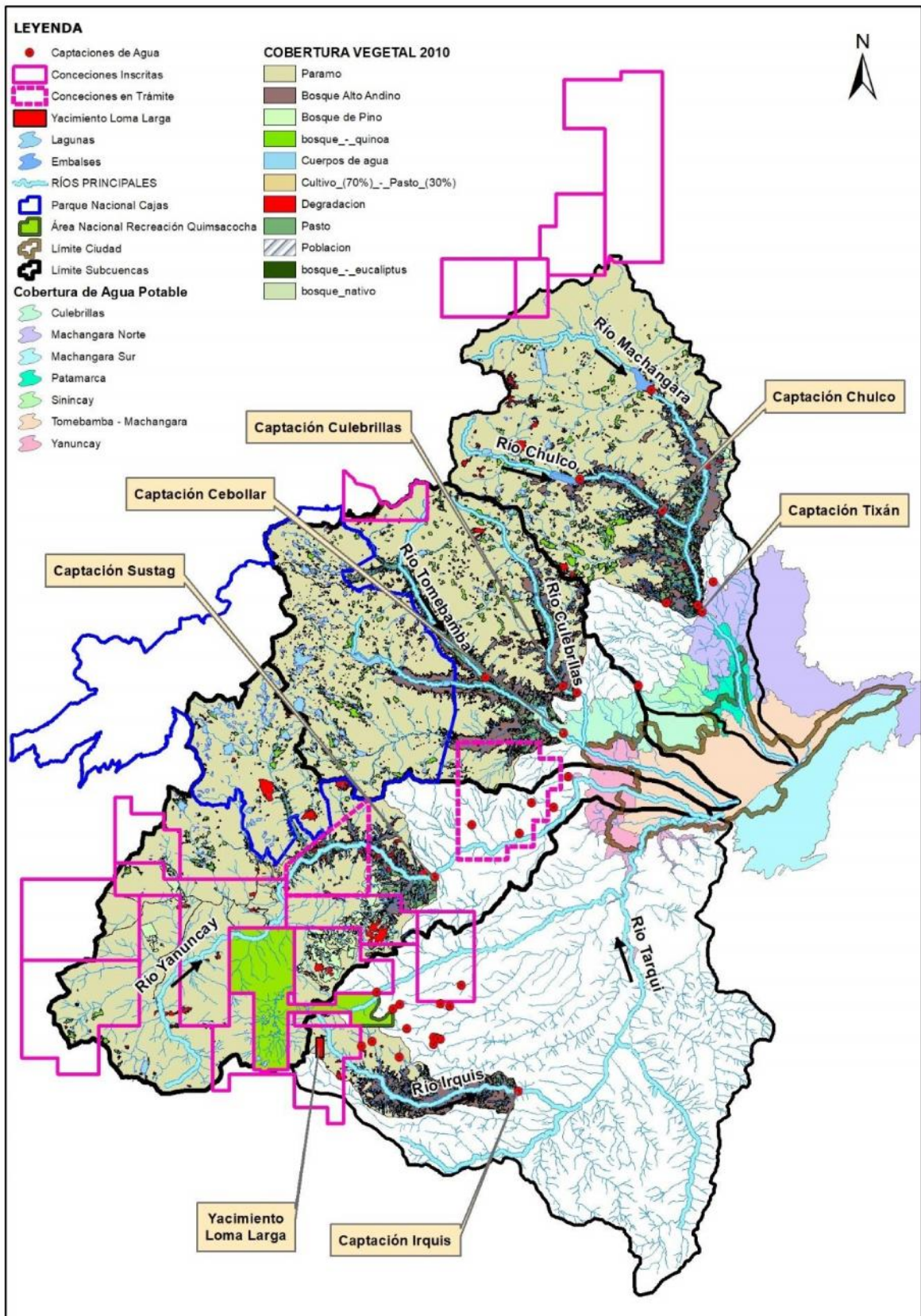


Figura 1 Cobertura de páramo en las subcuencas abastecedoras de agua potable <sup>6</sup>



## 4. PRINCIPALES PROBLEMAS POR LA ACTIVIDAD MINERA METÁLICA

### 4.1 Contaminación del agua<sup>2,3,4</sup>

Las concesiones mineras metálicas inscritas y en trámite en las subcuencas de los ríos Yanuncay, Irquis, Tomebamba, Machángara y Tarqui son 12749, 878, 1185, 268, 3654, hectáreas respectivamente. En las subcuencas de los ríos Yanuncay e Irquis el 38% y 21% del territorio hasta el punto de captación de agua potable tienen concesiones mineras.

El **100% de las concesiones mineras están en zonas de páramo**, que fueron declaradas Bosques y Vegetación Protectora mediante Registro Oficial del 22 de agosto de 1985 en el Suplemento 255, debido a la importancia hídrica de la cuenca del río Paute (Ver Figura 2).

De todas las concesiones mineras, el proyecto Río Blanco se encuentra en explotación y Loma Larga en exploración avanzada en su fase final. Loma Larga está localizado en la divisoria de agua de las subcuencas de los ríos Yanuncay y Tarqui, en donde nacen las fuentes de agua. El yacimiento de oro, plata y cobre se encuentra en las nacientes del río Irquis. (Ver Figura 2).

De acuerdo a la amplia literatura las dos principales fuentes de contaminación del agua producto de la actividad minera son: el agua que sale por la boca mina o boca de los túneles y el agua que se escurre de los escoriales o represas de relave, principalmente por el drenaje ácido que facilita la lixiviación de metales tóxicos.

Los Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad de Loma Larga (RPA 2015<sup>3</sup>), manifiestan la **“presencia de rocas altamente sulfuradas con oro, plata y cobre, pero asociados con arsénico, mercurio y otros metales”**. En Loma Larga el concentrado de cobre tendrá un contenido de arsénico del 11%, considerado como sucio. Éste hecho dificultará notablemente la posibilidad de comercializar el concentrado de cobre, ya que la mayor parte de plantas de beneficio no pueden procesar por el costo, deberían utilizar tecnología moderna para el control de la contaminación y no resultar en la eliminación de arsénico al ambiente. Este factor tiene una importancia crítica en la viabilidad técnica y económica del proyecto, sin que INVMETALS haya presentado evidencia de una planta de beneficio dispuesta a recibir este concentrado de cobre.

Al abrir los túneles de la mina subterránea, **las rocas altamente sulfuradas al tomar contacto con el oxígeno, se oxidarían a ácido sulfúrico, como resultado el agua que infiltra por las rocas subyacentes fracturadas se volvería ácida y disolvería los metales tóxicos que estaban confinados en las rocas<sup>4,7</sup>**, ésta agua contaminada saldría por la boca de los túneles y contaminaría las fuentes de agua superficiales con arsénico y otros metales, la contaminación se extendería al suelo de páramo que actúa como esponja de agua para regularla en sequía, lo cual afectaría los usos de agua para consumo humano, agropecuario e industrial, para los habitantes aguas abajo de los proyectos mineros.

Esta contaminación del agua de mina y de los lixiviados de las escombreras, no se terminará con el cierre de la mina, porque continuará saliendo el agua ácida contaminada y durará de forma indefinida y hasta puede ser perpetua, ya que el agua que infiltra en los túneles y escombreras seguirá lixivando las rocas inertes (sin materiales preciosos) pero con contenido alto de sulfuro y metales tóxicos.

En Río Blanco se diseñó un tratamiento pasivo para tratar el agua contaminada de la boca mina, que consiste en un simple drenaje de caliza para tratar 20 l/s, siendo improbable que sea suficiente para reducir la concentración de metales en particular el arsénico. La falla en identificar la mejor tecnología moderna cuestiona la intención de operar la mina de una manera ambiental y socialmente responsable.

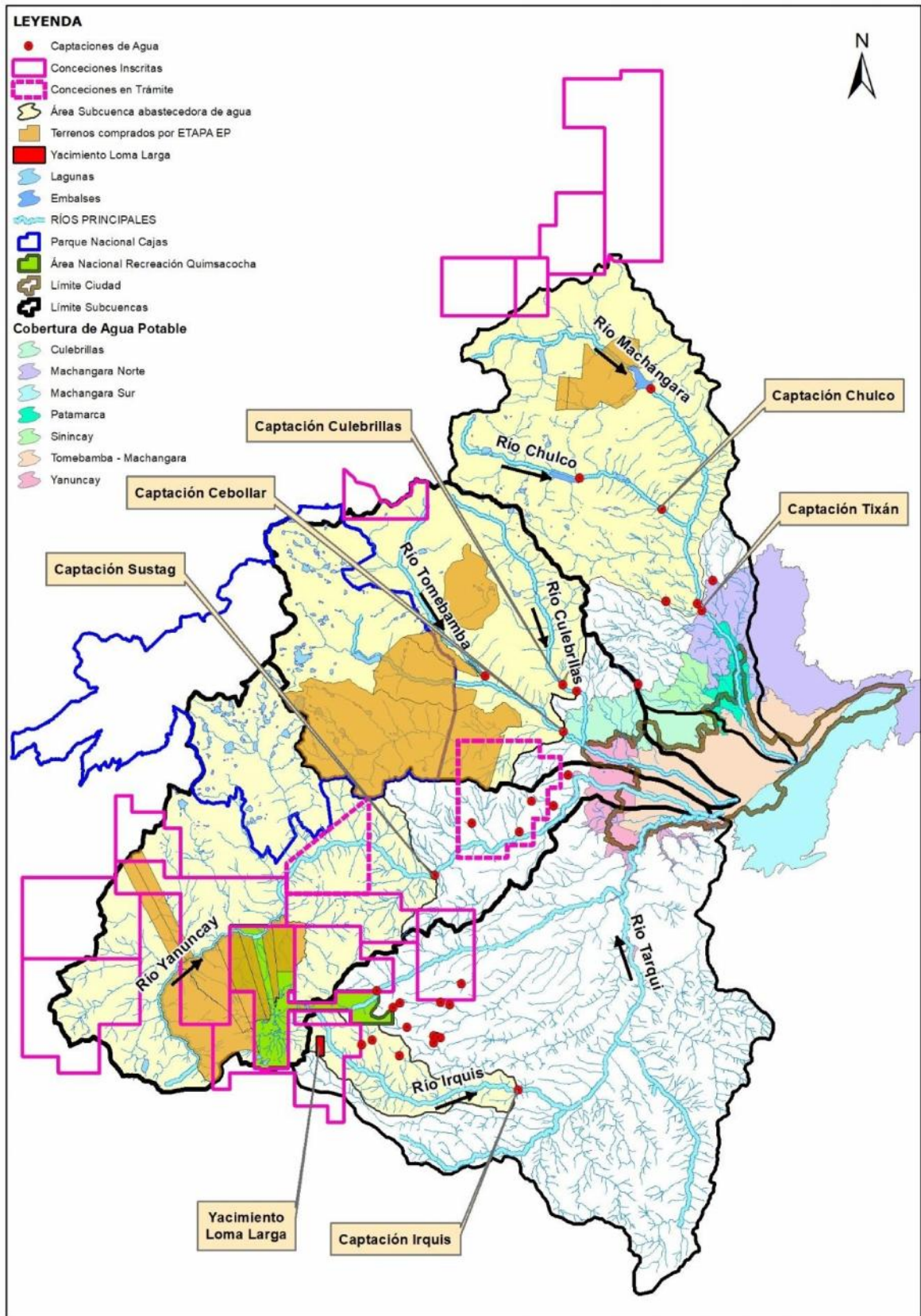


Fig. 2 Ubicación de las concesiones mineras arriba de los puntos de captación de agua potable

Si bien las medidas de mitigación como la planta de tratamiento de aguas contaminadas y el relleno de la mina con desecho de roca y colas son consecuentes con las mejores prácticas en la industria minera en la actualidad, el propósito de estas prácticas es reducir o minimizar y **no eliminar** posibles impactos. La operación y mantenimiento continua de la planta de tratamiento debería asegurarse de forma perpetua, con una garantía financiera en fondos de fideicomiso antes de permitir los proyectos.

#### 4.2 Alteración de los Flujos de Agua Superficiales y Subterráneos <sup>2,3,4</sup>

Los diferentes Estudios de Loma Larga y Río Blanco manifiestan que los yacimientos de oro, plata y cobre, son de tipo epitermal, es decir acumulación de metales preciosos por la circulación de fluidos calientes a través de las FRACTURAS de las rocas. De acuerdo a la geología, las rocas ubicadas encima de las galerías son compactas y casi impermeables, con composición de roca andesítica y riolítica.

La principal **característica de las rocas riolíticas es su alta FRACTURACIÓN** porque cuando emergieron sufrieron un cambio brusco de temperatura de calor intenso a frío.

El agua almacenada en el suelo de páramo, filtra lentamente por las FRACTURAS subyacentes y aflora aguas abajo en un sinnúmero de vertientes o manantiales, que luego confluyen rápidamente a pequeños cursos de agua y quebradas, para finalmente llegar a los ríos principales. Este proceso de estabilización y formación de los flujos subterráneos de agua, le tomó a la naturaleza millones de años (Ver Figura 3).

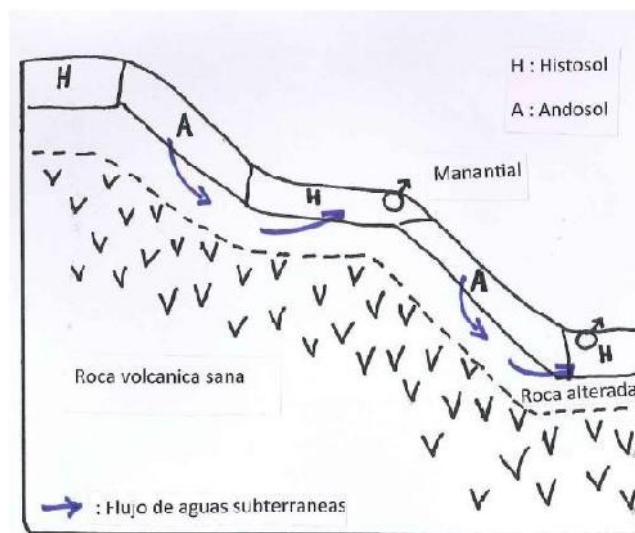


Fig. 3: modelo conceptual de circulación subterránea en Loma Larga (Fuente BRGM<sup>2</sup>)

Al abrir los túneles de las minas, el agua que infiltra por las fracturas ya no continuaría su flujo subterráneo hacia las vertientes, sino que, las fracturas al encontrarse con la excavación subterránea, permitirían que el agua infiltre rápida y fácilmente al interior de los túneles. Ésta agua de infiltración tomará contacto con las rocas altamente sulfuradas oxidadas a ácido sulfúrico y ocurriría el fenómeno de drenaje ácido y lixiviación de los metales tóxicos, que luego saldría finalmente por la boca de los túneles, hacia las quebradas más cercanas, que confluyen

rápidamente por la alta pendiente a ríos principales, extendiéndose la contaminación aguas abajo y llegando rápidamente a los puntos de captación para consumo humano y riego.

La minería subterránea puede modificar la trayectoria de los flujos hídricos subterráneos y el ambiente geoquímico. Puede permitir el flujo de agua entre áreas que hasta entonces no estaban conectadas o entre flujos superficiales y subterráneos. Esto puede modificar la calidad del agua subterránea al ocurrir el drenaje ácido que permite reacciones de disolución de los metales en los sistemas geoquímicos naturales (Mining, 1997).

El cráter del antiguo volcán Quimsacocha de 4 km de diámetro, es un humedal que acumula gran cantidad de agua, que fluye superficialmente por el río Bermejitos afluente del río Yanuncay. A través de las fracturas subyacentes alimenta a varias lagunas y gran cantidad de vertientes, que afloran en las subcuencas de los ríos Yanuncay, Tarqui y Jubones. El nivel de recarga por precipitación en éstas subcuencas con lechos de roca, depende de las fracturas existentes.

Éste cráter se encuentra ubicado 200 metros arriba del yacimiento de Loma Larga, por lo que, al aperturar los túneles de la mina subterránea, el agua que fluye por las fracturas de las rocas riolíticas filtraría rápidamente hacia los túneles, lo cual afectaría la circulación de las aguas subterráneas y superficiales, y podría ser de tal magnitud que el caudal del río Bermejitos principal afluente del río Yanuncay podría disminuir y muchas vertientes podrían desaparecer, porque el nivel hidráulico del agua subterránea desciende; cuanto más profunda se hace la mina más bajan los niveles de agua. Ésta agua que se pierde al infiltrar por los túneles, sale contaminada por la boca de los túneles. Por lo tanto, el riesgo que el régimen hidrológico se vea afectado es elevado por los cambios en la dirección y velocidad del flujo. El riesgo potencial de que esto ocurra es evidente debido a la presencia de las rocas riolíticas, lo que INVMETALS no ha realizado es una valoración cuantitativa de éste impacto, con un adecuado estudio de los flujos subterráneos que deben ser presentados y exigidos en los Estudios de Impacto Ambiental. Un esquema de lo explicado se presenta en la Figura 4.

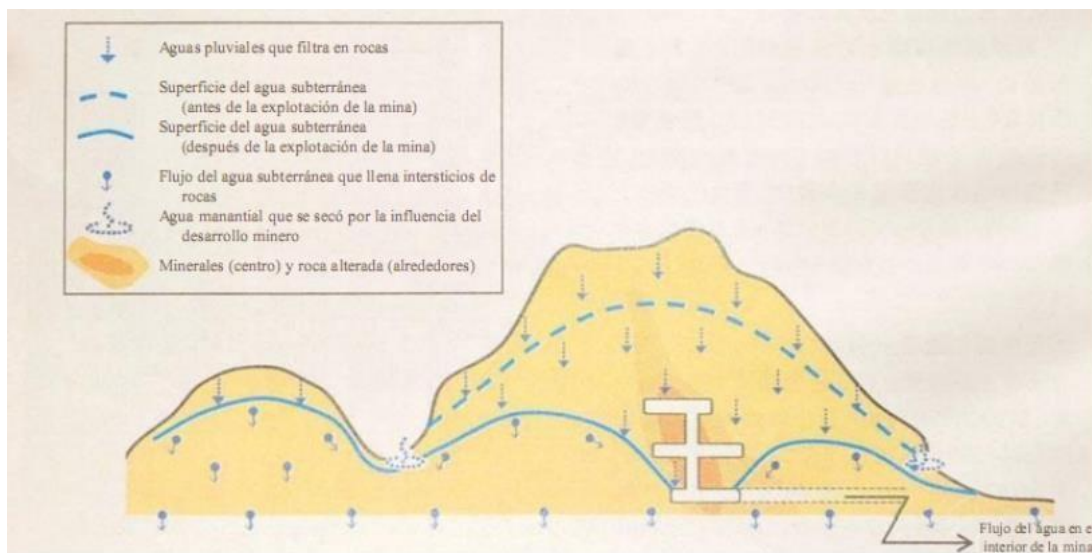


Fig. 4: Esquema de alteración del flujo de agua por la mina subterránea (JOCMEC 4)

Los estudios de aguas subterráneas de las compañías mineras son escasos tanto en Loma Larga como en Río Blanco. Sin duda, la caracterización de las aguas subterráneas es muy difícil en la zona, afectada por las fallas y las fracturas, los niveles arcillosos, la heterogeneidad de la roca volcánica, la amplia variación de nivel entre épocas secas y húmeda, pero los esfuerzos para

caracterizar las aguas subterráneas requieren mayor profundidad por parte de los operadores mineros. El número de piezómetros es insuficiente. Las aguas subterráneas no solo se caracterizan por sus niveles de agua sino por la permeabilidad, la velocidad de sus flujos y la calidad de las aguas. Los piezómetros instalados de diámetro de 2 pulgadas, no permiten bajar una bomba para hacer pruebas de bombeos. Ninguna prueba ha sido realizada en el área. Sin embargo, valores de permeabilidad se usan en los modelos realizados, como el modelo que estima las entradas de agua durante las obras de perforación de los túneles.

En conclusión, la información sobre las aguas subterráneas realizados por los operadores mineros debería ser más detallada y consistente para identificar los impactos a corto y largo plazo en los recursos de agua subterránea, y el Ministerio del Ambiente debería exigir la presentación de los mismos con su valoración en términos cuantitativos en los estudios de impacto ambiental.

#### **4.3 Contaminación por represas o depósitos de escorias** <sup>2,3,4</sup>

Los residuos mineros, los escombros, las rocas y relaves sin los minerales preciosos, son depositados en represas de escorias o relaveras. Estas escorias también generan drenaje ácido y lixiviación de metales que fluyen por el pie de presa y por infiltración subterránea, contaminando las fuentes de agua.

En Loma Larga la ley de oro de 7,67 gr/tonelada, significa que para obtener 7,67 gr de oro se necesita extraer de la montaña 1'000.000 de gramos de roca inerte. Eso tiene un significado del enorme volumen del material inerte pero químicamente activo con rocas altamente sulfuradas que debe ser almacenado en estanques de relave o escombreras. Este es un material químicamente activo para generar drenaje ácido y lixiviación de metales con un alto riesgo potencial de contaminar tanto el agua subterránea como superficial.

Las minas de Loma Larga y Río Blanco contarán con depósitos de escorias que almacenarán 2.3 y 1.5 millones de toneladas respectivamente de desechos sólidos altamente sulfurados, con un alto potencial de generar drenaje ácido y lixiviación de metales, especialmente arsénico y mercurio.

Las represas de escorias contienen bastante humedad aun después del cierre de mina debido a la infiltración de la precipitación. **El mal manejo** de la infiltración y la deficiente estabilidad física de la presa **puede provocar su desplome** y arrastre de los sólidos tóxicos aguas abajo, produciendo una catástrofe ambiental.

Debido al **desplome** de las **represas de escorias** en **Mt Polley Canada 2014** y en **Samarco Brasil 2015 que produjeron daños ambientales catastróficos** aguas abajo, inundando los poblados con las escorias contaminados con metales pesados, el Panel de Ingeniería Experto e Independiente de Investigación y Revisión, recomendó para garantizar la estabilidad física de las represas: i) eliminar el agua superficial de la represa, ii) promover condiciones no saturadas con provisión de drenaje, y, iii) lograr condiciones dilatadoras en todo el deposito por compactación.

**La operación, mantenimiento y monitoreo minucioso de las represas de escorias debe preverse por siglos después del cierre de la mina y contar con una garantía financiera. Sin embargo, en los estudios de las operadoras mineras no se especifican estos costos, quien los financiará después del cierre de la mina y quien realizará las tareas de operación, mantenimiento, vigilancia y monitoreo a largo plazo. (¿?)**



#### 4.4 Subsistencia o Hundimientos <sup>2,3,4</sup>

El problema de la minería en áreas de valor ecológico y de servicios ambientales como es el páramo, es la subsidencia y sus efectos topográficos. Fejes describe la subsidencia como un resultado natural de la minería subterránea e indica a su vez que cuando se crea un vacío la naturaleza terminará buscando la configuración geológica más estable, la cual es el colapso del vacío y la consolidación del terreno.

La subsidencia que provocan las excavaciones, por lo general, es el resultado de desmoronamientos imprevistos, soportes inadecuados, sobrecarga de pilares y eventual colapso estructural que ocurre naturalmente a lo largo del tiempo con la consolidación del terreno.

La magnitud y extensión de la subsidencia se ven afectadas por una serie de parámetros geológicos y mineros, como por ejemplo: discontinuidades geológicas, fallas y particularidades geológicas, topografía del terreno, aguas subterráneas, entre otras. (SME, 1986).

El área de Río Blanco está dominada estructuralmente por fallas con rumbo noroeste y fracturas relacionadas. Estos conjuntos de fallas actuaron como conductos a través de los cuales circularon fluidos hidrotermales, con la resultante producción de intensas zonas de alteración y mineralización. Por lo que la veta de minerales preciosos se halla sobre la Falla Alejandra en donde existirá una mina subterránea (¿?) (Ver Figura 5).

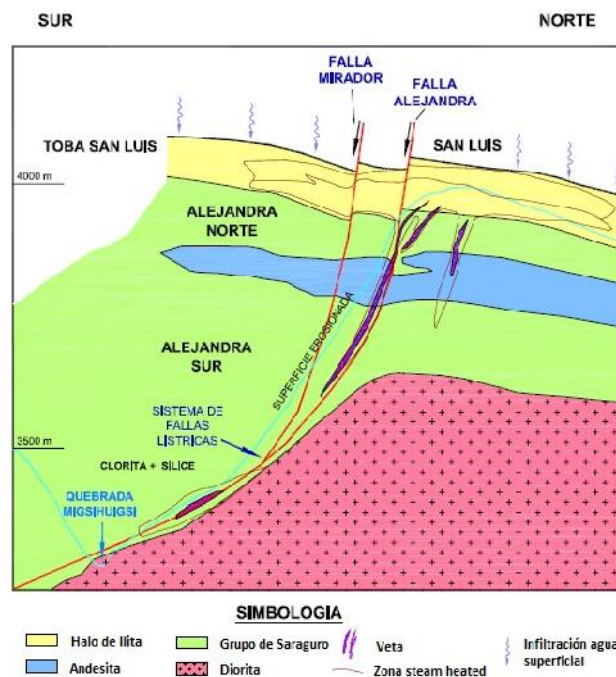


Fig. 5 Modelo geológico simplificado del depósito de Río Blanco (EIA<sup>11</sup>)

El rellenado parcial o completo de la mina reduce la subsidencia, sin embargo **no la elimina**. La presencia del agua que continúa filtrando por las fracturas hacia las minas podría inducir hundimientos.

Las fracturas del estrato superior debido a la subsidencia podrían aumentar el flujo subterráneo, lo cual podría acelerar aún más el drenaje del humedal del cráter del volcán Quimsacocha y podría bajar tanto el nivel que desaparecería la salida superficial del río Bermejitos afluente del río Yanuncay. La permeabilidad aumenta al llegar las fracturas a la superficie y esto puede llevar a un mayor flujo de agua subterránea hacia los túneles y el agotamiento del agua superficial.

## 5. CONSIDERACIONES ECONOMICAS <sup>3</sup>

Loma Larga y Río Blanco en comparación con otras minas modernas, incluyendo minas subterráneas, se describen como yacimientos relativamente pequeños de ley moderada (Ver Cuadro 3).

Dado el carácter sensible de las reservas y ley del mineral, los costos capitales y operativos y el precio de los metales, la proyección de una TIR después de impuestos de 16.0% no es alentadora, ya que un resultado negativo en tan sólo un área podría resultar en una tasa de rendimiento negativa.

Mientras que las minas subterráneas de alto grado pueden justificar costos más altos, las minas de grado moderado, como Loma Larga y Río Blanco, pueden ser extremadamente sensibles a factores de costo. Al final, esto puede influir negativamente en el cumplimiento de mejores prácticas de la industria en términos de diseño, construcción, operación y recuperación, y cierre, así como llevar al cese prematuro de las operaciones y el potencial abandono de la mina. Incluso las operaciones mineras más éticas y bien intencionadas reducirán los costos asignados a los requisitos ambientales frente a una rentabilidad menor a la deseada, y son susceptibles a una eventual bancarrota. La naturaleza económica inherente específica del sitio de este yacimiento hace que su viabilidad económica y por lo tanto confiabilidad ambiental y social sean inciertas.

ASPECTO	LOMA LARGA (RPA 2015)	RIO BLANCO (MICON 2006/IMZ 2009 )
<b>MINERÍA</b>		
Método	Realce subterráneo y excavación por galerías y relleno incluyendo uso de desechos	Realce subterráneo, incluyendo el uso de desechos
Extracción toneladas / día	1.000	800
Extracción toneladas /año	350.000	292.000
Operación de la mina, años	13,25	6,9
Reservas probables, toneladas	4.603.000	1.991.000
Ley del mineral		
Au gramos /tonelada	7,67	8,1
Ag gramos / tonelada	38,4	63
Cu,%	0,46	
<b>INGRESOS</b>		
Precio del metal		
Au, \$	1.350	475
Ag, \$	23	8
Cu, \$	3	
Costo operativo, \$/t	96,41	50,4
Inversión de capital iniciales	\$244.686.000	60.321.000
Plazo de retorno de pago despues de impuestos	3,8 años	3,4 años
Tasa Interna de Retorno (TIR) después de impues	16.0 %	20.1 % (antes de los Impuestos )
Valor actual Neto (VAN) despues de impuestos		
5% DROR ( Discounted Rate of Return- Tasa de Rendimiento Descontada )	\$153.823.000	35.392,000 ( antes de los impuestos )

Cuadro 3. Aspectos Económicos claves de los proyectos Loma Larga y Río Blanco (Kuipers<sup>3</sup>)

Power (1994) ha documentado claramente el hecho que la minería resulta en una economía con ciclos de prosperidad y depresión tanto en los EE.UU. como en otros lados, y en al menos algunos casos concluye que “la minería contribuye muy poco al desarrollo de la economía local como para justificar las cicatrices que deja en el ambiente local y la perturbación de las comunidades locales”.

El informe de Loma Larga (2015) sugiere que el proyecto resultará en ingresos al estado por impuestos de \$163M en 13 años (\$12 M/año). El proyecto Río Blanco tendría beneficios



parecidos. Sin embargo, el sinnúmero de impactos para la economía y el ambiente pesan mucho más que los beneficios

De acuerdo al informe de Loma Larga (RPA 2015) la estimación del costo conceptual de cierre es de \$4.2 millones y para Rio Blanco de acuerdo con San Luis Minerales (2011 p. 8-209) un total de \$US1.875M ha sido planificado para el cierre.

En circunstancias típicas, la recuperación y cierre de la mina cuesten entre \$US5-10M para las minas subterráneas con depósitos para desechos de roca y colas.

Son necesarios entre \$US10- \$20M de capital total y costos operativos si se requiere de gestión y tratamiento de agua minera con drenaje ácido y lixiviación de metales tóxicos, después del cierre de la mina.

Por lo que Kuipers recomienda enfáticamente que los costos de recuperación y cierre sean estimados con métodos detallados de ingeniería convencional, y para la estimación de los requerimientos de garantía financiera, que se incluyan supuestos de peor escenario razonables, como ser cierre temprano y gestión y tratamiento de agua para un periodo de 100 años. Debería conseguirse garantía financiera en la forma de un fondo de fideicomiso aceptable u otro equivalente antes de permitir los proyectos y éstos deberían mantenerse a lo largo de la vida del proyecto, lo que incluye después del cierre de la mina hasta que todos los impactos hayan sido identificados y abordados.

Los problemas de contaminación indefinidos en el tiempo y sus costos para manejar los pasivos ambientales deben hacer reflexionar que la explotación minera puede ser un mal negocio porque los costos de mitigación de los impactos ambientales pueden ser muy superiores al de los beneficios.

## 6. CONCLUSIONES

Las áreas concesionadas se ubican aguas arriba de las captaciones para consumo humano y riego, y se encuentran totalmente dentro del ecosistema de páramo, que posee una alta capacidad de retención de agua y regulación de caudales, características esenciales para la vida y el desarrollo de los habitantes del cantón Cuenca. La vocación de los páramos es esencialmente la regulación hídrica y la prestación de servicios ambientales.

De acuerdo a las investigaciones ecológicas acumuladas a lo largo de la última década, los páramos tienen poca resiliencia (capacidad para recuperar su estado natural) y baja capacidad de adaptación frente a la suma de impactos antrópicos que los afectan, por lo que son considerados como ecosistemas altamente vulnerables.

El agua que se contaminaría con metales tóxicos especialmente arsénico y mercurio, representa un riesgo altamente potencial de contaminar las fuentes de agua para consumo humano y riego, ya que cualquier contaminación llegaría rápidamente a los pequeños cursos de agua, que confluyen a quebradas y ríos principales, drenando cuencas pequeñas de alta pendiente y flujos rápidos, lo cual demuestra una vez más la fragilidad de los ríos de páramo, que deben ser preservados frente a la minería. Considerando que las subcuencas abastecedoras son las únicas fuentes superficiales de agua para atender a la población y la seguridad alimentaria, en donde la demanda superará la limitada oferta de los ríos, lo que enfatiza la necesidad del estricto cuidado y manejo del uso del suelo adecuado de **las “Fabriquetas de Agua”: Las frágiles zonas de Páramo.**

El arsénico y el mercurio son extremadamente tóxicos para la salud, la ingesta prolongada puede causar cáncer de piel, vejiga y de pulmón, además problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes, enfermedades pulmonares y cardiovasculares. Es necesario aplicar el principio precautorio consagrado en la Constitución frente a un elevado riesgo potencial de contaminación, para evitar los fatales efectos en la salud pública.

Los proyectos mineros no se han evaluado reconociendo los considerables riesgos ambientales y económicos, sobretodo de los usos de agua para consumo humano y riego. Los impactos mineros han sido subestimados y las medidas de mitigación propuestas por los operadores mineros no son adecuadas, sobre todo con respecto a la posibilidad de tener que realizar tareas de monitoreo y tratamiento de aguas a largo plazo o incluso de forma perpetua.

Los estudios sobre el impacto de los diferentes componentes de un proyecto minero se presentaron a las autoridades de forma independiente el uno del otro, lo que ha dificultado tener una visión global de la importancia de los impactos ambientales de los proyectos.

Por todo lo expuesto, el riesgo potencial de contaminación en la calidad y cantidad, sobre las únicas fuentes de abastecimiento de agua potable y riego, recurso más importante para los cuencanos, es elevado, ya que las concesiones mineras se ubican agua arriba de los puntos de captación y en áreas de páramo, ecosistema estratégico altamente lesionable, que ha sido protegido desde décadas anteriores por su invaluable servicio ambiental como zona de provisión y regulación de agua, y por otros grandes servicios ecológicos que prestan a la colectividad cuencana.

Por la importancia de las subcuencas abastecedoras, el Ilustre Municipio de Cuenca en el capítulo XI de la Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca, 2003, normó lo siguiente:

- Artículo 75: *“Por los recursos naturales, elementos, procesos, ecosistemas y el alto valor paisajístico que contienen y en particular por constituir recursos insustituibles para el abastecimiento actual y futuro de agua para la población del Cantón, se asignan como categorías de ordenación territorial, la conservación estricta a las cuencas hidrográficas de los ríos Tomebamba y Yanuncay y la conservación activa a las cuencas hidrográficas de los ríos Machángara, Tarqui ....”*
- Artículo 77, literal c: *“Se declara expresamente como usos incompatibles en estas subcuencas hidrográficas, el aprovechamiento de canteras y las explotaciones mineras, ...”*

Además las áreas mineras concesionadas se encuentran dentro del Área de Bosque y Vegetación Protectora Yanuncay-Irquis, declarada bajo esta categoría de manejo por el Estado Central en el año 1985, para precautelar las zonas de recarga hídrica del proyecto hidroeléctrico Paute, siendo la actividad minera no compatible con el manejo de esta categoría de protección.

ETAPA EP en los últimos 20 años de servicio a la ciudad de Cuenca, con el financiamiento de los usuarios de los sistemas de agua y saneamiento, **ha invertido más de \$USD 200 millones** de dólares en proyectos para la conservación de las subcuencas abastecedoras de agua, plantas de potabilización, redes de distribución de agua potable, alcantarillado y plantas depuradoras de agua residual, asegurando la calidad del agua de consumo de la ciudadanía, recuperando la calidad de los ríos que atraviesan la ciudad y devolviendo a la naturaleza el recurso depurado después de su uso. Mientras que los ingresos totales al Estado por impuestos de la minería en Loma Larga serán \$USD 163M en 13 años. Debiendo reflexionar que la explotación minera puede

ser un mal negocio para los cuencanos porque los costos de mitigación de los impactos ambientales, los pasivos ambientales que durarán por siglos o de forma perpetua y los efectos en la salud pública pueden ser muy superiores al de los beneficios.

Por la importancia hídrica y ecológica, y el riesgo latente sobre los sistemas de agua potable y riego, la exclusión de la minería en páramos y otros ecosistemas estratégicos ha sido incorporada en el Código Minero en Colombia en el 2009, como resultado de un acuerdo intersectorial al interior del Estado.

Debido al elevado riesgo sobre las únicas fuentes de agua potable para los cuencanos, a la subestimación de los impactos negativos por los operadores mineros, y la falta de supervisión establecida en cuanto al cumplimiento de regulaciones, junto a la clara presencia de características prevalentes de drenaje ácido y lixiviación de metales, especialmente arsénico y mercurio, estas minas no deben ser desarrolladas.

El agua de las subcuencas de los ríos Tomebamba, Yanuncay, Irquis, Machángara y Tarqui es de vital importancia para las necesidades básicas, la salud y el desarrollo económico de los habitantes de Cuenca que Dios las cimentó sobre oro.

Está en las manos de nuestras autoridades y de las respectivas instancias estatales en “elegir entre el Oro Azul o el Oro Amarillo” y la protección de las vitales zonas de Páramo de las cuales quedan solamente pequeñas extensiones en el mundo, y a nivel internacional son motivo de estudios intensivos, ya que se considera que serán las más afectadas por el calentamiento global y los cambios climáticos.

## FUENTES

<sup>1</sup> Estudios y Diseños Finales de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento II para la Ciudad de Cuenca, TYPASA 2004

<sup>2</sup> Informe final. BRGM/RP-62354FR. Mayo 2013. Asesoramiento técnico científico a la Municipalidad de Cuenca (Ecuador) y el I. Concejo Cantonal, sobre la temática de las aguas y los impactos ambientales de la posible actividad minera. Informe de la visita técnica de los expertos de BRGM: reconocimiento del territorio, revisión de estudios técnicos.

<sup>3</sup> Informe Pericial sobre los proyectos Loma Larga y Río Blanco, Provincia del Azuay, Ecuador. James R. Kuipers, P.E. Junio 2016

<sup>4</sup> Medidas Preventivas de Contaminación Minera en las Minas Abandonas y el Rol de JOCMEC. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation.

<sup>5</sup> Plan de Gestión de Riesgos para los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Cuenca, Analysis and monitoring of environmental risk AMRA

<sup>6</sup> Dinámica de Uso de Suelo, SIG Subgerencia de Gestion Ambiental

<sup>7</sup> Mineralogía y geoquímica ambiental, P. Higuera y R. Oyarzun

<sup>8</sup> RPA Inc. (2015) INV Metals Inc., Technical Report on the Loma Larga Project, Azuay Province, Ecuador, Informe NI 43-101, 20 de marzo de 2015.

<sup>9</sup> RPA Inc. (2012) INV Metals Inc., Technical Report on the Quimsacocha Project, Azuay Province, Ecuador, Informe NI 43-101, 18 de julio de 2012.

<sup>10</sup> IAMGOLD Technical Services (2009) IAMGOLD Corporation, Quimsacocha Gold Project, Azuay Province, Ecuador, Informe Técnico NI 43-101, febrero de 2009.

<sup>11</sup> Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Rio Blanco. Terrambiente Consultores Cía. Ltda., 2011