



**MINISTERIO DE ENERGIA  
Y MINAS**



**DIRECCION GENERAL DE  
ASUNTOS AMBIENTALES**

**ESTUDIO DE EVALUACION AMBIENTAL TERRITORIAL Y DE  
PLANTEAMIENTOS PARA REDUCCION O ELIMINACION DE LA  
CONTAMINACIÓN DE ORIGEN MINERO  
EN LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

**JUNIO 1998**

## **INDICE**

### **1. INTRODUCCION**

- 1.1. ANTECEDENTES
- 1.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LAS CUENCAS
- 1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO
- 1.4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

### **2. DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES FISICOS Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE LA CUENCA**

- 2.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CUENCA
- 2.2. HIDROGRAFIA Y FISIOGRAFIA
- 2.3. POBLACION DENTRO DE LA CUENCA
- 2.4. TIERRAS AGRICOLAS DENTRO DEL AREA DE LA CUENCA
- 2.5. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA
- 2.6. CLIMA Y METEOROLOGIA
- 2.7. HIDROLOGIA DE LA CUENCA

### **3. GEOLOGIA**

- 3.1. GEOLOGIA REGIONAL
- 3.2. GEOMORFOLOGIA
- 3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL
- 3.4. SISMICIDAD
- 3.5. GEOLOGIA MINERA

### **4. ECOLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

- 4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE VIDA Y FORMACIONES ECOLOGICAS
- 4.2. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### **5. ACTIVIDAD MINERA EN LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

- 5.1. TIPO DE ACTIVIDAD MINERA
- 5.2. CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE LA ACTIVIDAD MINERA
- 5.3. CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS
- 5.4. PROCESOS UTILIZADOS PARA BENEFICIAR MINERALES DE MINA
- 5.5. PROCESOS DE INTemperismo NATURAL
- 5.6. ACTIVIDADES MINERAS EN LA CUENCA Y CONTAMINACIÓN
- 5.7. DESCRIPCION DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA
- 5.8. DESCRIPCION DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PATIVILCA

### **6. TRABAJOS DE CAMPO**

- 6.1. OBJETIVOS
- 6.2. PLAN DE MUESTREO Y EVALUACION
- 6.3. COLECCIÓN DE MUESTRAS
- 6.4. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y EVALUACION DE SUELOS CON FINES AGRICOLAS
- 6.5. ANALISIS DE TEJIDOS
- 6.6. OBTENCION DE DATOS PARA PLANEAMIENTO DE MEDIDAS DE REMEDIACION

## **7. ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES**

- 7.1. IDENTIFICACION DEL AREA DE ACTIVIDAD MINERA RESPECTO A LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO
- 7.2. CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL
- 7.3. USOS DEL AGUA
- 7.4. DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA
- 7.5. ANALISIS Y EVALUACION DE LOS RESULTADOS
- 7.6. USOS POTENCIALES DEL AGUA Y SUS LIMITACIONES
- 7.7. EVALUACION GENERAL DE LOS RESULTADOS
- 7.8. DETERMINACION Y ANALISIS DE CARGAS METALICAS, DISPUESTAS AL RIO PATIVILCA
- 7.9. OTRAS CARGAS METALICAS
- 7.10. EVALUACION DEL POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO DE MATERIALES SOLIDOS

## **8. IMPACTOS AMBIENTALES EN LOS SUELOS**

## **9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

- 9.1. ALCANCES Y OBJETIVOS
- 9.2. REDUCCION DE LA CONTAMINACION

## **10. PLAN DE MITIGACION**

- 10.1. LA ZONA ADYACENTE AL RÍO RAPAY
- 10.2. ZONA ADYACENTE A LA QUEBRADA PISCHCARAGRA.

## **10. DISEÑO CONCEPTUAL Y ESTIMADO DE COSTO DE MEDIDAS DE MITIGACION**

- 11.1. DISEÑO CONCEPTUAL
- 11.2. PLAN DE IMPLEMENTACION
- 11.3. COMENTARIOS GENERALES

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. ANTECEDENTES**

El Perú es un país minero. Esta actividad representa aproximadamente entre el 40 y el 50% del producto de exportación. Su participación en la minería mundial destaca como producto de primer nivel en zinc, plata y estaño y, en menor escala, en plomo, cobre y oro.

En los últimos 5 ó 6 años, se ha vivido una etapa de apertura a la economía global y a las inversiones, lo cual está conduciendo a la presencia de capitales, privados, tanto nacionales como extranjeros, en las diferentes etapas de la actividad minera.

### **1.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LAS CUENCAS**

El Decreto Legislativo 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, contiene las disposiciones requeridas para promover la inversión privada en todos los sectores de la economía nacional, dicta las disposiciones para dar seguridad jurídica a los inversionistas e incentiva un modelo de desarrollo que armoniza la inversión productiva con la preservación del medio ambiente. El Título 15° del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería señala los requerimientos ambientales que tiene que cumplir todo titular de actividad minera. Asimismo, el D.S. 016-93-EM y el D.S. 059-93-EM contienen el Reglamento para la Protección Ambiental en las actividades minero-metalúrgicas. Se reglamenta el control de la contaminación en estas actividades mediante mecanismos tales como los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos nuevos o ampliaciones mayores al 50 %, y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para unidades en operación.

Además de la contaminación netamente inorgánica, como producto de la alteración de los minerales sulfurados, por los agentes del intemperismo (aire y agua), es posible también tener la presencia la contaminación orgánica, principalmente del tipo antropogénico, como producto de las actividades humanas de primera necesidad. Toda esta contaminación, inorgánica y orgánica, es la que al final discurre a la cuenca.

### **1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO**

El propósito del estudio es realizar la Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Pativilca, cuya contaminación ha sido originada por la actividad minera histórica y presente, a fin de establecer los lineamientos del Programa de Adecuación Ambiental Minero de la Cuenca, así como formular un Programa de Restauración del Pasivo Ambiental Histórico, desarrollando, a nivel conceptual, los proyectos individuales que deben comprender estos Programas o Planes, incluyendo la estimación de costos de los mismos.

### **1.4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO**

En primer lugar, se ha efectuado una amplia revisión de la mayor cantidad de información posible relacionada con este tema. Indudablemente, la información más valiosa y reciente la constituyen los programas de monitoreo de las empresas formales de la zona (del EVAP o PAMA y EIA).

Con estos resultados de análisis químicos y flujos volumétricos, se ha procedido a efectuar balances de agua y de carga sobre ciertos elementos contaminantes.

La siguiente etapa importante ha sido la visita al lugar, donde se efectuó trabajos muy específicos tales como la verificación de los impactos, toma de muestras faltantes, toma de nuevas muestras a fin de complementar los balances efectuados, realizar entrevistas a grupos de población y apreciar qué otras formas posibles de contaminación pueden existir en la cuenca (minas abandonadas, actividad de pequeña o micro minería, centros poblados, etc.).

La parte final ha consistido en estructurar un diagnóstico cuantitativo de la cuenca en lo que a contaminación relacionada con la minería se refiere, para luego plantear las soluciones a toda la problemática que no esté cubierta en los PAMAS de las empresas formales. Estos resultados serán invalorable para un seguimiento posterior de lo que sería el programa de adecuación de la cuenca.

## **2. DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES FISICOS Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE LA CUENCA**

### **2.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CUENCA**

- **Situación y extensión**

La cuenca del río Pativilca, pertenece a la vertiente del Pacífico y drena un área total de 4,837km<sup>2</sup>.

Políticamente, se localiza en los departamentos de Ancash y Lima, comprendiendo las provincias de Recuay y Bolognesi en el Departamento de Ancash y Cajatambo y Barranca en el Departamento de Lima.

Geográficamente sus puntos extremos se hallan comprendidos entre los 6°50' y 10°55' de Latitud Sur y los meridianos 76°45' y 77°50', de Longitud Oeste.

Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4000 m.s.n.m.

- **Desarrollo vial y acceso dentro de la cuenca**

El acceso dentro de la cuenca se realiza por el sistema de vías que integra la ciudad de Pativilca con todos los distritos y ciudades en la cuenca.

La carretera Panamericana une las ciudades por el norte con Huarney y por el Sur con Barranca. La carretera longitudinal de la cuenca se inicia en Pativilca uniendo las poblaciones de Cochas, Ocos, Santiago de Chilcas, Acas, Mayush, Manás, Gorgor, Cajatambo, Chiquián; cruza la divisoria de las cuencas Pativilca y Huaura permitiendo la integración de los departamentos de Ancash, Huánuco y Lima.

### **2.2. HIDROGRAFIA Y FISIOGRAFIA**

La cuenca es drenada por el río Pativilca que tiene sus orígenes en las alturas de los nevados de Cajat, discurriendo sus aguas por la quebrada Pischcaragra, la que da nacimiento al río en su confluencia con la quebrada de Gara, cerca de la localidad de Pachapaqui. Durante su recorrido, recibe el aporte de numerosos afluentes, entre los cuales cabe mencionar por la margen derecha, las quebradas de Picharagra (206 km<sup>2</sup>). Desagüe (60km<sup>2</sup>). Quebrada de Mashcus (252 km<sup>2</sup>) y los ríos Llamac (288 km<sup>2</sup>), Rapay (729 km<sup>2</sup>) y Gorgor (566 km<sup>2</sup>).

El río Pativilca, que hace un recorrido de 164 km, presenta una pendiente promedio de 3%, la que se hace más pronunciada (14%) entre las nacientes, por la quebrada Llata y su confluencia con la quebrada Huanchay. La extensión de la cuenca colectora húmeda o "cuenca imbrífera" es de 3,708 km<sup>2</sup>, estando fijado este límite, aproximadamente, por la cota 2,000 msnm, es decir que el 77% del área de la cuenca contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial.

El recurso hídrico se origina como consecuencia de las precipitaciones estacionales que ocurren en la falda occidental de la Cordillera de los Andes y de los deshielos de los nevados, localizadas, principalmente en su parte alta.

El río Pativilca, al igual que la mayoría de los ríos de la Costa, es de régimen irregular y de carácter torrencioso.

### **3. GEOLOGIA**

#### **3.1. GEOLOGIA REGIONAL**

##### **Generalidades**

La geología regional de la cuenca comprende una secuencia de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas cuyas edades varían desde el jurásico superior hasta el cuaternario reciente.

- **Rocas volcánicas**

Las rocas volcánicas, que están constituidas por andesíticas, piroclásticas y brechas de color gris verdoso, de textura porfírica, conforman terrenos aceptables para la ubicación de obras de ingeniería, estos depósitos tienen su mayor distribución dentro de la cuenca alta y algunos sectores de las cuencas media y baja.

- **Depósitos sedimentarios**

Los depósitos sedimentarios comprenden unidades antiguas, de edad jurásico superior, cretáceo inferior y cretáceo superior. Las rocas jurásicas están representadas por lutitas de color negro, gris verdoso y rojizo, algunas veces carbonosas (grupo Chicama), en algunos sectores, se hallan intercaladas con horizontes delgados de cuarcitas gris blanquecina; por su poca resistencia a los agentes de intemperismo da lugar a un relieve de formas topográficas suaves, como afloramiento típico.

Las rocas del cretáceo medio están representadas por paquetes gruesos de areniscas, cuarcitas blancas grises a pardas, intercaladas con lutitas pizarrosas, resistentes a la erosión lo que determina formaciones de cerros prominentes que destacan en la topografía de la región.

Acompañando a las rocas anteriormente mencionadas, se encuentran en la cuenca alta rocas calizas oscuras, intercaladas con lutitas negras a grises oscuras, lutitas arenosas pardo rojizas, limonitas marrón rojizas en capas gruesas y medianas, areniscas cuarzosas de color gris, componentes de las formaciones Chulec-Pariatambo.

- **Rocas ígneas**

Las rocas intrusivas en la cuenca Pativilca forman parte del Batolito Andino, sus afloramientos tienen gran amplitud de distribución. Estas rocas que varían en composición desde diorita a granodiorita, con variaciones a adamelita y tonalita, son de grano a grueso y su textura varía desde equigranular a porfírica; existen afloramientos típicos de granodiorita en los alrededores del poblado de Paranday.

#### **3.2. GEOMORFOLOGIA**

##### **Generalidades**

La cuenca del río Pativilca pertenece a la vertiente del Pacífico y comprende sectores de la Costa y Sierra de los departamentos de La Libertad y Ancash; de Oeste a Este, se puede diferenciar tres macro unidades geomorfológicas:

- Pampas costaneras.
- Flanco occidental de los Andes.
- Altiplano.

## **4. ECOLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

### **Introducción**

El conocimiento de la ecología del ámbito de la cuenca del río Pativilca es esencial para la determinación de los impactos potenciales y producidos por la actividad minera, por lo que el presente estudio ecológico tuvo por finalidad la identificación y descripción de las zonas de vida existentes.

### **4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE VIDA Y FORMACIONES ECOLOGICAS**

- **Zonas de vida**

1. Desierto desecado Subtropical
2. Desierto perárido Montano bajo subtropical.
3. Matorral desértico Montano bajo subtropical.
4. Desierto superárido Premontano tropical.
5. Desierto perárido Premontano tropical
6. Matorral desértico Montano bajo tropical.
7. Matorral desértico Premontano tropical.
8. Monte espinoso Premontano tropical.
9. Estepa espinosa Montano bajo tropical.
10. Estepa Montano tropical
11. Páramo muy húmedo Subalpino tropical
12. Bosque húmedo Montano Tropical.
13. Bosque muy húmedo Montano Tropical.
14. Páramo pluvial Subalpino tropical.

- **Formaciones ecológicas**

1. Desierto Premontano
2. Matorral desértico Premontano
3. Estepa espinosa Premontano
4. Pradera húmeda montano
5. Pradera muy húmeda Montano

### **4.2. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

- a. La intensidad de las lluvias varía con la altitud y disposición topográfica de la región, desde aproximadamente 7 mm en la Costa hasta unos 1,200 mm en la zona de praderas (Jalca), a 4,000 msnm.
- b. La temperatura varía en sentido inverso, esto es, disminuye conforme se asciende hacia la Sierra. Mientras que en la faja litoral, la temperatura promedio es del orden de los 20° C, en los niveles superiores va disminuyendo hasta que en el límite cordillerano dicho promedio de temperatura está alrededor de 8°C; además a este nivel, ocurren en forma frecuente temperaturas mínimas próximas al punto de congelación.
- c. Las variadas condiciones de clima, suelos y geomorfología han dado lugar al origen de distintos tipos medioambientales, que se caracterizan por la presencia de una vegetación típica en cada uno de ellos. En este sentido, se ha identificado 5 formaciones ecológicas, ubicadas en distintos pisos altitudinales, cuya calificación, desde el punto de vista de su potencial agropecuario, es la siguiente: Desértico Pre-Montano, con potencial medioambiental excelente, Matorral Desértico Pre-montano, con potencial medioambiental pobre; Estepa Espinosa Montano Bajo, con potencial medioambiental muy bueno y Pradera Muy Húmeda Montano con potencial medioambiental bueno.



## **5. ACTIVIDAD MINERA EN LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

La principal actividad minera formal en la cuenca es la Unidad de Producción de Pachapaqui; perteneciente a la empresa Barcock Consulting Ltda., anteriormente fue propiedad del Señor Rafael Cáceres.

La operación minera en la mina Pachapaqui, empieza en la década de los 70 y continúa con sus altibajos hasta la actualidad.

Actualmente, la operación de minado, aplica el método de corte y relleno ascendente, donde el relleno se efectúa con el producto de la rotura de la roca encajonante.

Adicionalmente, en la Concentradora se realiza el tratamiento del mineral polimetálico, por el método de flotación diferencial. Las soluciones residuales de los concentrados y los relaves de flotación son afluentes contaminantes al río Pativilca.

Actualmente, la nueva administración de la empresa minera Pachapaqui se halla abocada en un plan de optimización de sus operaciones para el desarrollo de un esquema que permita minimizar la contaminación, para lo cual la empresa está empeñada a cumplir con el Cronograma de inversiones de su Programa de Adecuación del Medio Ambiente, para minimizar esta contaminación.

### **5.1. TIPO DE ACTIVIDAD MINERA**

El esquema de recuperación de Pachapaqui plantea el método de tratamiento de Flotación diferencial; con este método, le permite recuperar los valores contenidos en los minerales polimetálicos, en concentrados individuales, predominando el concentrado de plomo con alta ley de plata. También se produce relave que tiene que ser acumulado.

### **5.2. CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE LA ACTIVIDAD MINERA**

La actividad extractiva en mina, es la iniciadora y generadora de contaminantes, produciendo desmontes, acceso a oxidación de estructuras rocosas, alteración del nivel freático en la mina, fisuras de estructuras, etc. Además, a medida que la mineralogía es mas compleja, el grado o nivel de contaminación es mayor, cuando más fisuradas y antiguas sean las labores subterráneas y cuando más variado sea el ciclo climático.

El pH de las soluciones en contacto con los minerales juega un fundamental en definir las características contaminantes.

### **5.3. CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS**

La mineralización en la zona de Pachapaqui se encuentra contenida en una serie de vetas que están rellenoando las fracturas y fallas originadas por presiones tectónicas.

La zona de la mina Pachapaqui, predominan los minerales ricos en plata representados por galena argentífera, pirita y tetraedrita.

La ganga está constituida principalmente por cuarzo, feldespato y óxidos de hierro.

### **5.4. PROCESOS UTILIZADOS PARA BENEFICIAR MINERALES DE MINA**

Las operaciones de Pachapqui se realizan mediante el Método de Flotación Diferencial.

Desde el punto de vista ambiental, el proceso de flotación diferencial que se utiliza en la Concentradora, presenta las siguientes desventajas: Dada la naturaleza fina de los diferentes minerales, es necesario apelar a remolienda, con el propósito de liberar las especies valiosas

## **6. TRABAJOS DE CAMPO**

### **6.1. OBJETIVOS**

Los objetivos del trabajo de campo desarrollado por CESEL-TRC ENVIRONMENTAL SOLUTIONS, INC., han estado fundamentalmente orientados a alcanzar los Objetivos Generales del Estudio. En tal sentido han consistido en:

- Ubicación de fuentes de contaminación ambiental de origen minero, principalmente las correspondientes a minas abandonadas.
- Determinar los constituyentes relativos a las cargas causadas por las fuentes de contaminación en las aguas superficiales.
- Obtención de muestras para determinar características cualitativas del Impacto Ambiental en las áreas de cultivo.
- Obtención de datos e información de respaldo para el planeamiento de medidas de remediación.

### **6.2. PLAN DE MUESTREO Y EVALUACION**

#### **• Planeamiento general**

El planeamiento general se efectuó luego de haber efectuado un trabajo de reconocimiento a lo largo de toda la cuenca y después de haber revisado toda la documentación relacionada con la zona de estudio, en el que se incluyeron Estudios y Mapas de INGEMMET, INRENA, IGM, EIA Y PAMAS, así como los resultados de los trabajos de monitoreo de la calidad de las aguas en la cuenca del río Pativilca efectuados en los meses de junio, setiembre de 1997 y enero – febrero de 1998, por encargo del Ministerio de Energía y Minas.

De acuerdo a lo anterior, fueron identificadas las zonas críticas, con antecedentes de impactos en la calidad de las aguas en cursos de agua, influenciados por operaciones mineras actuales y antiguas. En correspondencia a esto último, se estableció los puntos donde convenía efectuar muestreos de calidad de aguas superficiales.

#### **• Criterios para aproximación inicial en ubicación de fuentes de contaminación**

Como una aproximación básica para la ubicación de las fuentes de contaminación se efectuó lo siguiente:

- Empleo de información disponible para identificar fuentes asociadas a minas existentes en operación; así como referencias de minas abandonadas.
- Revisión de fotografías aéreas disponibles para la ubicación de minas y/o áreas distribuidas.
- Trabajo de reconocimiento de campo y discusiones con los lugareños para identificar minas que pudieran ser activas como fuentes.
- Muestreo focalizado de campo, aparejado con análisis de calidad de agua con equipos de campo y determinación de las cargas de las minas para identificar las zonas críticas, las fuentes más probables de contaminación e identificar los puntos para muestreo confirmatorio para análisis en laboratorio.

#### **• Criterios para confirmación de ubicación de fuentes de contaminación e impactos**

Para poder confirmar las fuentes de contaminación, sus impactos; así como para posibilitar el planeamiento de las futuras medidas de remediación, se efectuó lo siguiente:

- Inventario de efluentes, socavones de minas abandonadas, depósitos de desmonte, canchas de relaves, plantas concentradoras y fundiciones en abandono.
- Toma de muestras de agua en puntos para análisis en laboratorio en tres oportunidades.

## **7. ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES**

### **7.1. IDENTIFICACION DEL AREA DE ACTIVIDAD MINERA RESPECTO A LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO**

Con el propósito de identificar las diversas fuentes de contaminación en la cuenca, así como establecer los puntos de control en ésta, tanto en los efluentes y quebradas como en el río Pativilca mismo, se llevó a cabo 3 eventos de muestreo. El primero de ellos, que involucró muestras analizadas en el laboratorio, se efectuó durante el mes de junio de 1997 y completó un total de 10 muestras.

El otro evento de muestreo fue realizado en setiembre de 1997, donde se colectó un total de 13 muestras para laboratorio, las cuales resultaron como consecuencia de un trabajo de muestreo en el campo que consideró 39 muestras y un último muestreo de 5 muestras para laboratorio durante el mes de febrero de 1998.

Según el monitoreo efectuado en junio de 1997, los puntos de control en el río Pativilca, de arriba hacia abajo en la cuenca, son: 10, 6 y 4.

El punto 10 puede considerarse como el “blanco” para este río, pues su ubicación se encuentra antes de la actividad minera más importante de la cuenca.

En el tramo entre los puntos de control 10 y 6, por la margen derecha es posible apreciar como principal afluente al río Llaclla, cuyos niveles de elementos metálicos son muy bajos, quizás con la salvedad que el tenor de sulfato es del orden de 67 mg/l.

En el tramo comprendido entre los puntos 6 y 4, se registra al río Negro, por la margen izquierda, como su principal afluente aportando un flujo volumétrico de unos 20 lts/seg y registrando niveles altos de hierro (16 mg/l) y 139 mg/l de SO<sub>4</sub>; su pH es de 3.30

Finalmente, en el tramo 4-1, se tienen a los ríos Rapay y Gorgor, de los cuales el primero de ellos registra 3.6 mg/l de Fe y 51 mg/l de SO<sub>4</sub>. El río Gorgor reporta una mejor calidad de agua.

### **7.2. CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL**

Sólo hay dos efluentes no controlados que sobrepasan los LMP para aguas de Clase III. Estos son los drenajes que dan al río Rapay y que exceden en hierro, y el río Negro que excede en hierro y pH, pero que al ingresar al río Pativilca estos contaminantes en exceso se diluyen y se encuentran por debajo de los LMP para agua de Clase II.

En relación a los puntos de control, en el río, podemos decir que prácticamente los dos puntos escogidos están completamente dentro de los LMP para aguas del río de la Clase III, lo que significa que el agua es apta para regadío.

### **7.3. USOS DEL AGUA**

#### **• Uso doméstico**

El área comprendida por la cuenca del río Pativilca tiene una población aproximada de 34,700 habitantes. El 30.28% de la población es servida con agua potable (10,480) con un promedio per cápita de 204 l/día/habitante; el resto lo constituye la población no servida que representa el 69.8% del total.

Hay que destacar que la población está concentrada en la zona costera, aunque en la cuenca alta existen poblados importantes como: Chiquián, Cajatambo y otros.

Las poblaciones en la zona costera de esta cuenca se abastecen del agua proveniente del subsuelo y filtraciones, realizándose su distribución, en gran medida, mediante pilones

## **8. IMPACTOS AMBIENTALES EN LOS SUELOS**

La cuenca del río Pativilca es una próspera zona agrícola en la que destaca la producción de caña de azúcar con uno de los ingenios azucareros más importantes del país como es CAP Paramonga. Además, en la cuenca se cultiva diversas especies vegetales, dependiendo de las condiciones climáticas de altitud, temperatura y disponibilidad de agua.

Región a más de 4,000 msnm: aquí los suelos mayormente son productores de pastizales utilizados para la ganadería doméstica conformada por ovinos, vacunos y equinos; la fauna silvestre está formada por venados, pumas, zorros y aves (cóndor, gavián, halcón y pájaros); estas especies son las más notorias. La agricultura prácticamente es nula y lo conforman las áreas de las nacientes del río Pativilca como también de las nacientes de sus afluentes más notorios como el Rapay, Gorgor, Achín, Quero y las quebradas de Huarapasca y Pichcaragra.

Región comprendida entre los 3,000 y 4,000 msnm: ésta se caracteriza porque da paso al inicio de la agricultura.

Región comprendida entre los 2,000 y 3,000 msnm. Esta región presenta mejor disposición para la agricultura, incrementándose las condiciones que favorecen para el uso agrario; además, hay una gran variedad de especies cultivables. Comprende las áreas de Chiquián Bajo, Gorgor, Cajamarquilla, Gorgorillo, Raján, Llipa y Ocros.

Región comprendida entre los 1,000 y 2,000 msnm. En esta zona se incrementa la temperatura y las áreas de cultivo son aprovechadas al máximo; aparecen las áreas con frutales y está comprendido en el valle desde Llaclla hasta Cahua y parte baja del valle del río Gorgor.

Región comprendida entre los 1,000 msnm hasta el nivel del mar. El área de esta región es la más extensa y es aprovechada totalmente en la agricultura, la siembra es todo el año y diversa. La mayor cantidad de suelos es aprovechada para el cultivo de la caña de azúcar y se destaca en el área la CAP Paramonga, en donde además de azúcar se elabora papel. También destaca la producción de maíz, zapallo, sorgo y camote.

## **9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

### **9-1. ALCANCES Y OBJETIVOS**

La autoridad competente ha establecido límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes en operaciones mineras existentes y en nuevos proyectos mineros.

Asimismo, también se cuenta con LMP de calidad para aguas de río distinguiéndolos según su uso: Los LMP de agua de Clase III son aplicables a este río, debido a que las aguas superficiales en esta área no son utilizadas para consumo, pero sí para fines agrícolas.

Para las minas inactivas y abandonadas, no hay control de los efluentes de modo que las aguas pueden ser consideradas como de ocurrencia natural. Por lo tanto, los LMP de aguas de Clase III y no los LMP de efluentes, son los que se aplican en las situaciones antes descritas. Los LMP de efluentes sólo se aplican donde los efluentes controlados de minas activas, son descargados en una corriente natural.

### **9.2. REDUCCION DE LA CONTAMINACION**

El concepto fundamental dentro de este tópico, se orienta a permitir el máximo beneficio del uso del agua a los usuarios aguas abajo. Actualmente, las aguas del río Pativilca son utilizadas para regadío, en las llamadas cuenca media y baja. Por lo tanto, el objetivo de remediación a corto plazo es asegurar que se alcancen los LMP para aguas de Clase III en las aguas debajo de las operaciones mineras.

Se propone como objetivo de corto plazo alcanzan los estándares en el punto número 3 en el río Pativilca. Es bueno mencionar que los LMP se alcancen y que se tenga la seguridad que siempre se logren en el futuro. Este objetivo de corto plazo puede ser asegurado en unos 3 a 5 años, y está muy relacionado al cumplimiento del PAMA de la empresa formal de la zona (Pachapaqui).

## **10. PLAN DE MITIGACION**

Para asegurar el cumplimiento de los objetivos de corto plazo, aparte de los que las empresas formales deberán ejecutar a la luz de sus PAMAs y EIA, se propone mitigar los componentes de las minas abandonadas o inactivas que se traducen en drenajes contaminantes provenientes de las canchas de relaves y socavones.

### **10.1. LA ZONA ADYACENTE AL RÍO RAPAY**

Existen minas inactivas, como son Dos de Abril que tiene desmontes, Callashpunta también con desmontes; Mina Calderoncito Quiñonez igualmente.

Para remediar los drenajes de las bocaminas, se hace el taponamiento de 3 socavones de las minas Callashpunta, taponamiento de 2 socavones de las minas Dos de Abril, taponamiento de 2 socavones de las minas Calderoncito Quiñonez. Estas se encuentran a diferentes niveles en la topografía de la zona. Sólo los que drenan actualmente serían taponeadas, involucrando medidas de nivel 2; el resto sólo incluiría medidas de nivel 1.

Mejorar la nivelación y revegetación con pastos de la zona a las pilas de desmontes y colocar avisos de alerta para no ocasionar accidentes, como podemos apreciar, esto prácticamente podría representar un plan de cierre definitivo para estar pilas de desmontes abandonadas que están drenando a la sub-cuenca del río Rapay y que en su constitución se encuentran concentraciones de fierro por sobre los LMP.

### **10.2. ZONA ADYACENTE A LA QUEBRADA PISCHCARAGRA.**

Se encuentran las minas inactivas de Santa Teresita. Aparipashca y la mina operativa Pachapaqui.

Para las minas inactivas consistiría en aplicar las medidas de nivel 1, las cuales serían evaluadas en un lapso prudencial para ser confirmadas o modificadas según mejor convenga a fin de asegurar la completa contención del drenaje.

Nivelar y revegetar las pequeñas zonas de desmontes y acumulamiento de relaves de la Mina Santa Teresita, con plantas de la zona con raíces pequeñas.

La mina operativa de Pachapaqui tiene que hacer cumplimiento de su PAMA.

## **11. DISEÑO CONCEPTUAL Y ESTIMADO DE COSTO DE MEDIDAS DE MITIGACION**

### **11.1. DISEÑO CONCEPTUAL**

#### **Pilas de desmontes**

El diseño básico para rehabilitación de depósitos de desmonte es como sigue:

- Maximizar drenaje y escorrentía.
- Graduar taludes para un factor estático de seguridad de 1.5, un pseudo factor estático de seguridad de 1.1 y proveer una pérdida de erosión del suelo máxima de 4.5 toneladas métricas por hectárea por año.
- Reducir la infiltración en 95%
- Minimizar la erosión a través de controles de Ingeniería (zanjas, taludes adecuados y vegetación).
- Minimizar la cantidad de desmonte en canales de drenaje natural y ríos.

Una vez las pilas sean rehabilitadas y revegetadas, deben ejecutarse controles para prevenir el uso de las tierras para agricultura. La irrigación y facilidades asociadas con la agricultura incrementará la infiltración, lo que resultaría contrario a los objetivos primarios de las actividades de rehabilitación. Tales controles podrían incluir usar una cubierta de rocas para las pilas o establecer un uso alternativo de tierra de beneficio consistente con el diseño de los sistemas de rehabilitación.

Los vertederos de drenaje deberían ser conformados por ejemplo, con concreto enfocado o una cobertura de membrana con suelo o grava. Esto ayudará a minimizar las infiltraciones y la erosión. Sin embargo, si el enrocado superficial es bien controlado y no se producirán asentamientos en los taludes acabados, entonces el uso de vertederos en material natural particularmente una cama de rocas puede ser suficiente.

Una incertidumbre en la factibilidad de este diseño es la disponibilidad de fuentes apropiadas para suelos como material de préstamo.

#### **Pilas de relave:**

El diseño básico para rehabilitación de las pilas de relave es como sigue.

- Eliminar charcos de agua sobre la superficie de los relaves.
- Eliminar la erosión de relaves en las riberas.
- Reducir infiltración en aproximadamente 95%.
- Remover relaves de cauce natural de avenidas con un período de retorno de 25 años.
- Prevenir escorrentías de áreas agua arriba.
- Conformar taludes para un factor de seguridad estático de 1.5 un factor de seguridad pseudo estático de 1.1 y proveer una pérdida de erosión máxima de suelos de 4.5 toneladas métricas por hectáreas por año.

Los taludes finales de pilas de relaves rehabilitadas son dependientes de las propiedades del material y análisis de estabilidad. Estos son típicamente determinados como parte del diseño detallado.

Cualquier relave ubicado en el cauce natural del río para avenidas debería ser excavado con un período de 25 años.

En algunas instancias, puede ser posible revegetar directamente los relaves usando un aditivo orgánico y mezclando cal para neutralizar la acidez.

**Bocaminas:**

Los diseños básicos para el cierre de una bocamina son como sigue:

- El drenaje de las minas subterráneas abiertas debe ser minimizado.
- El taponeo de las minas subterráneas abiertas no debería resultar en excesiva filtración en otras áreas.

Los 2 métodos para cerrar bocaminas son: 1) instalación de un tapón y 2) mejorar el drenaje sobre los trabajos subterráneos.

Las 2 claves decisivas en la instalación de tapones son 1) proveer un buen sello entre el tapón y el túnel y 2) Filtrar el drenaje ácido potencial para cualquier otro lugar.

La filtración de otras áreas a veces ocurre cuando la roca está fracturada. El tapón incrementa la presión hidráulica dentro de la mina subterránea y fuerza el agua a través de las fracturas.



## ESTIMADOS DE COSTOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

DESCRIPCION	COSTOS
<b>DEPOSITOS DE RELAVES</b>	
Llipa	58,601
Chanca	90,644
Santa Teresita	72,079
El Dorado	16,068
Pachapaqui	PAMA
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>237,392</b>
<b>DESMONTE</b>	
Minapata	754
Huarapasca	4,682
El Dorado	55,300
Llipa	7,025
Callashpunta	14,410
Dos de Abril	67,100
Condorsenga	1,765
Chanca	18,380
Calderoncito Quiñonez	25,695
Santa Teresita	2,180
Carbón de Huarapasca	36,780
Contingencia	58,550
<b>SUB – TOTAL</b>	<b>187,277</b>
	<b>479,898</b>
<b>SOCAVONES</b>	
11 socavones Huarapasca	220,000
1 socavón Llipa	30,000
1 socavones Chanca	120,000
4 socavones Santa Teresita	120,000
6 socavones El Dorado	120,000
6 socavones Condorsenga	120,000
2 socavones Huarapasca	60,000
3 socavones Callashpunta	90,000
3 socavones Calderoncito Quiñonez	60,000
2 socavones Minapata	60,000
7 socavones Aparipshca	140,000
2 socavones Dos de Abril	60,000
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>1'200.000</b>
Depósito de Relaves	237,392
Desmonte	479,898
Cierre de socavones	1'200.000
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>1'917,290</b>

## RELAVES LLIPA

### ESTIMACION DE COSTOS

Ubicación	Descripción de Actividades	Unidad	Cantidad	Sub-Total
Relaves	Rehabilitación de superficie de relaves			
	- Restaurar Taludes/área aplanadas (10%)	m <sup>3</sup>	3.000	19,500
	- Cubrir con capas de suelos	m <sup>3</sup>	5,770	7,790
	- Revegetar	m <sup>3</sup>	5,770	1,443
	- Instalar sistema de drenaje enrocado	m	280	7,000
	<b>Sub Total</b>		US\$	35,733
	Gastos de Ingeniería	%	10%	
	Aseguramiento de calidad de construcción	%	15%	
	Gerenciamiento de la construcción	%	10%	
	Monitoreo y Preparación de reportes	%	4%	
	Contingencias	%	25%	
	<b>Sub-total</b>		US\$	<b>22,686</b>
	<b>Total</b>		US\$	<b>58,601</b>

## CHANCA

### ESTIMACION DE COSTOS

Ubicación	Descripción de Actividades	Unidad	Cantidad	Sub-Total
Relaves	Rehabilitación de superficie de relaves			
	- Restaurar Taludes/área aplanadas (10%)	m <sup>3</sup>	3.500	2,275
	- Cubrir con capas de suelos	m <sup>3</sup>	19,362	26,139
	- Revegetar	m <sup>3</sup>	19,362	4,841
	- Instalar sistema de drenaje enrocado	m	787	19,675
	- Rehabilitar canal existente	m	234	2,340
	<b>Sub Total</b>		US\$	55,270
	Gastos de Ingeniería	%	10%	
	Aseguramiento de calidad de construcción	%	15%	
	Gerenciamiento de la construcción	%	10%	
	Monitoreo y Preparación de reportes	%	4%	
	Contingencias	%	25%	
	<b>Sub-total</b>		US\$	<b>35,374</b>
	<b>Total</b>		US\$	<b>90,644</b>

**SANTA TERESITA  
ESTIMACION DE COSTOS**

Ubicación	Descripción de Actividades	Unidad	Cantidad	Sub-Total
Relaves	Rehabilitación de superficie de relaves			
	- Restaurar Taludes/área aplanadas (10%)	m <sup>3</sup>	8.000	5,200
	- Cubrir con capas de suelos	m <sup>3</sup>	20,000	27,000
	- Revegetar	m <sup>3</sup>	20,000	5,000
	- Instalar sistema de drenaje enrocado	m	270	6,750
	<b>Sub Total</b>		US\$	43,950
	Gastos de Ingeniería	%	10%	
	Aseguramiento de calidad de construcción	%	15%	
	Gerenciamiento de la construcción	%	10%	
	Monitoreo y Preparación de reportes	%	4%	
	Contingencias	%	25%	
	<b>Sub-total</b>		US\$	28,129
	<b>Total</b>		US\$	72,079

**EL DORADO  
ESTIMACION DE COSTOS**

Ubicación	Descripción de Actividades	Unidad	Cantidad	Sub-Total
Relaves	Rehabilitación de superficie de relaves			
	- Restaurar Taludes/área aplanadas (10%)	m <sup>3</sup>	1,200	780
	- Cubrir con capas de suelos	m <sup>3</sup>	3,008	4,061
	- Revegetar	m <sup>3</sup>	3,008	752
	- Instalar sistema de drenaje enrocado	m	168	4,200
	<b>Sub Total</b>		US\$	9,797
	Gastos de Ingeniería	%	10%	
	Aseguramiento de calidad de construcción	%	15%	
	Gerenciamiento de la construcción	%	10%	
	Monitoreo y Preparación de reportes	%	4%	
	Contingencias	%	25%	
	<b>Sub-total</b>		US\$	6,271
	<b>Total</b>		US\$	16,068

**PATIVILCA**

**ESTIMACION DE COSTOS**

<b>Desmante</b>	<b>Descripción de Actividades</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sub Total</b>
Minipata	Restaurar taludes (areas empinadas 20%)	m <sup>3</sup>	16	52
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	48	65
	Revegetación	m <sup>2</sup>	48	12
	Instalar sistema de drenaje	m	25	<u>625</u>
	Total			754
Huarapasca	Restaurar taludes (areas empinadas 20%)	m <sup>3</sup>	240	78
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	720	972
	Revegetación	m <sup>2</sup>	720	180
	Instalación sistema de drenaje	m	110	<u>2,750</u>
	Total			4,682
Aparipashca	Restaurar taludes (areas empinadas 20%)	m <sup>3</sup>	6,000	19,500
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	18,000	24,300
	Revegetación	m <sup>2</sup>	18,000	4,500
	Instalación sistema de drenaje	m	280	<u>7,000</u>
	Total			55,300
El Dorado	Restaurar taludes (areas empinadas 20%)	m <sup>3</sup>	500	1,625
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	1,500	2,025
	Revegetación	m <sup>2</sup>	1,500	375
	Instalar sistema de drenaje	m	120	<u>3,000</u>
	Total			7,025
Llipa	Restaurar taludes (areas empinadas 20%)	m <sup>3</sup>	1,200	3,900
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	3,600	4,860
	Revegetación	m <sup>2</sup>	3,600	900
	Instalar sistema de drenaje	m	190	<u>4,750</u>
	Total			14,410
Callashpunta	Restaurar taludes (areas empinadas 20%)	m <sup>3</sup>	7,000	22,750
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	21,000	28,350
	Revegetación	m <sup>2</sup>	21,000	5,250
	Instalar sistema de drenaje	m	430	<u>10,750</u>
	Total			67,100

**PATIVILCA (CONTINUACION)**

**ESTIMACION DE COSTOS**

<b>DESMONTE</b>	<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
Dos de Abril	Restaurar taludes (áreas aplanadas 20%)	m <sup>3</sup>	70	228
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	210	284
	Revegetar	m <sup>2</sup>	210	53
	Instalar sistema de drenaje	m	48	<u>1,200</u>
				1,765
Condorsenga	Restaurar taludes (áreas aplanadas 20%)	m <sup>3</sup>	1,600	5,200
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	4,800	6,480
	Revegetar	m <sup>2</sup>	4,800	1,200
	Instalar sistema de drenaje	m	220	<u>5,500</u>
				18,380
Chanca	Restaurar taludes (áreas aplanadas 20%)	m <sup>3</sup>	2,400	7,800
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	7,200	9,720
	Revegetar	m <sup>2</sup>	7,200	1,800
	Instalar sistema de drenaje	m	255	<u>6,375</u>
				25,695
Calderoncito Quiñonez	Restaurar taludes (áreas aplanadas 20%)	m <sup>3</sup>	100	325
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	300	405
	Revegetar	m <sup>2</sup>	300	75
	Instalar sistema de drenaje	m <sup>2</sup>	55	<u>1,375</u>
				2,180
Santa Teresita	Restaurar taludes (áreas aplanadas 20%)	m <sup>3</sup>	3,600	11,700
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	10,800	14,580
	Revegetar	m <sup>2</sup>	10,800	2,700
	Instalar sistema de drenaje	m	312	<u>7,800</u>
				36,780
Mina Carbón Huarapasca	Restaurar taludes (áreas aplanadas 20%)	m <sup>3</sup>	6,000	19,500
	Cubrimiento con capas de suelo	m <sup>2</sup>	18,000	24,300
	Revegetar	m <sup>2</sup>	18,000	4,500
	Instalar sistema de drenaje	m	410	<u>10,250</u>
				58,550
				<b>292,621</b>

**PATIVILCA ( CONTINUACION 2 )**

**ESTIMACION DE COSTOS**

DESMONTE	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL
	Gastos de Ingeniería	%	10%	29,262
	Aseguramiento de calidad de construcción	%	15%	43,893
	Gerenciamiento de la construcción	%	10%	29,262
	Monitoreo y preparación de reportes	%	4%	11,705
	Contingencias	%	25%	73,155
				187,277
			US\$	479,898

**PRIORIZACION DE PROYECTOS PLANTEADOS  
PARA LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

Número	Proyecto	Estimado de Capital (US\$)	Contribución a la Contaminación	Reducción a la contaminación con medidas	Prioridad
1	Plan de cierre de la cancha de relaves Llipa	58,601	Contribuye con la erosión del depósito de relaves	Eliminar el peligro de colapso y arrastre de sólidos por erosión	1
2	Plan de cierre de las minas Huarapasca	220,000	Contribuye a la contaminación por el drenaje de agua ácida	Eliminar el drenaje ácido de las minas abandonadas	1

**11.2. PLAN DE IMPLEMENTACION**

Los trabajos de implementación de cada uno de estos proyectos se ejecutarían en forma subsecuente a la aprobación por el Ministerio de Energía y Minas, de acuerdo a los siguientes pasos:

- Preparación y aprobación de Plan detallado de trabajo.
- La implementación de las actividades descritas en el plan de trabajo, actividades se espera que serán necesarias.
  - Reconocimiento de cada una de las localizaciones donde los trabajos serán ejecutados para mejorar la definición de los tamaños de las áreas a ser rehabilitadas y proveer topografía detallada.
  - Estudios geotécnicos de las pilas de residuos mineros y localización de material de préstamo para determinar las propiedades geotécnicas de estos materiales.

- Estudios hidrológicos para definir las capacidades del sistema de drenaje y los caudales de avenida de los ríos.
  - Análisis de estabilidad para determinar pendientes seguras y criterios de diseño para los sistemas de cubierta.
  - Preparación de planos de diseño y especificaciones.
- La implementación de las actividades de diseño deberían también incluir estudios de alternativas de sistema de cubierta y revegetación.
  - Para las tareas de monitoreo, la implementación de un programa de monitoreo de 5 años para evaluar la eficiencia de las actividades de remediación.
  - Selección de Contratistas.
  - Inicio de las obras de Ingeniería y trabajos de remediación.
  - Ajustes en los controles de Ingeniería de acuerdo a las evidencias de los trabajos de monitoreo.

El período de 3 a 5 años para la implementación de las medidas de remediación, comenzará con la preparación del Plan de Trabajo detallado y la Fase de Diseño y Estudios Definitivos.

### **11.3. COMENTARIOS GENERALES**

1. Un porcentaje de contaminación inorgánica de la cuenca es causada por la presencia de la actividad minera, que existía hasta la década de los 80 en que muchas minas cerraron sus operaciones, como son las minas de Huarapasca, Aparipashca, minas de carbón en Huarapasca en la parte superior de la cuenca, donde se encuentra el Punto N° 10 de nuestro muestreo y que excede a LMP en manganeso. También tenemos las minas Dos de Abril, mina Chanca y Calderoncito Quiñonez que drenan al río Rapay, se analizó con el punto N° 3, donde se determinó que excedía los LMP en fierro, el mencionado río Rapay es caudaloso y contamina al río Pativilca permaneciendo el fierro hasta el punto de muestreo.
2. Existen bocaminas abandonadas e inactivas en Minapata, Huarapasca, Aparispashca. El Dorado, Llipa Callashpunta, Dos de Abril, Condorsenga, Chanca, Santa Teresita, Calderoncito Quiñonez, que en conjunto representan contaminación de la cuenca, es imperativo el cierre de los socavones para evitar que se produzca generación de acidez, para lo cual se hará un taponamiento general de los socavones, de igual manera los demontes de las mismas minas y los depósitos de relaves de las minas Llipa. El Dorado Chanca y Santa Teresita. La actividad minera de Pachapaqui, por estar operativa, tiene su PAMA para la mina y Planta Concentradora.
3. De una manera global, se ha estimado un Presupuesto muy ajustado de US \$ 1'917,300 para las medidas de remediación de la cuenca.

Esta cuenca básicamente es limpia, por tener solamente una empresa minera en actividad, con el monto empleado se estaría asegurando tener agua con calidad de Clase III según la Ley General de Aguas. Esto permitirá disponer de aguas con todos los requisitos necesarios para fines agrícolas.

## NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE AGUA

Parámetro	Unidad	Niveles Máximos Permisibles			
		Ley General de Aguas		Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgicos (d)	
		Clase I <sup>(a)</sup>	Clase III <sup>(b)</sup>	En cualquier momento	Promedio Anual
PH	---	5-9 (e)	5-9 (e)	>5.5 y <10.5	>5.5 y <10.5
TSS	Mg/l			100	50
Nitratos (como N)	Mg/l	0.01	0.01		
DBO*	Mg/l	5	15		
Oxígeno Disuelto	Mg/l	3	3		
Arsénico	Mg/l	01	0.2	1	0.5
Cadmio	Mg/l	0.01	0.05		
Cianuro Total	Mg/l	0.2	0.05 (c)	2	1
Cobre	Mg/l	1	0.5	2	1
Cromo	Mg/l	0.05	1		
Hierro	Mg/l	0.30	1	5	2
Mercurio	Mg/l	0.002	0.01		
Niquel	Mg/l	0.002	0.02		
Plomo	Mg/l	0.05	0.1	1	0.5
Selenio	Mg/l	0.01	0.05		
Sulfuros	Mg/l	0.001	+0.005		
Zinc	Mg/l	5	25	6	3
Coliformes Totales **	MMP/100 Cm3	8.8	5000		
Coliformes Fecales**	NMP/100 Cm3	0	1000		

- (a) Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- (b) Agua de riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- (c) Cianuro libre.
- (d) R.M. 011-96-EM/VMM
- (e) D.S. Nº 007-83-SA del 11/03/83



**RESULTADO DEL POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO  
PATIVILCA**

CODIGO	MUESTRA	% S	PN	PA	PNN	PNPA
SP-01	Desmonte de Mina "Chanca"	4.71	171.23	147.18	24.05	1.16
SP-02	Relave Mina "Chanca"	0.28	27.20	8.75	18.45	3.11
SP-03	Relaves Santa Teresita	9.21	49.44	287.81	-238.37	0.17
SP-04	Desmonte Mina Minapata	3.30	12.41	103.28	-90.87	0.12
SP-05	Desmonte Mina Huarapasca	8.96	1.55	280.06	-278.51	0.006
SP-06	Desmonte Mina Aparipashca	11.12	36.76	347.78	-311.02	0.11
SP-07	Relave de Conc. De Mina El Dorado.	0.49	6.73	15.31	-8.58	0.44
SP-08	Relave de Conc. de Mina Llipa	0.10	20.21	3.13	17.08	6.46
SP-09	Desmonte mina Calashpunta	7.80	32.87	243.75	-21088	0.13
SP-10	Desmonte Mina Dos de Abril	5.48	115.55	171.25	-55.70	0.67
SP-11	Desmonte Mina Condorsenga	2.81	3.36	88.09	-84.73	0.04
SP-12	Relave de Flotación de sulfuros de Mina Chanca.	3.57	30.04	111.75	-81.71	0.27

PN = Potencial de neutralización

PA = Potencial de generación de ácido

PNN = Potencial neto de neutralización

Estos tres índices están expresados en kg de CaCO<sub>3</sub>/TM.

**RESULTADO DEL ANALISIS ESPECTROGRAFICO  
SEMICUANTITATIVA DE MUESTRAS DE LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

<b>CODIGO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>E. MAYORES</b>	<b>E. MENORES</b>	<b>E. TRAZAS</b>			<b>VESTIGIOS</b>
SP-01	Desmonte Mina *Chanca	Si Fe	Al Mg. Ca. Pb. Mn. K	Cu Zn Ti Na	Ag.   	V As	Zn Ni Co Au
SP-02	Relaves Mina *Chanca	Si Al Fe	Mg. K Mn	Pb Ca Zn Na	Cu Ag Ti	V As	Ni Co Sn Au
SP-03	Relaves Santa Teresita	Si Al Fe	K Mn	Zn Ti Pb Ca Mg	Cu Ag Na As	V Zn Ni	Co Sn Au
SP-04	Desmonte Mina Minapata	Fe Si	Al Mg Pb Zn	Mn	Cu Ag Ti Ca	Sn Na K	As Sb V Cd Ni Co Au

**RESULTADO ANALISIS ESPECTROGRAFICO  
SEMICUANTITATIVA DE MUESTRAS DE LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

SP-05	Desmonte Mina Huarapasca	Fe Si	----	Al Pb Zn	Mg Cu Ti	Mn Ag Na K Ca	As Sb Ni Co Au
SP-06	Desmonte Mina Aparipashca	Fe Si Al	Pb	Mg. Mn Zn Ti	Cu Ag	Sn Na K Ca	As Sb V Cd Ni Co Au
SP-07	Relave de Conc. de Mina El Dorado	Fe Si Al	Mg K	Cu Na Ca	Mn Ti	Pb Sn Ag Zn Bi	As Sb Ni Co Au
SP-08	Relave de Conc. de Mina Llipa	Fe Si Al	Mg Ca Na	Cu Ti	Pb Mn K B	Sn V Ag Zn	As Sb Co Ni Au

**RESULTADO DE ANALISIS ESPECTROGRAFICO  
SEMICUANTITATIVA DE MUESTRAS DE LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

SP-09	Desmonte Mina Callashpunta	Fe Si	Mg Zn	Al Ca Mn	Cu Ti	Pb Bi Ag Na Co K	Sn As Sb V Co Ni Au
SP-10	Desmonte Mina Dos de Abril	Si Ca	Fe Sb	Al	Mg Mn Ti K	Cu Ag Zn	Pb As V Na Co Ni Au
SP-11	Desmonte Mina Condorsenga	Fe Si	Zn Pb Cu	Al Mn As	Mg Ag	Ca Bi Na Ti Cd Co K	Ni Au
SP-12	Relave de sulfuros de Flotación Mina Chanca	Fe Si	Al K	Mg Pb Ti	Ca Mn Cu Ag	Sn Sb Na Zn Co	As V Ni Au

públicos; las aguas residuales son arrojadas a los huertos o calles y en menor proporción a los silos o pozos sépticos.

- **Uso industrial**

En la cuenca del río Pativilca se ha identificado industrias importantes con un consumo total de 12'444,000 m<sup>3</sup>/año; siendo la más importante el Complejo Industrial Paramonga que produce azúcar, papel, productos químicos plásticos, etc. Sus efluentes vierten directamente al mar, por lo que no inciden en las características de las aguas del río Pativilca.

- **Uso agrícola**

La extensión es de 66,000 Ha distribuidos entre la Costa y Sierra. Se estima un consumo de agua de 841'700, m<sup>3</sup>/año.

- **Uso minero**

En esta cuenca, la actividad minera es de importancia, aunque el volumen y valor de su producción son relativamente bajos, comparados con otros centros mineros del país. La minería no metálica se circunscribe a la explotación de materiales de construcción, mantenimiento de carreteras y obras de Ingeniería en general.

La actividad minera-metálica de la zona en estudio comprendió la explotación de varias minas, entre las que puede citarse a la mina Llipa, de la Compañía Minera Millotingo con un volumen de vertimiento de 105,000m<sup>3</sup>/año, siendo su receptor el río Checras, afluente del río Pativilca. Cuenta con tanques sépticos para la eliminación de sus residuos domésticos con canchas de relaves, para el acondicionamiento y sedimentación de los relaves.

Otro centro minero importante fue la mina Chanca (minerales de plata) explotada por la Compañía Minera Raura, con un volumen de vertimientos de 133,00 m<sup>3</sup>/año, siendo su curso receptor el río Chanquillo; afluente del río Pativilca cuenta con tanques sépticos.

Existen otras minas en menor escala como Huarapasca, Aparipashca, El Dorado, Dos de Abril, Condorsenga, Santa Rita, etc.; todas ellas paralizadas.

- **Uso pecuario**

El consumo de agua con fines pecuarios se estima en 847,000 m<sup>3</sup>/año para la cría de aves, ovinos, vacunos, caprinos, equinos, porcinos y auquénidos.

- **Uso total**

El uso total de agua en la cuenca del río Pativilca, alcanza a 866'000,000 de m<sup>3</sup>/año. De este volumen la mayor proporción corresponde al uso agrícola en el orden de 95%

#### **7.4. DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

- **Generalidades**

La cuenca del río Pativilca ha sido muestreada principalmente en la parte alta, donde existe actividad minera para determinar las concentraciones de elementos metálicos existentes en los efluentes.

## **7.5. ANALISIS Y EVALUACION DE LOS RESULTADOS**

- **Demanda bioquímica del oxígeno**

La demanda bioquímica de oxígeno, estimada en base a la población y el caudal, muestra valores en general menores a los establecidos por la legislación vigente.

- **pH y Temperatura**

El pH de todas las muestras analizadas en la cuenca del río Pativilca se encuentra entre 6.2 y 7.8, rango comprendido dentro de los niveles máximos permisibles de 5 a 9 de pH.

Simultáneamente, las temperaturas fluctúan desde 10° C en la parte alta, hasta 24° C en la parte baja.

- **Nutrientes**

Se ha investigado la presencia de algunos nutrientes en las aguas, tales como Nitrógeno (amonio, nitritos, nitratos) y fósforos (fosfatos) tales nutrientes provienen de los desagües agrícolas y domésticos, aunque también pueden encontrarse de manera natural y sus efectos pueden ser positivos o negativos en determinados casos.

- **Sustancias tóxicas.**

Se analizó en el agua la presencia de metales pesados en dos puntos muestreados.

- **Fierro**

Durante las 10 muestras tomadas en la cuenca del río Pativilca, se ha observado en tres puntos que el elemento Fe supera los LMP, para el agua de Clase III de la Ley General de Aguas.

- **Manganeso**

Con respecto a este elemento, se nota que el drenaje de la Mina Santa Teresita, reportó 1.024 mg/l de manganeco y se ubica sobre el nivel máximo permisible, que es de solo 0.50 mg/l.

## **7.6. USOS POTENCIALES DEL AGUA Y SUS LIMITACIONES**

La calidad del agua para uso poblacional ha sido evaluada, empleando el Índice de Calidad de Agua (I.C.A.). Los valores obtenidos para el río Pativilca varían a lo largo del río con la estación del año.

El río Pativilca muestra valores del Índice de Calidad del Agua (I.C.A.) que van desde 89.4 (calidad aceptable) en la cuenca media en el período de estiaje hasta 56.5 (altamente contaminado) en las mismas condiciones de lugar y época del año.

- **Limitaciones para uso agrícola**

La clasificación de la calidad de las aguas con fines de riego se ha realizado de acuerdo al sistema propuesto por el Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Para ello se ha determinado el pH, la conductividad electrolítica, el contenido de cationes, aniones y boro y la relación de aborción de sodio. Las aguas, según dicho sistema, son clasificadas por su salinidad y sodicidad.

- **Limitaciones para uso piscícola**

La calidad de las aguas con fines piscícolas ha sido evaluada mediante el Índice de Ponderación Limnológica, el mismo que se obtiene a partir de los parámetros de mayor importancia para la vida acuática, indicando que son de buena calidad para este uso.

- **Limitaciones para uso industrial**

La calidad de las aguas con fines industriales ha sido evaluada mediante el Índice de Ryzmar que controla la capacidad corrosiva o incrustante de las aguas en tuberías y otras instalaciones industriales y mediante dureza, entre otros parámetros. Los valores fluctúan entre 6,40 y 10,88. La dureza varía entre 43.0 y 337.0 , estos últimos corresponden a las zonas bajas.

## **7.7. EVALUACION GENERAL DE LOS RESULTADOS**

En general, la calidad de las aguas del río Pativilca es mejor en la parte alta que en la parte baja. Ello se debe a que en la parte baja, reciben efluentes agrícolas y urbanos de la cuenca ya que el caudal del período de estiaje se va reduciendo gradualmente como consecuencia de la captación de las aguas para riego.

- **Posibilidad de mejoramiento y preservación de las aguas**

La calidad de las aguas es el resultado de las condiciones naturales de la cuenca y de las actividades humanas. Las condiciones naturales de la cuenca, expresadas en el régimen hidrológico, características fisiográficas y condiciones geológicas, definen principalmente las características óptimas de la calidad de las aguas (pH, oxígeno disuelto, temperatura, mineralización, etc.).

El río Pativilca, debido a sus fuertes pendientes, ocasiona alta turbulencia, lo que a su vez favorece la autopurificación u oxigenación de las impurezas provenientes principalmente de los desagües domésticos. Sin embargo, los efluentes que contienen sustancias tóxicas, tales como los minerales (metales pesados) no son susceptibles de autopurificación y al ser árida la parte inferior de la cuenca no se incrementan los caudales de manera que favorezcan una dilución.

## **7.8. DETERMINACION Y ANALISIS DE CARGAS METALICAS, DISPUESTAS AL RIO PATIVILCA**

- **Balance de sulfato**

Para el caso específico del balance de este anión, podemos apreciar que el mayor contribuyente es el río Rapay, en cuya cuenca existió actividad minera, constituidas por las minas Callashpunta, Dos de Abril, Calderoncito Quiñonez, etc. En la cuenca del río Pativilca, existe una sola mina activa que es la de Pachapaqui, donde su contribución del ión sulfato es mínimo.

- **Balance de fierro**

Después del sulfato, el fierro es el siguiente ión metálico disuelto de importancia. La carga de fierro constituye el 90% de aporte a la cuenca del río Pativilca por medio del río Rapay.

- **Balance de zinc**

La carga metálica de zinc en la cuenca del río Pativilca no es significativa porque el aporte es mínimo en los puntos muestreados y las concentraciones son bajas, comparadas, con el LMP para un agua de Clase III que es de 5 mg/l. El máximo se encuentra en el punto 7 de 0.253 mg/l.

### **7.9. OTRAS CARGAS METALICAS**

Otros elementos relacionados con la actividad minera de la zona serían plomo, manganeso y arsénico. Todos ellos reportan los siguientes niveles de carga en el punto 3.

- Plomo: 7.258 kg/día
- Manganeso: 4.838 kg/día
- Arsénico. 7.258 kg/día

### **7.10. EVALUACION DEL POTENCIAL DE DRENAJE ACIDO DE MATERIALES SOLIDOS DE LA CUENCA**

Con el propósito de lograr una caracterización geoquímica de los principales materiales mineros en la cuenca del río Pativilca, respecto al potencial de drenaje ácido que estos sólidos podrían generar más adelante, se colectó un total de 12 muestras.

De acuerdo a los resultados alcanzados en las pruebas de laboratorio, 5 son las muestras potencialmente más peligrosas y que tienen como denominador común su elevada concentración en porcentaje de azufre, que supera el 5% en todos los casos. Incluso la muestra del desmonte de Mina Aparipashca alcanza 11.12% de S y prácticamente registra muy pocos elementos neutralizantes en la misma roca; en igual forma, se encuentran los relaves de la Mina Santa Teresita, desmontes de Mina Huarapasca y el desmonte de la Mina Callashpunta. En cambio, las restantes muestras presentan capacidad de neutralización y una concentración de azufre más baja (del orden del 5% S).



- Toma de muestras de sólidos para evaluación de Potencial de Generación de Drenaje Acido.

### **6.3. COLECCIÓN DE MUESTRAS**

Los desechos de mina y materiales que fueron muestreados para pruebas de potencial de generación de ácidos, comprendieron:

- Pilas de desmontes, incluyendo:
  - Pilas mineral de baja ley.
  - Pilas de residuos de mineral
  - Pilas de lixiviación

### **6.4. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y EVALUACION DE SUELOS CON FINES AGRICOLAS**

Para efectuar la evaluación ambiental mediante la identificación causa-efecto, del recurso suelo, se ha realizado un diagnóstico ambiental edáfico de las áreas potencialmente afectadas.

- **Análisis de suelos : análisis de fertilidad**

Dentro del cual se incluye los siguientes parámetros y su respectivo método de evaluación

- Conductividad Eléctrica (CE) – Método de salómetro
- PH: método de potenciómetro relación agua-suelo 1:1
- Calcáreo total: método gasovolumétrico
- Materia orgánica: Método de Walkley y Black
- Fósforo: Método Olsen modificado
- Potasio: Método extracto de Acetato de amonio 1N pH 7.0
- Acidez cambiante: Método del Clk 1N

- **Análisis de microelementos disponibles**

Se somete a la muestra de suelo a una extracción mediante la solución de Hunter y luego se procede a determinar los microelementos: cobre, zinc, magnesio y fierro, mediante espectro fotometría de absorción atómica.

- **Análisis de elementos pesados**

La muestra de suelo seca se somete a un ataque con ácido nítrico y perclórico y luego se determina con espectro-fotometría de absorción atómica, los elementos ; cadmio, cromo y plomo.

### **6.5. ANALISIS DE TEJIDOS**

- **Macro y microelementos disponibles**

Para efectuar estos análisis, se calcina la muestra en el horno; la cenizas son tratadas con ácido clorhídrico al 50%; en esta solución y mediante espectro-fotometría de absorción atómica, se determina: N,P,K, Cu, Zn, Na, B, Fe.

- **Elementos pesados**

Para efectuar estos análisis, se ataca la muestra seca, con ácidos fuertes (ácido nítrico y perclórico) y en este extracto se determina por espectro-fotometría de absorción atómica, los elementos plomo, cadmio y cromo.

## 6.6. OBTENCION DE DATOS PARA PLANEAMIENTO DE MEDIDAS DE REMEDIACION

Se procedió a coleccionar la siguiente información:

- Fotografías de todas las instalaciones claves remanentes de las minas abandonadas.
- Anotaciones sobre las dimensiones aproximadas de las instalaciones claves (tamaño de las aberturas de los socavones; longitud, ancho y altitud de las pilas de desmonte, canchas de relaves, etc.)
- Anotaciones sobre distribución y ubicación de socavones, tajos depósitos de desmonte, canchas de relaves, etc.

### • Muestras sólidas colectadas

CODIGO : SP-01

Descripción : Desmonte de Mina Chanca. Estos desmonte drenan a la quebrada Chanquillo, ésta al río Gorgor, afluente del río Pativilca.

Volumen : 12,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 21,600 TM  
Características : Estos desmontes, en su mayor parte esta constituido por feldespatos, cuarzo y óxidos de hierro.

Altitud : 4504 msnm.

CODIGO SP-02

Descripción : Relaves de la Concentradora de la Mina Chanca. Los relaves drenan a la quebrada Chanquillo, ésta al río Gorgor, afluente del río Pativilca.

Volumen : 35,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 63,000 TM  
Características : Los relaves están constituidos por feldespatos, cuarzo y óxidos de hierro.

Altitud : 4,504 msnm

CODIGO : SP-03

Descripción: Relaves de la Concentradora de la Mina Santa Teresita. Los relaves drenan al río Pativilca, por medio de la quebrada Minapata.

Volumen : 50,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 90,000 TM  
Característica : Los relaves están constituidos en su mayor parte por cuarzo, arcillas, pirita y feldespatos, proceden de la flotación de minerales polimetálicos.

Altitud : 3,785 msnm.

CODIGO : SP-04

Descripción : Desmonte de Mina Minapata. Estos desmontes se ubican al oeste del Cerro Minapata, y al sur del cerro Culebramina, por el norte se encuentra la laguna Jahuacochoa.

Volumen : 80 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 144 TM  
Característica : Estos desmontes proceden de la producción de minerales polimetálicos, en su constitución la mayor parte son feldespatos, cuarzo y óxidos de hierro.

Altitud : 4,600 msnm

CODIGO : SP-05

Descripción : Desmonte de Mina Huarapasca. Estos desmontes se ubican entre las quebradas Janacarga y la quebrada Huarapasca que se unen en Pampacancha.

Volumen : 1,200 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 2,160 TM.  
Características : Los desmonte proceden de la extracción de una mina polimétrica, están formados por carbonatos, feldespatos y pirita.

Altitud : 4,680 msnm

CODIGO : SP-06

Descripción: Desmonte Mina Aparipashca. Estos desmontes se ubican a 3 km, en línea recta del lugar Huallanca y Cátac.

Volumen : 30,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 54,000 TM  
Características: Desmonte procede de mina polimetálica con alta ley de plata, su constitución: cuarzo, feldespatos y óxido de hierro.

Altitud : 4,750 msnm.

CODIGO : SP-07

Descripción : Relaves de la Concentradora de Mina El Dorado. Las canchas de relaves se encuentran al borde la quebrada Punhuash, ésta a su vez descarga a la quebrada o río Ocros.

Volumen : 12,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 21,600 TM  
Características: Estos relaves proceden del tratamiento de minerales polimetálicos, están formados por feldespatos y cuarzo.

Altitud : 2,287 msnm.

CODIGO : SP-08

Descripción : Relave de Concentradora de Mina Llipa. Los relaves se encuentran sobre una colina debajo de la Planta Concentradora.

Drena a la quebrada Zapote. La concentradora se encuentra cerca de la laguna Nanuncocha.

Volumen : 300,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 540,000 TM  
Característica : Estos relaves son producto del tratamiento de minerales de cobre con plata; su constitución es cuarzo y carbonatos.  
Altitud : 3,665 msnm.

CODIGO : SP-09

Descripción : Desmonte Mina Callashpunta. Los desmontes se encuentran a 2 km del pueblo de Copa y drenan a la quebrada Yapac, que es afluente del río Rapay.

Volumen : 35,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 63,000 TM.

Características : Estos desmontes proceden de mina polimetálica, sus mayores constituyentes son pirita, cuarzo y feldespatos.

Altitud : 2,980 msnm

CODIGO : SP-10

Descripción : Desmonte Mina Dos de Abril; estos desmontes se encuentran a 200 metros, por la margen derecha de la quebrada Alpayacu, que drena a la quebrada Pumarinri y que es afluente del río Rapay.

Volumen : 350 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 630 TM

Características: Estos desmontes proceden de una mina plimetálica y en su constitución figuran pirita, cuarzo y arcillas.

Altitud : 4,495 msnm

CODIGO : SP-11

Descripción : Desmonte Mina Condorsenga; pertenece al distrito de Gorgor, provincia de Cajatambo, drena a la quebrada Purunchancha y ésta al río Gorgor.

Volumen : 8,000 m<sup>3</sup>  
Tonelaje : 14,400 TM

Características : Es un desmonte constituido por cuarzo y feldespatos.

Altitud : 4,370 msnm

CODIGO : SP-12

Descripción : Relave de flotación de sulfuros de Mina Chanca; se encuentra junto a la quebrada Chanquillo, esta se une con la quebrada Patacocha y forman el río Gorgor.

Volumen : 12,000M<sup>3</sup>  
Tonelaje : 21,600 TM

Características: Estos relaves son producto del tratamiento de minerales polimetálicos, que están constituidos por cuarzo, pirita y óxidos de fierro.

Altitud : 4,600 msnm.

**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO I  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 1**

PARAMETROS	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
	UBICACIÓN E 272743 N 8902815	UBICACION E 269055 N 8895604	UBICACIÓN E 270478 N 8900065	UBICACIÓN E 266513 N 8888610
	FECHA: 29/01/98	FECHA: 29/01/98	FECHA: 03/02/98	FECHA: 03/02/98
	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	2,000	1,500	3,000	8,000
. Sólidos suspendidos (mg/l)	12,000	18,000	36,000	14,000
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	48,000	40,000	48,000	64,000
. Cobre (mg/l)	0,009	0,004	0,001	0,001
. Plomo (mg/l)	0,003	0,002	0,003	0,002
. Zinc (mg/l)	0,092	0,033	0,054	0,048
. Cadmio (mg/l)	0,002	0,003	0,002	0,003
. Arsénico (mg/l)	0,010	0,005	0,001	0,017
. Fierro (mg/l)	0,100	0,066	0,481	0,236
. Manganeseo (mg/l)	0,953	0,009	0,109	0,119
. Sulfato (mg/l)	33,600	31,600	31,600	59,200
. Cianuro (mg/l)	---			
. pH				

**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO I  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 2**

PARAMETROS	PUNTO 5
	UBICACIÓN E 263741 N 8880372
	FECHA 03/02/98
	CONCENTRACIÓN
. Caudal (l/seg)	30,000
. Sólidos suspendidos (mg/l)	30,000
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	148,000
. Cobre (mg/l)	0,001
. Plomo (mg/l)	0,002
. Zinc (mg/l)	0,028
. Cadmio (mg/l)	0,002
. Arsénico (mg/l)	0,005
. Fierro (mg/l)	0,134
. Manganeseo (mg/l)	0,048
. Sulfato (mg/l)	52,400
. Cianuro (mg/l)	---
. pH	

**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO II  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 3**

PARAMETROS	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
	UBICACION E 248860 N 8826947	UBICACION E 260952 N 8834242	UBICACION E 261967 N 8840797	UBICACION E 261967 N 8840797
	FECHA: 20/06/97	FECHA: 21/06/97	FECHA: 21/06/97	FECHA: 21/06/97
	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	12,000	1,000	5,600	6,400
. pH	7,7	7,9	7,8	8,0
. Sólidos suspendidos (mg/l)	20,000	18,000	82,000	26,000
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	268,000	192,000	382,000	204,000
. Cobre (mg/l)	0,0040	0,00	0,0010	0,01
. Plomo (mg/l)	0,020	0,0230	0,0150	0,0420
. Zinc (mg/l)	0,0320	0,0080	0,0880	0,590
. Cadmio (mg/l)	0,0030	0,0040	0,0030	0,0050
. Arsénico (mg/l)	0,0156	0,0119	0,0150	0,0119
. Antimonio(mg/l)	0,0008	0,0008	0,004	0,006
. Bismuto (mg/l)	0,0012	0,0004	0,008	0,007
. Mercurio(mg/l)	0,00001	0,00004	0,00002	0,00003
. Fierro (mg/l)	1,2250	0,0570	3,6550	0,3210
. Manganeso (mg/l)	0,0330	0,0010	0,0100	0,0270
. Níquel (mg/l)	0,0030	0,0020	0,0040	0,0040
. Cromo <sup>+6</sup> (mg/l)	0,0078	0,0010	0,00004	0,0089
. Cromo <sup>+3</sup> (mg/l)	0,0005	0,0001	0,00001	0,0010
. Sulfatos (mg/l)	33,5200	28,9400	51,2000	23,3500

**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO II  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 4**

PARAMETROS	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8
	UBICACION E 264878 N 8855898	UBICACION E 265623 N 8860737	UBICACION E 265441 N 8860717	UBICACION E 266613 N 8888899
	FECHA: 21/06/97	FECHA: 21/06/97	FECHA: 21/06/97	FECHA: 22/06/97
	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	20	2,380	400	610
. pH	3,3000	7,5000	7,9000	7,5000
. Sólidos suspendidos (mg/l)	226,000	12,0000	28,0000	10,0000
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	674,000	304,00	362,0000	368,0000
. Cobre (mg/l)	0,0320	0,0010	0,0040	0,0100
. Plomo (mg/l)	0,0270	0,00310	0,0350	0,0380
. Zinc (mg/l)	0,0030	0,0860	0,2530	0,0580
. Cadmio (mg/l)	0,0030	0,0040	0,0030	0,0030
. Arsénico (mg/l)	0,0166	0,0150	0,0119	0,0090
. Antimonio (mg/l)	0,0007	0,0003	0,0005	0,0004
. Bismuto (mg/l)	0,0007	0,0010	0,0009	0,0004
. Mercurio (mg/l)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
. Fierro (mg/l)	16,6120	0,2010	0,6940	0,1580
. Manganeso (mg/l)	0,0280	0,0300	0,3000	0,0470
. Níquel (mg/l)	0,0020	0,0070	0,0450	0,0250
. Cromo <sup>+6</sup> (mg/l)	0,0098	0,0077	0,0075	0,0058
. Cromo <sup>+3</sup> (mg/l)	0,0009	0,0009	0,0007	0,0005
. Sulfatos (mg/l)	139,2500	25,1800	67,2200	18,0800

**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO II  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 5**

PARAMETROS	PUNTO 9	PUNTO 10
	UBICACIÓN E 270378 N 8897997	UBICACIÓN E 272000 N 8902308
	FECHA: 22/06/97	FECHA: 22/06/97
	CONCENTRACION	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	1,000	160
. pH	7,9	7,900
. Sólidos suspendidos (mg/l)	24,000	16,000
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	322,000	336,000
. Cobre (mg/l)	0,0110	0,0060
. Plomo (mg/l)	0,0460	0,0310
. Zinc (mg/l)	0,1280	0,1650
. Cadmio (mg/l)	0,0020	0,0030
. Arsénico (mg/l)	0,0181	0,0132
. Antimonio (mg/l)	0,0003	0,0004
. Bismuto (mg/l)	0,0003	0,0007
. Mercurio (mg/l)	0,00001	0,00001
. Fierro (mg/l)	0,2940	0,1310
. Manganeso (mg/l)	0,1900	1,0240
. Níquel (mg/l)	0,0310	0,0070
. Cromo <sup>+6</sup> (mg/l)	0,0067	0,0071
. Cromo <sup>+3</sup> 8mg/l	0,0007	0,0004
. Sulfatos (mg/l)	21,5600	22,1500

**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO III  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 6**

PARAMETROS	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
	UBICACION E 272743 N 8902815	UBICACION E 271681 N 8871530	UBICACION E 269791 N 8872376	UBICACION E 270441 N 8898024
	FECHA: 08/09/97	FECHA: 09/09/97	FECHA: 09/09/97	FECHA: 10/09/97
	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	10	3,800	0,600	280
. pH	4,0	7,9	8,4	8,1
. Sólidos suspendidos (mg/l)	---	---	---	---
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	---	---	---	---
. Arsénico (mg/l)	0,6975	0,0085	0,0136	0,0033
. Cobre (mg/l)	0,4220	0,0010	0,0010	0,0090
. Plomo (mg/l)	0,0670	0,0130	0,0090	0,0810
. Fierro (mg/l)	6,8620	0,2280	0,2670	0,2430
. Manganeso (mg/l)	107,2530	0,0340	0,0280	0,5290
. Níquel (mg/l)	0,1445	0,0042	0,0028	0,0009
. Cromo <sup>+3</sup> (mg/l)	0,0005	0,0003	0,0007	0,0004
. Cromo <sup>+6</sup> (mg/l)	0,00420	0,0026	0,0047	0,0031
. Cadmio (mg/l)	0,0370	0,0030	0,0030	0,0040
. Zinc (mg/l)	17,5950	0,0540	0,0250	0,2260

**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO III  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 7**

PARAMETROS	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8
	UBICACION E 263203 N 8909625	UBICACION E 286540 N 8841570	UBICACION E 294006 N 8832630	UBICACION E 271324 N 8852627
	FECHA: 11/09/97	FECHA: 19/09/97	FECHA: 19/09/97	FECHA: 21/09/97
	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	12	75	8,0	18
. pH	4,0	7,9	7,7	3,9
. Sólidos suspendidos (mg/l)	---	---	---	---
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	---	---	---	---
. Arsénico (mg/l)	0,0102	0,0051	0,0067	0,0168
. Cobre (mg/l)	0,0120	0,0060	0,0020	0,0060
. Plomo (mg/l)	0,1590	0,0090	0,0310	0,0070
. Fierro (mg/l)	12,4230	0,3450	0,0600	1,9570
. Manganeso (mg/l)	0,3400	0,0220	0,0450	0,3400
. Níquel (mg/l)	0,0190	0,0028	0,0033	0,0071
. Cromo <sup>+3</sup> (mg/l)	0,0005	0,0001	0,0011	0,0005
. Cromo <sup>+6</sup> (mg/l)	0,0032	0,0003	0,0093	0,0042
. Cadmio (mg/l)	0,1020	0,0060	0,0060	0,0040
. Zinc (mg/l)	15,2240	0,0320	0,0630	0,2110

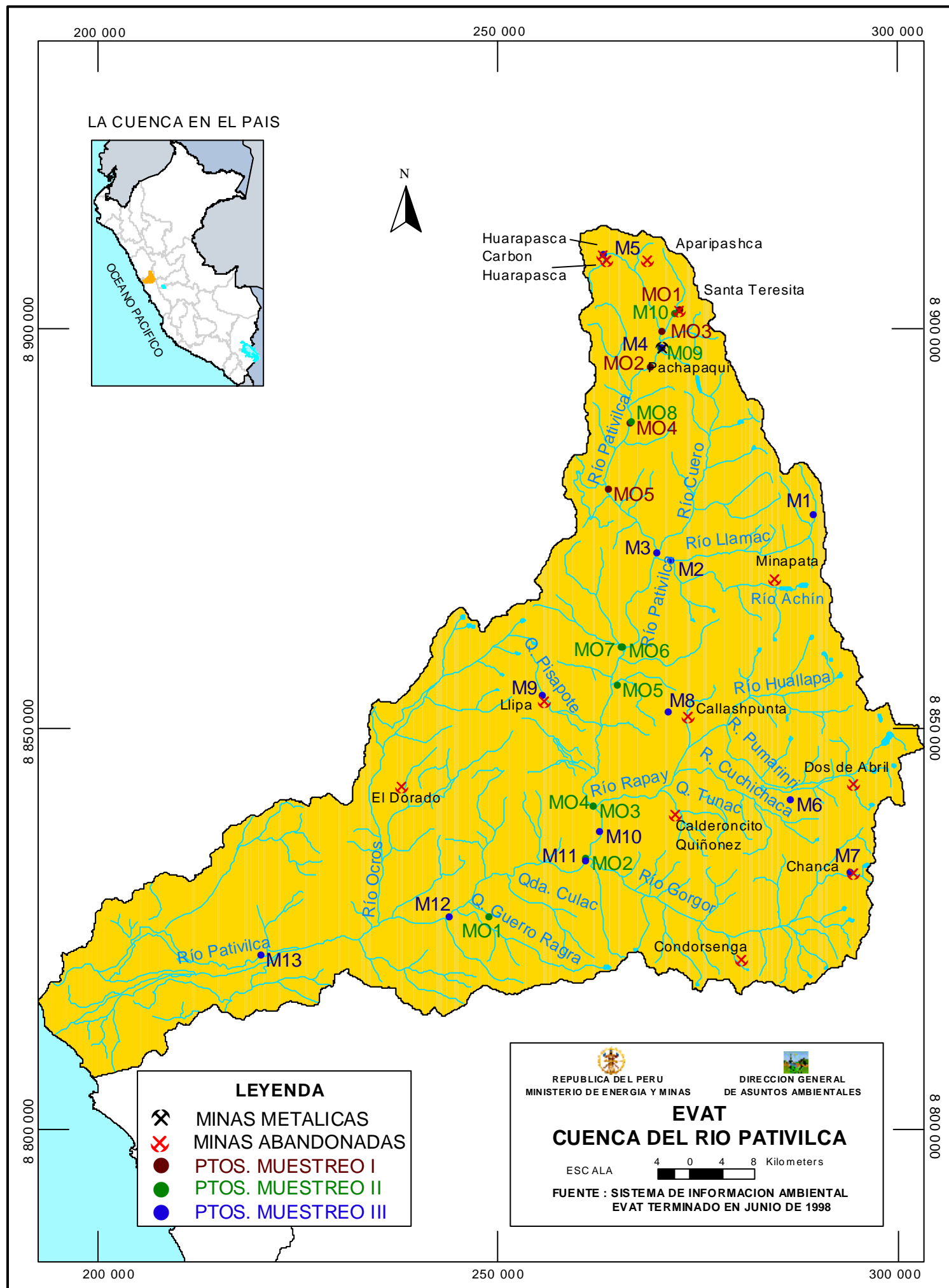
**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO III  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 8**

PARAMETROS	PUNTO 9	PUNTO 10	PUNTO 11	PUNTO 12
	UBICACION E 255560 N 8854620	UBICACION E 262719 N 8837618	UBICACION E 260943 N 8834044	UBICACION E 243929 N 8827016
	FECHA: 22/09/97	FECHA: 22/09/97	FECHA: 22/09/97	FECHA: 22/09/97
	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	170	13,600	2,000	16,000
. pH	7,8	8,5	8,3	8,4
. Sólidos suspendidos (mg/l)	---	---	---	---
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	---	---	---	---
. Arsénico (mg/l)	0,1286	0,0010	0,0011	0,0102
. Cobre (mg/l)	0,0940	0,0010	0,0010	0,0010
. Plomo (mg/l)	0,0110	0,0047	0,0050	0,0030
. Fierro (mg/l)	1,7180	1,6240	0,0900	1,4860
. Manganeso (mg/l)	0,6410	0,0800	0,0010	0,0920
. Níquel (mg/l)	0,0047	0,0028	0,0023	0,0033
. Cromo <sup>+3</sup> (mg/l)	0,0010	0,0012	0,0007	0,0001
. Cromo <sup>+6</sup> (mg/l)	0,0063	0,0084	0,0048	0,0006
. Cadmio (mg/l)	0,0030	0,0050	0,0050	0,0040
. Zinc (mg/l)	0,0510	0,0380	0,0150	0,0300



**CUECA RIO PATIVILCA  
PUNTOS DE MUESTREO III  
(ANALISIS DE LABORATORIO)  
CUADRO 9**

PARAMETROS	PUNTO 13
	UBICACIÓN E 220350 N 8822230
	FECHA: 22/09/97
	CONCENTRACION
. Caudal (l/seg)	2,000
. pH	8,4
. Sólidos suspendidos (mg/l)	---
. Sólidos totales disueltos (mg/l)	---
. Arsénico (mg/l)	0,0010
. Cobre (mg/l)	0,0010
. Plomo (mg/l)	0,0270
. Fierro (mg/l)	1,4400
. Manganeseo (mg/l)	0,0800
. Níquel (mg/l)	0,0028
. Cromo <sup>+3</sup> (mg/l)	0,0001
. Cromo <sup>+6</sup> (mg/l)	0,0009
. Cadmio (mg/l)	0,0030
. Zinc (mg/l)	0,0350



de las que no lo son con la acción de los reactivos, tanto colectores, espumantes, depresores, etc, para flotación; en gran parte de los casos se utiliza reactivos que comprometen la parte ambiental. Por ejemplo, el uso de cianuro como depresor de los minerales de pirita. Un tercer aspecto se relaciona con la distribución de los minerales que son portadores de impurezas tóxicas en los diferentes concentrados y el relave final del proceso. Un aspecto ventajoso de este proceso de flotación es el relativamente corto tiempo de contacto entre las soluciones y los minerales finamente diseminados; este hecho no permite que se produzca reacción de los sulfuros con los agentes activos del proceso de flotación y se genere productos de reacción.

## **5.5. PROCESOS DE INTEMPERISMO NATURAL**

Este tipo de procesos se producen naturalmente entre los agentes del intemperismo con los minerales reactivos (sulfuros) que se encuentran en estructuras mineralizadas dentro de la mina o finamente diseminadas en acumulaciones de desmonte o relaves. La reacción básica entre el sulfuro y el oxígeno del aire, con la intervención del agua, posibiliten la formación de iones ferrosos, iones sulfato e iones hidrógeno. Estos últimos se van neutralizando en la medida en que encuentren minerales consumidores de acidez en la roca o mineral.

Dentro de las acumulaciones de minerales reactivos como desmonte o relaves, aquellos que son sometidos a ciclos de intemperismo de oxidación y lavado de los productos de reacción, son los que en un tiempo más corto (pueden ser semanas, meses, años o decenas de años) inician su proceso de generación de drenaje contaminado.

Otro fenómeno también digno de tomarse en cuenta se refiere a la localización específica de las canchas de relaves o acumulaciones de desmonte, en el sentido de que el aire convectivo que incide sobre las partes laterales o superficiales de las canchas puede conducir a un mayor suministro del agente oxidante (oxígeno atmosférico).

## **FUENTES DE CONTAMINACION MINERO – METALURGIA, DIRECTA E INDIRECTAMENTE RELACIONADA EN LA CUENCA DEL RIO PATIVILCA**

- I. CONTAMINACIÓN PROVENIENTE DE LA OPERACIÓN ACTUAL DE LAS MINAS Y PLANTAS OPERATIVAS FORMALES
  - A. Efluentes (drenaje de canchas de relaves y de planta de neutralización)
  - B. Aguas de Mina
  - C. Residuos
    - 1. Relaves
    - 2. Desmonte de mina
  - D. Desechos Industriales (aceite, grasas, combustibles)
- II. CONTAMINACIÓN POR PASIVOS O ACUMULACIONES DE MATERIALES ABANDONADOS
  - A. Desmonte de Mina (drenajes)
  - B. Relaves Antiguos (drenajes)
- III. OTRO TIPO DE CONTAMINACION RELACIONADA A LA ACTIVIDAD MINERO-METALURGICA
  - A. Residuos Sólidos Domésticos
  - B. Aguas Residuales Domesticas

### **5.6. ACTIVIDADES MINERAS EN LA CUENCA Y CONTAMINACIÓN**

En la cuenca del río Pativilca la mina en actual explotación es la de Pachapaqui y, sin actividad, las minas Llipa, Huarapasca, El Dorado, Santa Teresita y Aparipashca.

### **5.7. DESCRIPCION DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA**

- **Río Chinchas**

Se encuentra ubicada en la parte media de la cuenca del río Pativilca, comprende básicamente los rezagos de la operación de la Mina Llipa; las principales fuentes de contaminación son los depósitos de desmontes y cancha de relave existentes.

Esta mina perteneció a la familia Zacarías, anteriormente se llamó Mina Quinchas; mina de cobre, actualmente paralizada.

- **Quebrada Punhuash**

Se encuentra ubicada en la parte baja de la cuenca del río Pativilca. Corresponde a las operaciones que realizó la Cía. Minera El Dorado. Las principales fuentes de contaminación son los depósitos de desmontes y cancha de relaves, a una altura de 2,287 msnm. El drenaje de la cancha de relaves en el mes de setiembre de 1997 fue de 6.5 lt/seg.

- **Quebrada Huarapasca**

Se encuentra entre las quebradas Yanacarga y la quebrada Huarapasca que se unen en Pampacancha. Es la sub-cuenca más alta de la zona con una altitud de 4,680 msnm. En esta

sub-cuenca se localiza la mina Huarapasca. Las principales fuentes de contaminación identificadas son los desmontes de mina y agua de drenaje de la bocamina principal de 12 litros por segundo, un pH de 4.0 con alto contenido de hierro. Al Este de la mina principal existe un conjunto de socavones que drenan hacia la pampa, que une dos quebradas, una que viene del nevado Huarapasca de color rojizo y la otra quebrada que llega de otras pampas donde existen otras bocaminas: la quebrada Huarapasca drena a la quebrada Pischcaragra, que aguas más abajo toma el nombre de río Pativilca.

## **5.8. DESCRIPCION DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PATIVILCA**

- **Quebrada Aparipashca**

Se encuentra en la parte alta de la cuenca, donde operó la mina Aparipashca a 3 km en línea recta de Yashalla. Su altitud está a 4,750 msnm, drena a la Quebrada Pischcaragra que aguas más abajo toma el nombre de río Pativilca, esta mina fue de propiedad de Manuel Mallqui, paralizada hace 15 años, en esta zona se hallan desmontes en diferentes lugares, debido que allí operaron otras minas pequeñas, como la Mina Aída.

El área que ocupa los desmontes en total se calcula 16,000 m<sup>2</sup> de área disturbada.

- **Quebrada Minapata**

Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Pativilca, donde operó la Mina Santa Teresita, se encuentra a 4,215 msnm junto a la quebrada Minapata que drena a la Quebrada Pischcaragra. Esta misma quebrada aguas abajo toma el nombre de río Pativilca.

- **Quebrada Yapac.**

Se encuentra en la parte media de la cuenca del río Pativilca, donde operó la Mina Callashpunta que se ubica a 2,980 msnm. Esta mina es de propiedad de Gonzalo Vega y está emplazada a 2 km del pueblo de Copa. El área que ocupan los desmonte es de 35,000 m<sup>2</sup>. Es una mina paralizada.

- **Quebrada Alpayacu**

Se encuentra en la zona central de la cuenca del río Pativilca, donde operó la mina "dos de Abril", que altitudinalmente se ubica a 4,495 msnm, cerca de la margen derecha de la quebrada Alpayacu, afluente de la quebrada Pumarinri, para desembocar en el río Rapay que es afluente importante del río Pativilca. El área que ocupan los desmontes de la mina Dos de Abril es de 350 m<sup>3</sup>. Esta mina está paralizada.

- **Quebrada Puruncancha**

Se encuentra en la parte baja de la cuenca del río Pativilca, donde operó la mina Condorsenga, se ubica altitudinalmente a 4,200 msnm. Está cerca de la quebrada Puruncancha, que drena al río Gorgor que es afluente del río Pativilca. Se encuentran desmontes acumulados en cantidad aproximada a 8,000 m<sup>3</sup>

- **Quebrada Chanquillo**

Se encuentra en zona baja de la cuenca del río Pativilca, donde operó la Compañía Minera Chanca, altitudinalmente se ubica a 4,600 msnm, cerca de la margen derecha de la quebrada Chanquillo que se une con la quebrada Pacomayo y aguas más abajo se une con la quebrada Potococha para formar el río Gorgor que es afluente del río Pativilca. Esta mina está paralizada.

- **Quebrada Hushgash**

Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Pativilca, donde opera actualmente la Empresa Minera Pachapaqui de propiedad de Babcock Consulting Ltda., altitudinalmente se ubica a 3,979 msnm cerca de la quebrada Hushcash que drena a la quebrada Pischcaragra que aguas abajo toma el nombre de río Pativilca. Esta mina está operativa por lo que, deposita desmontes y relaves en sus canchas respectivas, cumpliendo con su PAMA propuesto.

## INVENTARIO DE EFLUENTES

UBICACION	SITUACION
- Mina Huarapasca	Drenaje en los dos socavones.
- Mina El Dorado	Drenaje del socavón principal.
- Mina Llipa	Drena por la parte inferior de la cancha de relaves.
- Mina Chanca	Socavón principal y 2 relaveras drenan al río Chanquillo.
- Mina Santa Teresita	Drenaje del socavón principal va hacia la quebrada que da origen al río Pativilca.
- Mina Pachapaqui	Mina en operación Con PAMA.

## INVENTARIO DE OCURRENCIAS MINERAS

CODIGO	NOMBRE
MP – 01	Mina Minapata
MP – 02	Mina Huarapasca
MP – 03	Mina Aparipashca
MP – 04	Mina El Dorado
MP – 05	Mina Llipa
MP – 06	Mina Callashpunta
MP – 07	Mina Dos de Abril
MP – 08	Mina Condorsenga
MP – 09	Mina Chanca
MP – 10	Calderoncito Quiñonez
MP – 11	Mina Santa Teresita
MP – 12	Mina Pachapaqui
MP – 13	Mina de Carbón Huarapasca



### INVENTARIO DE DESMONTES

<b>CODIGO</b>	<b>NOMBRES</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
D-01	Desmonte de Minapata	80
D-02	Desmonte de Huarapasca	1200
D-03	Desmonte de Aparipashca	30,000
D-04	Desmonte de El Dorado	2,500
D-05	Desmonte de Llipa	6,000
D-06	Desmonte de Callashpunta	35,000
D-07	Desmonte de Dos de Abril	350
D-08	Desmonte de Condorsenga	8,000
D-09	Desmonte de Chanca	12,000
D-10	Desmonte de Calderoncito Quiñonez	500
D-11	Desmonte de Santa Teresita	18,000
D-12	Desmonte de Pachapaqui	PAMA
D-13	Desmonte de Mina Carbón Huarapasca	30,000

## INVENTARIO DE SOCAVONES

CODIGO	NOMBRE	CANTIDAD	DIMENSIONES
S-01	Socavones de Minapata	2	1.8 m x 2.0 m
S-02	Socavones de Huarapasca	2	1.8 m x 2.0 m
S-03	Socavones de Aparipashca	7	2.2 m x 2.0 m
S-04	Socavones de El Dorado	6	3.0 m x 3.0 m 1.8 m x 2.2 m
S-05	Socavones de Llipa	1	2.5 m x 3.0 m
S-06	Socavones de Callashpunta	3	1.8 m x 2.0 m
S-07	Socavones de Dos de Abril	2	7 m de Ø 2.5 m x 4.5 m
S-08	Socavones de Condorsenga	6	2.5 m x 3.0 m
S-09	Socavones de Chanca	4	3.0 m x 4.0 m 1.8 m x 2.0 m
S-10	Socavones de Calderoncito Quiñonez	2	1.8 m x 1.2 m
S-11	Socavones de Santa Teresita	4	2.0 m x 2.4 m
S-12	Socavones de Pachapaqui	-	PAMA
S-13	Socavones de Mina Carbón Huarapasca	11	1.6 m x 1.8 m

### INVENTARIO DE PLANTAS CONCENTRADORES

CODIGO	NOMBRE	CAPACIDAD (TM/D)	SITUACION
PC-01	Pachapaqui	600	Operativa
PC-02	Santa Teresita	250	Paralizada
PC-03	Llipa	500	Paralizada
PC-04	El Dorado	100	Paralizada
PC-05	Chanca	200	Paralizada

### INVENTARIO DE DEPOSITOS DE RELAVES

CODIGO	NOMBRE	VOLUMEN	SITUACION
R-01	Pachapaqui	PAMA	Operativa
R-02	Santa Teresita	80,000	Paralizada
R-03	Llipa	300,000	Paralizada
R-04	El Dorado	12,000	Paralizada
R-05	Chanca	35,000	Paralizada

- d. Se aprecia gran cantidad de pequeñas áreas forestadas que se diseminan principalmente en los niveles altos de la formación Estepa Espinosa Montano Bajo y en toda el área de la Pradera Húmeda Montano. La forestación fue realizada en base a eucaliptos. En el área de costa (Desierto Pre-Montano), la actividad forestal se realiza en base de casuarinas, pero en muy reducido grado.
- e. El área de praderas naturales de las formaciones ecológicas Pradera Húmeda Montano y Pradera muy Húmeda Montano cuentan con un potencial aprovechable, cuyo índice de soportabilidad promedio ha sido estimado entre 0.30 y 0.45 U.A./Ha/año, correspondiéndole un calificativo de bueno. El estado actual de conservación de las praderas es en general bueno, ofreciendo la posibilidad de desarrollo de una ganadería sostenida mediante el pastoreo extensivo y racionalizado.

**FORMACIONES ECOLOGICAS IDENTIFICADAS  
EN LAS CUENCAS DEL RIO PATIVILCA**

<b>Formaciones Ecológicas</b>	<b>Altitud</b>	<b>Sectores de Uso</b>
DESIERTO PRE-MONTANO 0 a 900 msnm	0 a 600 400 a 900 0 a 400 0 a 40 0 a 900	Valle agrícola de costa Area agrícola de quebrada Pampas eriazas Areas salinizadas Pampas y colinas peráridas (comprende montañas aisladas hasta de 1,000 m de altitud).
MATORRAL DESERTICO PRE-MONTANO 500 a 1,800 msnm	500 a 1,800 500 a 1,800	Area agrícola de quebrada y piedemonte. Montañas áridas
ESTEPA ESPINOSA MONTANO BAJO 1,600 A 2,800 msnm	1,600 a 2,800 1,600 a 2,800	Area agrícola de ladera y piedemonte Montañas semi-áridas
PRADERA HUMEDA MONTANO 2,600 a 3,700 msnm	2,600 a 3,700 3,400 a 3,700 2,600 a 3,700	Area agrícola de laderas y colinas Praderas húmedas(pastizales) Montañas húmedas
PRADERA MUY HUMEDA MONTANO 3,700 a 4,200 msnm	3,700 a 4,200	Praderas y montañas muy húmedas.

### CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS FORMACIONES ECOLOGICAS IDENTIFICADAS

<b>Formaciones Ecológicas</b>	<b>Niveles Altitudinales Extremos (msnm)</b>	<b>Temperatura Promedio Anual (°C )</b>	<b>Precipitación Promedio Anual (mm)</b>	<b>Tipo de actividad apreciada</b>	<b>Potencial Agropecuario</b>
DESIERTO PREMONTANO	0-900	19.5	0 – 50	Agricultura intensiva y semi-intensiva bajo riego. Ganadería establecida de vacunos y pastoreo de caprinos.	Excelente
MATORRAL DESERTICO PRE- MONTANO	500-1,800	17.0	50 – 200	Agricultura de subsistencia bajo riego y escaso pastoreo temporal.	Pobre
ESTEPA ESPINOSA MONTANO BAJO	1,600-2,800	14.0	200 – 500	Agricultura de subsistencia bajo riego y al seco. Incipiente actividad forestal y pastoreo temporal de ganado vacuno.	Regular
PRADERA HUMEDA MONTANO	2,600-3,700	10.0	500 - 1,000	Agricultura semi-intensiva mayormente bajo seco (comercialización de productos). Gran actividad forestal y pastoreo semi-permanente de ganado vacuno y ovino.	Muy bueno
PRADERA MUY HUMEDA MONTANO	3,700-4,200	8.0	1,000 – 1,400	Pastoreo extensivo de ganado vacuno y ovino.	Bueno

**POBLACION Y NUMERO DE HOGARES DE LA CUENCA DEL RIO  
PATIVILCA**

<b>DISTRITOS</b>	<b>N° DE HABITANTES</b>	<b>N° DE HOGARES</b>
Huasta	2178	563
San Cristóbal de Raján	464	169
Llipa	171	69
Mangas	615	206
Santiago de Chilcas	436	173
Cochas	945	233
Acas	451	159
Ticlos	591	207
San Miguel de Corpanqui	272	89
Canis	214	69
Cajamarquilla	214	86
Aquíá	3429	892
Gorgor	1484	369
Ocros	1934	508
Paramonga	26146	5898
Chiquián	4637	1206
Cajatambo	3839	974
Copa	1291	360
Manas	1204	345
<b>TOTALES</b>	<b>50515</b>	<b>12475</b>

- **Unidades geomorfológicas**

Se ha diferenciado los siguientes ambientes geomorfológicos:

- a) La unidad de ribera litoral se ubica en una altitud estimada entre 0 a 5 msnm con una topografía llana de playa, limitada por cerros aislados, constituyendo recursos para materiales de construcción.
- b) La unidad Llano Aluvial. Pampa costanera se ubica entre los 5 a 200 msnm con pendientes naturales del orden de 1° a 10° afloramientos de colinas distribuidas muy localmente; se halla limitada al Oeste por la ribera litoral, al Norte, Sur y Este por una cadena de cerros bajos correspondientes a las estribaciones occidentales de los Andes; su composición es de materiales inconsolidados transportados de tipo aluvial y eólico que conforman el cono deyectivo de la cuenca Pativilca.
- c) Las estribaciones del frente andino están entre las altitudes de 200 a 400 msnm, correspondiendo a cerros que se ubican al Norte y Este, sobre el llano aluvial y pampas costaneras; se caracterizan por un relieve moderado con pendientes entre 5° y 25°.

- **Parámetros geomorfológicos**

Los principales parámetros geomorfológicos establecidos son:

- a. Superficie de la cuenca.
- b. Forma de la cuenca.
- c. Sistema de drenaje
- d. Elevación de los terrenos.
- e. Coeficientes denudacional y torrencialidad

- **Agentes modeladores**

Dentro de los agentes principales que han dado origen a las geoformas actuales, están el agua y el viento como los que han jugado un papel muy importante, (aguas provenientes del deshielo de los glaciares pleistocénicos han sido en gran parte responsables del origen del valle actual de Pativilca y de los otros valles vecinos como Huaura, Fortaleza, Santa, etc. ) y a la acción erosiva que continúa en la actualidad, principalmente por las aguas meteóricas que se colectan en las partes altas del flanco andino.

### **3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

#### **Generalidades**

En la cuenca de Pativilca, los rasgos estructurales están en estrecha relación con las características de las rocas aflorantes; producto de los esfuerzos producidos durante la Orogenia Andina, a la que se han sumado los efectos del posterior emplazamiento del batolito y el movimiento epirogénico de los Andes.

Las rocas sedimentarias, principalmente las que afloran en la parte alta de la cuenca, se hallan fuertemente plegadas y falladas, en cambio las rocas de raíces volcánico-sedimentaria que afloran en las partes bajas de la cuenca muestran un tectonismo muy moderado.

Las rocas intrusivas que forman gran parte de la cuenca presentan formas alargadas que coinciden con la orientación de los Andes, presentando diversos sistemas de diaclasamiento que muchas veces originan la separación en bloques.



- **Plegamientos**

Estas estructuras se relacionan a las lutitas Chicama de naturaleza plástica y a los volcánicos de la formación Casma; los primeros son de rumbo E-O, con emplazamientos y fallas; en cambio la formación Casma presenta rumbos NW-SE con pliegues amplios y abiertos.

En la cuenca intermedia, al sur, existen plegamientos en los volcánicos Calipuy y orientación NW-SE con buzamientos promedio a los 20°, lo que nos indica la poca intensidad con la que orogenia del terciario afecta a esta secuencia volcánica.

- **Fallamientos**

Las rocas sedimentarias e ígneas que afloran en la cuenca, están afectadas especialmente por fallas tanto de tipo inverso como normal, siendo el fallamiento inverso el más importante, y con la misma orientación que los pliegues; los planos de falla generalmente se inclinan hacia el SO; coincidiendo con la asimetría de los pliegues, lo cual nos sugiere que la orientación de los esfuerzos compresivos ha sido de Sur Oeste a Noreste.

### **3.4. SISMICIDAD**

- **Sismicidad histórica**

Del análisis histórico general, se puede deducir que los sismos más importantes que pudieron haber afectado en algún grado la cuenca, son aquéllos que se han producido en la Costa. De acuerdo a esta información y para un período de aproximadamente de 400 años, se tiene que en la cuenca se han producido sismos con intensidades máximas de VI-VII M.M: (Mercalli modificada).

- **Evaluación de la actividad sísmica en la cuenca**

La actividad sísmica que se observa en la región corresponde a un área de baja concentración, caracterizada por un número relativamente pequeño de sismos entre 70 y 100 km, de profundidad, pero con un tectonismo considerable.

- **Probable actividad sísmica futura**

Los análisis realizados han determinado que en un período de 70 años se puede alcanzar una magnitud de 6.50 m.b. con probabilidades de 12.50 y 72% de ocurrencias en 10, 50 y 100 años, respectivamente.

- **Riesgo sísmico crítico en la cuenca**

De acuerdo a la evaluación de riesgo para la cuenca de Pativilca, se tiene que desde el año 1555 hasta 1980 la magnitud máxima registrada de 6.9 mb; entre 1963 y 1980 es de 6.6 mb; según la historia sísmica y la evaluación realizada se considera como terremoto crítico en la cuenca uno de magnitud de 6.5 mb, el cual tiene un período de retorno de 60 años.

### **3.5. GEOLOGIA MINERA**

La actividad minero-metalúrgica en la cuenca se puede considerar en un nivel de desarrollo moderado, que se remonta a antiguos trabajos coloniales, pasando por diferentes épocas de reactivación en los últimos 50 años, por el interés en ciertos metales industriales como el plomo, plata, zinc y cobre.

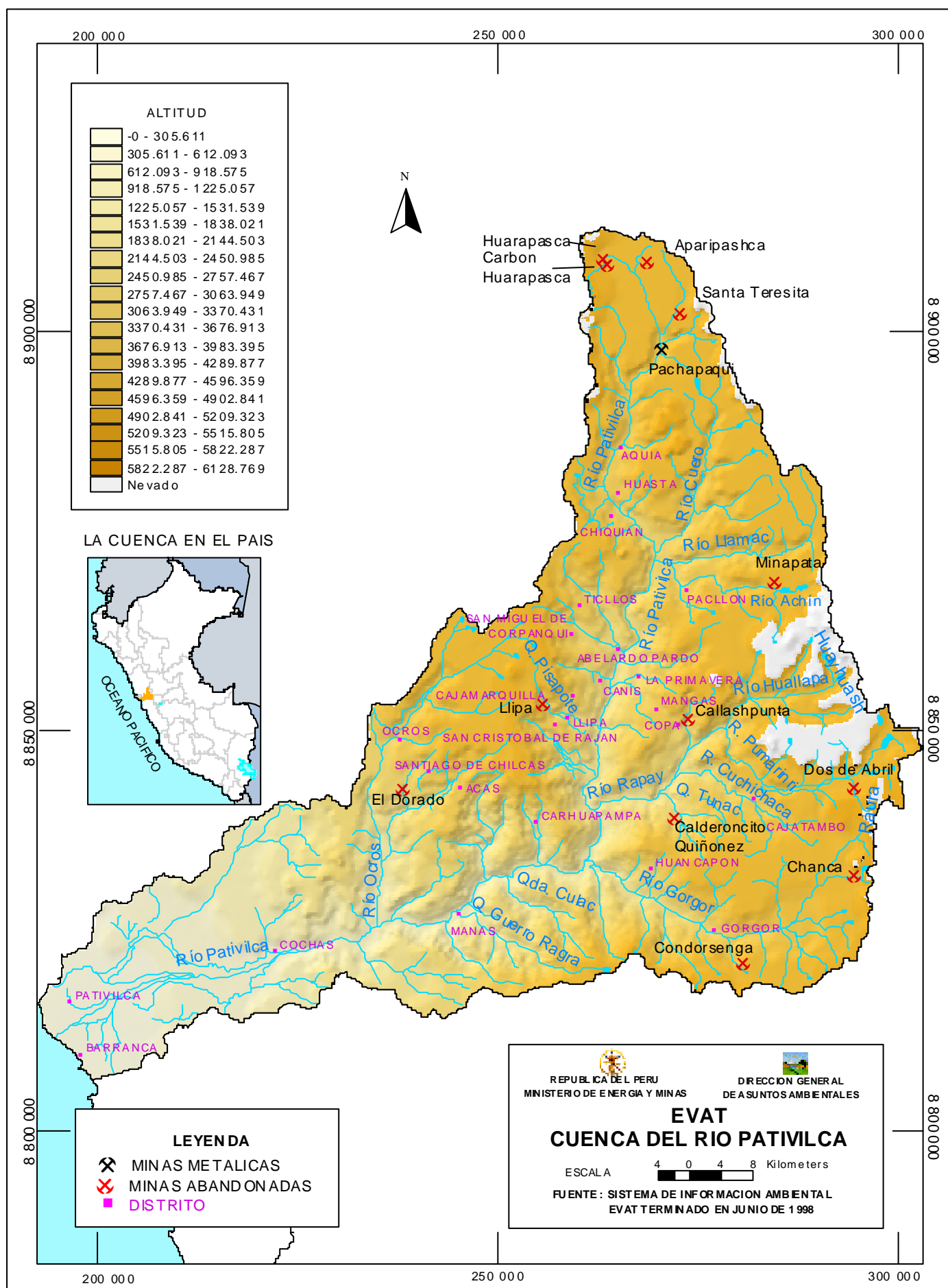
A nivel de toda la cuenca los yacimientos mineros representan la mayor actividad e importancia por la magnitud de sus operaciones, de igual forma por las características ambientales de sus

efluentes industriales en niveles ácidos con ph promedio de 4.0 y de carga contaminante de metales en solución con sólidos totales disueltos.

La mineralización comprende principalmente sulfuros como enargita, pirita, galena, esfalerita, arsenopirita y tetraedrita. La mineralización de cobre se concentra en forma de sulfosales, la mineralización de Pb-Zn presenta en menor cantidad arsenopirita, estibina, pirita, marcasita y sulfosales.

En la actualidad existen actividades exploratorias en toda la cuenca con el objetivo específico de ubicar depósitos auríferos-volcánicos especialmente en el sector de la cuenca media.

Por las características geológicas de la cuenca, se tiene al grupo Calipuy ocupando gran parte de ella en aproximadamente un 60%, constituyéndose como potenciales factores de generación de drenaje ácido por la presencia de una fuerte piritización y halos de limontización en su composición litológica.



### **2.3. POBLACION DENTRO DE LA CUENCA**

La población en la cuenca baja o valle es típicamente urbana; está focalizada en las ciudades de Pativilca y Barranca; la población de la cuenca para el año 1993, según el INEI, fue de 50,531 habitantes, de los cuales 28,974 habitantes pertenecen al área urbana y 21,557 habitantes pertenecen al área rural.

Geográficamente, la cuenca se puede distribuir en dos áreas claramente definidas, cuenca baja o de valle y la cuenca alta o cuenca húmeda.

### **2.4. TIERRAS AGRICOLAS DENTRO DEL AREA DE LA CUENCA**

La cuenca del río Pativilca cuenta con un total 66,000 Ha dedicadas a la agricultura; de esta extensión, 16,000 Ha corresponden al sector valle y 50,000 Ha a la cuenca alta; en los terrenos agrícolas de la zona valle predominan el sembrío de caña de azúcar, maíz, algodón que representan el 67% del área agrícola física neta.

En la cuenca alta, predomina el sembrío de hortalizas (zapallo, tomate, col, choclo), pastos (alfalfa, gramalote), cultivos extensivos (papas, yucas, trigo, camote), frutales (cítrico, mangos, papaya, ciruela, chirimoya).

### **2.5. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA**

Dentro del área de la cuenca del río Pativilca existe información cartográfica y topográfica diversa, preparada y elaborada por entes especializados del Estado (IGN, SAN, INGEMMET), etc., órganos sectoriales de desarrollo (Oficina de Catastro Rural del Ministerio de Agricultura, Catastro Minero) y levantamientos topográficos con mayor detalle elaborados para proyectos especiales en el sector agricultura y minería.

### **2.6. CLIMA Y METEOROLOGIA : GENERALIDADES**

La caracterización de los elementos meteorológicos que modulan el clima de la cuenca del río Pativilca se vienen registrando adecuadamente en diferentes estaciones son administradas por el SENAMHI y por proyectos especiales en desarrollo.

Cabe recalcar la importancia de conocer el comportamiento climático por su interacción e implicancias en el impacto ambiental dentro de un ecosistema en el cual se desarrollan una gama de actividades humanas y principalmente aquellas referidas a la actividad minero-metalúrgica que pueden afectar significativamente al medio físico de toda la cuenca hidrográfica; afectando inclusive a otras actividades, como la agricultura, flora, fauna y, en última instancia, deteriorando el medio ambiente, si es que no se identifica la interacción que tienen los elementos climatológicos con las actividades minero-metalúrgicas y no se toma las medidas correctivas correspondientes.

#### **• Características de los parámetros climatológicos :**

##### **Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial anual en la cuenca del río Pativilca varía desde escasos milímetros en la costa árida adyacente al Océano Pacífico, hasta un promedio anual de 1200 mm, en la cabecera o nacientes de la cuenca, a una altitud de 4200 msnm; área donde se presentan variaciones notables de precipitación, siendo la zona minera de Pachapaqui, una de las zonas donde se han registrado precipitaciones anuales del orden de 1400 mm.

El sector menos lluvioso está comprendido entre el litoral marino en el nivel altitudinal que oscila entre 600 y 700 msnm (1,364 km<sup>2</sup>).

En el sector comprendiendo entre la costa de 600 msnm y el nivel 1,800 msnm, en la parte nor-occidental del área en estudio (1,556 km<sup>2</sup>), se cuenta con la información de 52.8 mm;

En el siguiente sector entre 1,800 msnm y los 3,100 msnm (1,768 km<sup>2</sup>), se registró en la estación Aco (118.4 mm), las observaciones ecológicas de campo, que ocurre un promedio anual de lluvias alrededor de los 250 mm.

En el sector altitudinal inmediato, entre las costas de 3,100 y 3,800 msnm (1,272 km<sup>2</sup>), la información de cuatro estaciones, da un promedio anual de lluvias de 548.3 mm, promedio que oscilaría entre 400 mm y 700 para los respectivos niveles extremos de este sector.

Finalmente, en el sector andino comprendido entre los 3,800 msnm y la divisoria de la cuenca (2,896 km<sup>2</sup>), en base a observaciones de campo, se ha estimado un promedio anual de lluvias de 1,000 a 1,100mm.

- **Temperatura**

La temperatura es el elemento meteorológico más ligado en sus cambios al factor altitudinal. En el presente caso, ha podido apreciarse que dicho elemento experimenta variaciones que van del tipo semi-cálido, hasta el tipo frío en Chiquián. En base a las observaciones de campo, se ha estimado que las temperaturas van descendiendo gradualmente, alcanzando el tipo gélido o polar (0°C a menos) al nivel altitudinal de los nevados.

Por el análisis de estos valores, se aprecia que las temperaturas medias mensuales, aparte de ser uniformes en su régimen, presentan una escasa oscilación entre el mes más cálido (21.4°C Marzo) y el mes más frío (15.2 ° C Agosto). La temperatura promedio anual ha alcanzado 17.7°C.

Basadas en las observaciones de campo y correlacionando los valores de las temperaturas, se puede asumir que a la altura de 2,000 msnm la temperatura es de 18°C y a los 3,000 msnm alcanza 12°C.

- **Humedad relativa**

Este elemento meteorológico es controlado únicamente a nivel de costa en la estación de Paramonga que señala promedio anual de 89% de humedad relativa. Este valor es alto debido a que se encuentra cercano al Océano Pacífico. Cabe resaltar que el porcentaje de humedad relativa es mayor durante los meses de invierno.

En el sector andino, se carece de información sobre este elemento meteorológico.

- **Evaporación**

El valle agrícola de la Costa no cuenta con información de este elemento meteorológico; para tener elementos de juicio, ha sido necesario correlacionar con otros similares de otras cuencas que cuentan con esta información. Es así que se ha podido asumir que el promedio anual de evaporación está alrededor de 1,200 mm para este sector.

El sector andino cuenta con los datos registrados en la estación de Chiquián, que suman un total anual de evaporación de 1.141.1 mm.

## **2.7. HIDROLOGIA DE LA CUENCA**

- **Descripción general**

La evolución del recurso agua se realiza con la finalidad de proponer esquemas integrales de aprovechamiento que cumplan su uso racional e intensivo y que permitan mejorar la situación actual del área. Se puede afirmar que la cuenca del río Pativilca es una de las más ricas en lo que a recursos hídricos se refiere.

El recurso de escurrimiento natural se origina como consecuencia de las precipitaciones estacionales que ocurren en la falda occidental de la Cordillera de los Andes y de los deshielos de los nevados localizados en la divisoria con las cuencas de los ríos Santa y Mosna.

En la parte alta, la cuenca del río Pativilca cuenta con un gran número de nevados y lagunas de origen glacial, cuyos aportes contribuyen a mantener las descargas en épocas de estiaje en un nivel alto.

Las descargas normalmente ocurren durante los meses de enero a mayo, siendo el período de estiaje en el lapso comprendido entre julio a setiembre. Se ha establecido también que el rendimiento medio anual de la cuenca húmeda es del orden de  $409,630 \text{ m}^3/\text{km}^2$

- **Comportamiento estacional del río Pativilca**

Las variaciones estacionales del régimen de descargas están en relación directa al comportamiento de las precipitaciones pluviales que ocurren en la cuenca húmeda y al aporte de deshielo de los nevados, que le dan al río una capacidad de autoregulación natural; se han construido embalses de regulación estacional tales como los casos de la Empresa Hidrandina, por el volumen requerido para la Central Hidroeléctrica de Cahua y el embalse en la Laguna Viconga, en la cuenca alta del río Pativilca.

- **Análisis de descargas extremas del río Pativilca**

Uno de los parámetros hidrológicos más importantes en los Estudios de Impacto Ambiental en las actividades mineras es el referido a los caudales de avenidas. Este aspecto ha sido estudiado adecuadamente por la ONERN.