MINISTERIO DE ENERGIA
Y MINAS

DIRECCION GENERAL DE
ASUNTOSAMBIENTALES

ESTUDIO DE EVALUACION AMBIENTAL TERRITORIAL Y DE PLANTEAMIENTOS PARA LA REDUCCION O ELIMINACION DE LA CONTAMINACION DE ORIGEN MINERO EN LA CUENCA DEL RIO MOCHE

JUNIO 1997

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
2.5. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA
2.6. CLIMA Y METEOROLOGIA: GENERALIDADES
2.7. HIDROLOGIA DE LA CUENCA: DESCRIPCION GENERAL

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 MOCHE

4.1. INTRODUCCION
4.2. IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE VIDA Y FORMACIONES ECOLOGICAS
4.3. CONCLUSIONES

5. ACTIVIDAD MINERA EN LA CUENCA DEL RIO MOCHE

5.1. GENERALIDADES
5.2. CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE LA ACTIVIDAD
5.3. CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS
5.4. PROCESOS UTILIZADOS PARA BENEFICIAR MINERALES DE MINA Y SOLUCIONES DE LIXIVIACION IN SITU: FUENTES DE CONTAMINACION MINERO-METALURGICA
5.5.PROCESOS ACTUALES
5.6. PROCESOS DE INTEMPERISMO NATURAL
5.7. DISTRIBUCION DE ACTIVIDADES MINERAS EN LA CUENCA Y CONTAMINACION

6. TRABAJOS DE CAMPO

6.1. OBJETIVOS
6.2. PROCEDIMIENTO SEGUIDOS PARA MUESTREO Y EVALUACION DE SOLIDOS
6.3. PROCEDIMIENTO SEGUIDO PARA MUESTREO Y EVALUACION DE SUELOS CON FINES AGRICOLAS
6.4. EVALUACIONES DE POTENCIAL DE DRENAJE ÁCIDO

7. ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

7.1. ORIGEN DE LA CONTAMINACION INORGANICA
7.2, INFLUENCIA DE LA MINERALOGIA EN LA CONTAMINACION INORGANICA DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE
7.3. CAPACIDAD NEUTRALIZANTE DE LA CUENCA
7.4. IDENTIFICACIÓN Y ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES
7.5. COMENTARIOS GENERALES

8. IMPACTOS AMBIENTALES EN LOS SUELOS

8.1. INTRODUCCIÓN
8.2. ACIDIFICACIÓN DE LOS SUELOS
8.3. NIVELES DE MICRO-ELEMENTOS Y METALES PESADOS EN LOS SUELOS
8.4. EVALUACIÓN AMBIENTAL

9. MEDIDAS DE MITIGACION PARA LA CUENCA

9.1. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN
9.2. NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE AGUA
9.3. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL
9.4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN
9.5. ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA IMPLEMENTAR MEDIDAS DE REMEDIACIÓN
9.6. EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL
9.7. ACTIVIDADES DE REMEDIACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE

10. 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 Parcoy 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. Para propósitos de una mayor visión, se ha segmentado el río Parcoy en zonas a fin de detectar cuáles son los más importantes respecto a balance de 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 consistió en estructurar un diagnóstico cuantitativo de la cuenca en lo referente a contaminación relacionada con la minería , para luego plantear las soluciones a toda la problemática que no esté cubierta en los PAMAS de las empresas formales. Estos resultados serán invalorables 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 Moche se ubica en la Costa Norte del Perú, pertenece a la vertiente del Pacífico y drena un área total de 2708 km².

Políticamente se localiza en el departamento de La Libertad, comprendiendo total o parcialmente las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán.

Geográficamente sus puntos extremos se hallan comprendidos entre los 7°46´ Y 8° 15´ de Latitud Sur y los 78° 16´ y 79° 08´, 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 Trujillo con todos los distritos y ciudades ubicadas en la cuenca.

La carretera longitudinal de la cuenca se inicia en la ciudad de Trujillo uniendo las poblaciones de Laredo, Samne, Agallpampa, Shorey, Quiruvilca y cruza la divisoria de las cuencas de los ríos Moche y Santa, permitiendo la integración de los departamentos de Ancash, Cajamarca y Huánuco.

Otro tramo pasa por las localidades de Otuzco, Usquil y cruza la divisoria de las cuencas de los ríos Moche y Chicama.

2.2. HIDROGRAFIA Y FISIOGRAFIA

La cuenca es drenada por el río Moche que tiene sus orígenes en la Laguna Grande a una altitud de 3898 msnm muy cerca de la localidad de Quiruvilca, el área total de drenaje hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, como se indicó líneas arriba, es de 2708 km² y una longitud aproximada de recorrido de 102 km., presentando una pendiente promedio de 4%.

La cuenca colectora húmeda es de 1418 km² (área de cuenca con altitud mayor a 1500 msnm), área que representa el 52% del área total de la cuenca y es la que contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial, y del mismo modo, es la que tiene mayores implicancias en los problemas de impacto ambiental ocasionados por las actividades mineras.

El río desde sus nacientes hasta su desembocadura tiene forma sinuosa.

Como todas las cuencas de la Costa del Perú, la cuenca del río Moche es de fondo profundo y quebrado, fuerte pendiente, presentando un relieve escarpado y abrupto propiciando un flujo torrentoso y altamente turbulento, principalmente durante el período de avenidas.

La parte superior de la cuenca presenta, por efecto de la deglaciación, cierto número de lagunas y, en la parte inferior del valle, por la disminución brusca de la pendiente se ha formado un cono de deyección, producto de la deposición del material sólido transportado por el río principalmente durante el período de avenidas.

El escurrimiento superficial se debe fundamentalmente a la precipitación pluvial estacional que cae en la “cuenca húmeda”.

La cuenca del río Moche tiene sus nacientes en la confluencia de las quebradas San Francisco y Quebrada Tapada a una altitud de 4200 msnm, estas quebradas son permanentemente alimentadas por lagunas que se ubican a la línea de cumbres que conforma la divisoria de aguas de esta cuenca con la del río Santa.

El río Shorey al unirse con el río San Lorenzo forman el río Constancia. A su vez el río San Lorenzo tiene su origen en la laguna del mismo nombre y sus tributarios son el río Grande que se origina en la laguna del mismo nombre y la quebrada Pampa Huacha.

El río Constancia cambia el nombre a la altura de la quebrada de la Perdiz y se convierte en el río Moche.

Los tributarios principales del río Moche son: por la margen derecha: los ríos Mótil (82 km²), Chota (98 km²), Otuzco (184 km²) Cumbray (496 km²) y Catuay (106 km²); y por la margen izquierda: el río Chanchacap (122 km²). Existen además lechos de ríos secos, pues aguas del río Chepén y del río Simbal son captados para irrigar zonas de cultivo en el transcurso de su curso, no llegando a desembocar ningún caudal en el río Moche.

En la cuenca del río se ha constatado dos zonas bien definidas que constituyen fuentes de contaminación en lo referente a efluentes; el primero es en la zona de Quiruvilca, que es la más significativa. Asimismo en la zona de Salpo existen aguas efluentes de socavones que discurren por la quebrada Blanca en un caudal aproximado de 12 l/s.

2.3. POBLACION DENTRO DE LA CUENCA

La población en la cuenca baja o valle es típicamente urbana, está focalizada en la ciudad de Trujillo y distritos periféricos, en esta área como en todas las grandes ciudades de la Costa el crecimiento de la población ha sido mayor a la tasa de crecimiento vegetativo explicado principalmente por las corrientes migratorias del campo a la ciudad ocasionando en ésta, problemas socioeconómico complejos.

La población en la cuenca alta está distribuida mayoritariamente en el área rural y dentro de ésta, en terrazas o valles interandinos siendo la actividad económica principal la agricultura, sin embargo, la irregularidad en el tiempo de las aguas pluviales así como la irregularidad topográfica del área que dificulta la construcción de obras de infraestructura de riego han convertido a dicha actividad en una actividad casi de subsistencia, sin un significado económico. La información estadística actual del INEI acopiado por CESEL S.A., referida a datos de población y pobreza tipifican al área de la cuenca alta como una de las más deprimidas de la región.

2.4. TIERRAS AGRICOLAS DENTRO DEL AREA

En la cuenca baja o valle existen las tierras de mejor calidad para las actividades agrícolas, de esta área geográfica se identificó en el estudio de la ONERN una superficie de tierras aptas para la agricultura de 10500 Ha; sin embargo, en esta zona se ha mejorado el riego de tierras existentes y se ha incrementado o se incrementarán a corto plazo nuevas áreas como parte del proyecto especial Chavimochic cuya infraestructura hidráulica ha sido concluida hasta el valle del río Moche.

La superficie agrícola total del sector andino hasta los 3700 msnm comprende 16000 Ha. Distribuidas en tres pisos altitudinales, en este sector predomina una agricultura de secano siendo los cultivos más importantes la papa, trigo, cebada y maíz.

2.5. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA

Existe información cartográfica y topográfica del área de la cuenca del río Moche que es 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, Proyecto Especial Chavimochic, Catastro Minero) y levantamiento topográfico con mayor detalle elaborado para proyectos específicos en el sector agricultura y minero.

Se indica a continuación la información cartográfica de interés que ha sido utilizada para el desarrollo del estudio de evaluación ambiental territorial dentro del ámbito geográfico de la cuenca del río Moche.

- Cartografía a escala: I: 100000 elaborada por el IGN. El área de la cuenca del río Moche está cubierta por las hojas: Chocope (16 e), Otuzco (16 f), Cajabamba (16g), Trujillo (17f), Santiago de Chuco (17 g), Santa Rosa (18 g) y Santa (18 f).
- Cartografía a escala: 1:25000 elaborada por el IGN que comprende la superficie y hojas indicadas en el párrafo anterior.

Adicionalmente a la información cartográfica indicada, existe información vial, e información aerofotográfica.

2.6. CLIMA Y METEOROLOGIA: GENERALIDADES

La caracterización de los elementos meteorológicos que modelan el clima de la cuenca del río Moche se viene registrando adecuadamente en diferentes estaciones meteorológicas ubicadas especialmente dentro de la cuenca. Dichas estaciones son administradas por el SENAMHI, proyectos especiales en desarrollo, o entidades académicas, como la Universidad Nacional de Trujillo.

Un análisis profundo del comportamiento climático de la cuenca del río Moche fue desarrollado por la ONERN (actualmente INRENA) en la década del 70. Debe recalcarse que si bien a la fecha hay registrados más de 20 años adicionales de información histórica, por las características del comportamiento de los fenómenos climáticos, los valores obtenidos por la ONERN son aplicables para los fines del presente estudio.

Caracteristícas de los parámetros climatológicos: precipitación pluvial

La precipitación pluvial anual en la cuenca del río Moche 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 en donde se presentan variaciones notables de precipitación, Siendo la zona minera de Quiruvilca (4000 msnm), una de las zonas en donde se han registrado precipitaciones anuales del orden de 1400 mm.

Como todos los factores climatológicos, la precipitación pluvial tiene una variación espacial, según la altitud sobre el nivel del mar, y en el tiempo, dentro del ciclo hidrológico anual; excepcionalmente en períodos multianuales acíclicos, la precipitación pluvial tiene un comportamiento atípico debido a la presencia del “Fenómeno del Niño”, así por ejemplo, bajo estas circunstancias en Quiruvilca se han registrado precipitaciones anuales de hasta 2740 mm.

En cuanto a la variación en el tiempo dentro del ciclo hidrológico debe indicarse que existe una marcada variación pluvial intermensual, presentándose las mayores precipitaciones (80%) durante el período entre los meses de diciembre y marzo.

Temperatura

Al igual que la precipitación pluvial y tal vez con mayor nitidez, la temperatura es el elemento meteorológico cuya variación espacial está ligada al factor altitudinal.

Estudios efectuados por la ONERN dentro de la cuenca del río Moche han permitido establecer variaciones medias anuales que van desde los 20° C en la Costa, hasta los 6°C en las partes más altas o quedando comprendida entre estos límites una gama de valores térmicos que tipifican a cada uno de los pisos altitudinales dentro de la cuenca.

En la Costa y hasta unos 800 msnm, la temperatura aumenta a medida que se avanza tierra adentro, a partir de los 800 msnm la temperatura comienza a descender a medida que se gana en altitud.

El área de la Costa las temperaturas mensuales máximas extremas alcanzaron un promedio de 28.5 ° C, y las temperaturas mensuales mínimas extremas son del orden de 14°C.

En el sector altitudinal comprendido entre los 1800 y los 2800 msnm no se dispone de información histórica adecuada para determinar el patrón de comportamiento de la temperatura.

En base a información histórica registrada cerca (Estación Samne a 1450 msnm) o dentro de dicho piso altitudinal (Estación Otuzco a 2650 msnm) se ha podido establecer que el promedio de temperatura en dicho ámbito geográfico es de 14°C. En lo que respecta a promedios mensuales extremos estos alcanzan valores máximos y mínimos de 23°C y 8° respectivamente.

En el sector, inmediato superior, comprendido entre 2800 y 3700 msnm se ha estimado un valor promedio de 10°C.

Finalmente, en el área de cuenca comprendida entre los 3700 y los 4200 msnm se cuenta solamente con una estación meteorológica (Quiruvilca 4000 msnm) y la temperatura promedio anual se ha estimado en 8° C.

Humedad relativa

En términos generales la humedad relativa es mayor en la Costa (84%) que en la Sierra (65%). Igualmente se ha establecido que mientras en la Costa es mayor durante el invierno, en la Sierra es mayor en verano. Por otro lado, se puede decir que el régimen a lo largo del año es uniforme en la Costa, mientras que en la Sierra se presenta una oscilación media anual mayor.

Evaporación

Como patrón de comportamiento dentro de la cuenca del río Moche se puede indicar que la evaporación es mayor a medida que se avanza en nivel, pero hasta una altitud, es decir, en cierta medida, este elemento meteorológico tiene una relación directa con la temperatura y una relación inversa con la humedad relativa.

Viento

Este elemento meteorológico es controlado únicamente en la estación de Trujillo Córpac y en base a tal información se ha establecido que la velocidad del viento oscila entre 0 y 21 km/h en promedio, rango de variación que podría ser representativo de la variación de la velocidad del viento en la parte costera de la cuenca; sin embargo, considerando que el régimen de distribución es muy uniforme tanto en el tiempo como espacialmente, dichos valores se pueden tomar como características para la cuenca del río Moche.

2.7. HIDROLOGIA DE LA CUENCA: DESCRIPCION GENERAL

El comportamiento hidrológico de la cuenca del río Moche ha sido motivo de exhaustivos estudios, destacando el efectuado por la ONERN en 1973.

La cuenca alta no presenta nevados de importancia que contribuya al mejoramiento del régimen de descarga del río Moche en el período de estiaje, el caudal de escorrentía es de origen pluvial proveniente de las precipitaciones estacionales.

Las estaciones de medición de las descargas del río Moche en base a la cual se ha determinado su patrón de comportamiento son: La estación limnimétrica de Quirihuac que controla una cuenca colectora de 1864 km². Su ubicación no le permite medir todas las descargas, debido a que aguas arriba de ella existen tomas de agua pequeña cuya capacidad máxima de captación se estima en 1.8 m^3/s.

El análisis de esta información (período 1931-1970) ha permitido establecer que, al igual que la mayoría de los ríos de la Costa del Perú, las descargas presentan marcadas diferencias en sus valores extremos; así la descarga máxima controlada ha sido de 557 m^3/s, la mínima cero, siendo la descarga media anual de aproximadamente 9.5 m^3/s que equivale a un volumen medio anual de 300 Mm^3

Comportamiento estacional del río Moche

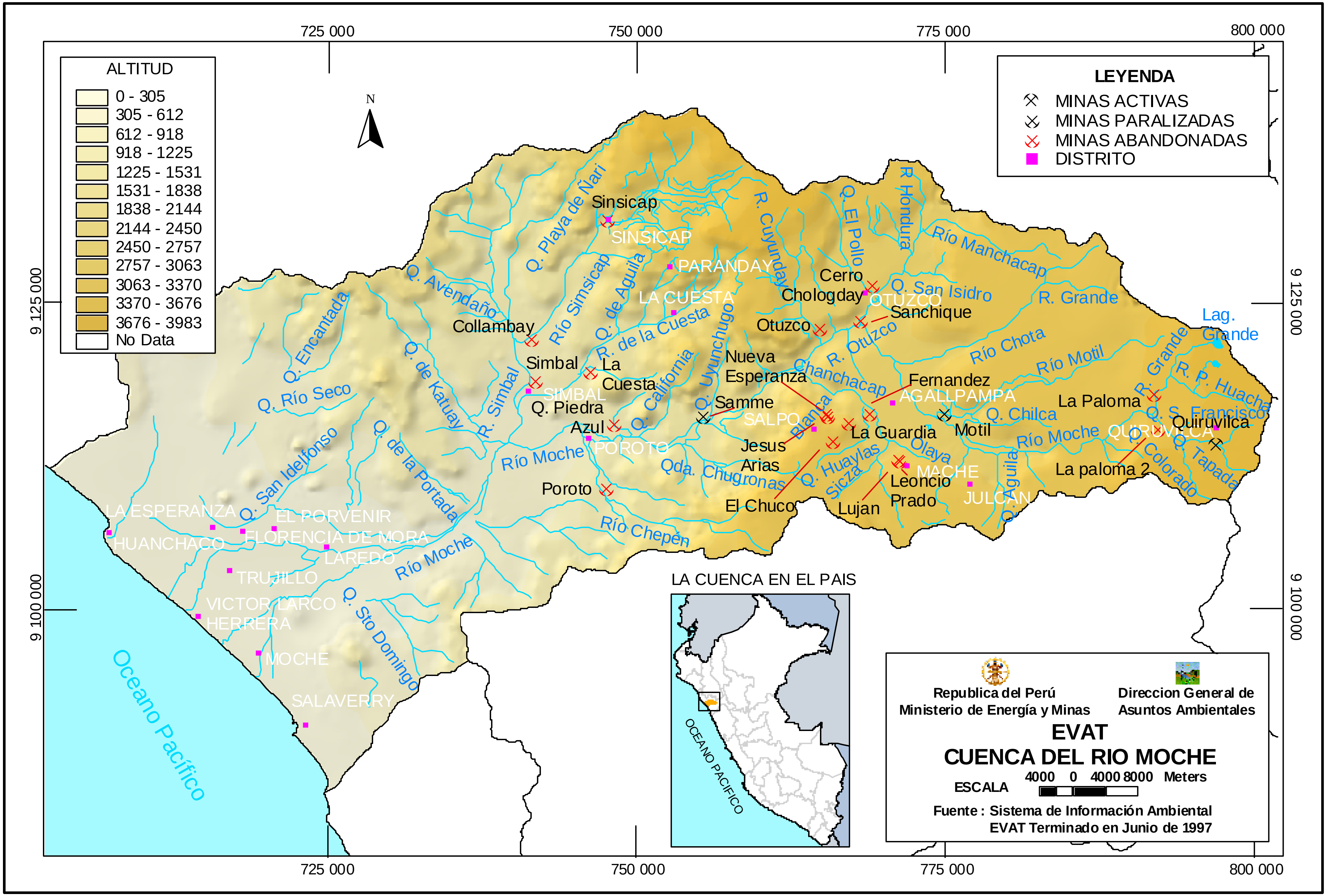
Las variaciones estacionales del régimen de descargas están en relación directa al comportamiento de las precipitaciones pluviales que ocurren en la cuenca húmeda ya que no existen nevados de importancia que le den al río una capacidad de autoregulación natural, ni tampoco se ha construido embalses de regulación estacional de importancia que pudieran modificar el comportamiento natural de la escorrentía.

La ONERN, mediante el análisis de los hidrogramas de descargas diarias correspondientes al período multianual 1931-1970 ha podido diferenciar tres períodos dentro del ciclo anual, como período de avenidas, período de estiaje y un período transicional entre avenidas y estiaje.

El resultado de este análisis ha permitido establecer que el río Moche descarga el 74% de su volumen anual durante el período de avenidas y sólo el 15% durante el período de estiaje, el 11% restante del volumen de agua anual corresponde al período de transición.

Tendencia de las descargas anuales del río Moche

Análisis estadísticos efectuados en base a la información histórica del período 1931-1970 ha permitido establecer o detectar una cierta tendencia a la disminución a largo plazo de los volúmenes de las descargas anuales, así por ejemplo, se ha determinado que el volumen del período 1931-1950 fue superior en 10% al volumen registrado durante el período 1951-1970.


725 000
750 000
775 000
800 000
9 125 000
9 100 000
ALTITUD
0 - 305
305 - 612
612 - 918
918 - 1225
1225 - 1531
1531 - 1838
1838 - 2144
2144 - 2450
2450 - 2757
2757 - 3063
3063 - 3370
3370 - 3676
3676 - 3983
No Data
N
LEYENDA
MINAS ACTIVAS
MINAS PARALIZADAS
MINAS ABANDONADAS
DISTRITO
Sinsicap
SINSICAP
PARANDAY
LA CUESTA
Collambay
Simbal
La Cuesta
SIMBAL
Q. Piedra
Azul
POROTO
Poroto
Cerro
Chologday
OTUZCO
Sanchique
Otuzco
Nueva Esperanza
Samme
SALPO
Fernandez
AGALLPAMPA
La Paloma
Quiruvilca
QUIRUVILCA
La Guardia
Motil
Jesus
Arias
MACHE
Leoncio
Prado
JULCAN
El Chuco
Lujan
La paloma 2
Lag. Grande
Q. Playa de Ñari
Q. Avendaño
Río Simsicap
Q. de Aguila
R. de la Cuesta
R. Cuyunday
Q. El Pollo
R Hondura
Río Manchacap
Q. San Isidro
R. Grande
R. Otuzco
Río Chota
Río Motil
Q. Uyunchugo
Q. California
Chanchacap
Q. Encantada
Q. Río Seco
Q. de Katuay
R. Simbal
Río Moche
Q. San Idelfonso
Q. de la Portada
Qda. Chugronas
Río Chepén
Blanca
Q. Huaylas
Sicza
Olaya
Q. Chilca
Q. Aguila
R. P. Huacha
Q. S. Francisco
Q. Colorado
Q. Tapada
LA ESPERANZA
HUANCHACO
EL PORVENIR
FLORENCIA DE MORA
LAREDO
TRUJILLO
VICTOR LARCO HERRERA
MOCHE
SALAVERRY
Q. Sto Domingo
Oceano Pacífico
LA CUENCA EN EL PAIS
OCEANO PACIFICO
Republica del Perú
Ministerio de Energía y Minas
Direccion General de Asuntos Ambientales
EVAT
CUENCA DEL RIO MOCHE
ESCALA
4000 0 4000 8000 Meters
Fuente : Sistema de Información Ambiental
EVAT Terminado en Junio de 1997

3. GEOLOGIA

3.1. GEOLOGIA REGIONAL

Generalidades

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

Los depósitos cuaternarios en general yacen sobre las rocas pre-existentes y su mayor distribución se encuentra en la cuenca baja, en el cono de deyección del río Moche y Pampa Costanera; en las cuencas media y alta estos depósitos forman los conos de deyección de los ríos y quebradas de las altiplanicies y montañas; por su origen estos son: eólicos, fluviales, aluviales, marinos, morrénicos y coluviales.

Rocas volcánicas

Rocas volcánicas constituidas por andesíticas, piroclásticas y brechas de color gris verdoso, de textura porfirítica, tienen su mayor distribución dentro de la cuenca alta y algunos sectores de las cuencas medias y baja y constituyen terrenos aceptables para la ubicación de obras de ingeniería.

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), y 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, en la cuenca se presenta en el río Simbal, cerro el Guayabo y Proto.

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: esta formación geológica representa interés económico por encontrarse en ella depósitos de carbón (grupo Goyllarisquizga).

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, limolitas marrón rojizas en capas gruesas y medianas, areniscas cuarzosas de color gris, componentes de las formaciones Chulec-Pariatambo.

Rocas ígneas

Las rocas instrusivas en la cuenca Moche forman parte del Batolito Andino, sus afloramientos tienen gran amplitud de distribución, estas rocas varían en composición desde Diorita a granodiorita, con variaciones a adamelita y tonalita, son de grano medio a grueso y su textura varía desde equigranular a porfiriticas, existen afloramientos de granodiorita típicas en los alrededores del poblado de Paranday.

3.2. GEOMORFOLOGIA

Generalidades

La cuenca del río Moche 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 pueden diferenciar tres macro unidades geomorfológicas:

- Pampas costaneras
- Flanco occidental de los Andes
- Altiplano

Ambientes geomorfológicos

Se pueden distinguir los siguientes:

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 a200 msnm con pendientes naturales del orden de 1° a 10° y afloramientos de colinas distribuidas muy localmente, se halla limitado 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 Moche.
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°.
d) La unidad de valle y quebradas tributarias ocupa la mayor parte de la cuenca y está comprendido entre altitudes de 400 y 3,800 msnm, se caracteriza por presentar una topografía muy variada, con pendientes naturales comprendidas entre 5° y 35°, localmente pueden tener mayor pendiente.

Parámetros geomorfológicos

Los principales parámetros geomorfológicos establecidos son:

a. Superficie de la cuenca : 2557 km^2
b. Forma de la cuenca: sinuosa y alargada y factor de forma 0.2
c. Sistema de drenaje: poco desarrollado, con densidad de drenaje de 0.51 m/km^2
d. Elevación de los terrenos: altitud media de la cuenca de 1967 msnm.
e. Coeficiente denudacional de 0.77 m/km^2 y de torrencialidad de 0.14 mm/km^2 Implicando la capacidad erosiva de grado leve o moderado.

Agentes modeladores

Entre 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 Moche y de los otros valles vecinos como el Virú, Chicama, Santa, etc.), la acción erosiva continua 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 del Moche los rasgos estructurales están en estrecha relación con las características de las rocas aflorantes; producto de los esfuerzos producidos durante la Orogenía 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 origen volcánico-sedimentario 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-W, con emplazamientos y fallas; en cambio la formación Casma presenta rumbos NW-SE con pliegues amplios y abiertos.

En la cuenca intermedia, al sur de Otuzco, existen plegamientos en los volcánicos Calipuy de orientación NW-SE con buzamientos promedio a los 20°, lo que indica la poca intensidad con la que la 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 SW; coincidiendo con la asimetría de los pliegues, lo cual nos sugiere que la orientación de los esfuerzos comprensivos ha sido de Sur Oeste o 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 aquellos 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.

Los análisis realizados han determinado que en un período de 70 años se puede alcanzar una magnitud de 6.50 con probabilidades de 12, 50 y 72% de ocurrencias en 10, 50 y 100 años respectivamente.

Riesgo sísmico critico en la cuenca

De acuerdo a la evaluación de riesgo sísmico para la cuenca de Moche, se tiene que desde el año 1555 hasta 1980 se tiene la magnitud máxima registrada de 6.9 mb y entre 1963 y 1980 es de 6.6 mb, según la historia sísmica y la evaluación realizada se consideran 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, pero que se remonta desde 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.

Esta actividad se distribuye territorialmente a nivel de cuenca intermedia a alta, haciéndose casi nula en la cuenca baja, ocupando quebrada y laderas interandinas que ocasionalmente

presentan riesgos naturales en la infraestructura instalada, como en campamentos, vías de acceso, relaves, y plantas metalúrgicas.

A nivel de toda la cuenca el yacimiento minero de Quiruvilca representa el de mayor actividad e importancia por la magnitud de sus operaciones.

Los yacimientos mineros en la región son de ambientes mesotermal a epitermal de tipo relleno de fisuras originadas por presiones tectónicas durante la formación de la Cordillera de los Andes; la deposición de los minerales tienen relación a la intrusión de rocas volcánicas.

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 objetivos específicos de ubicar depósitos auríferos-volcánicos especialmente en el sector de la cuenca media.

4. ECOLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE

4.1. INTRODUCCION

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

4.2. IDENTIFICACION 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 de 0 a 900 msnm.
2. Matorral desértico Premontano de 500 a 1800 msnm.
3. Estepa espinosa Premontano de 1600 a 2800 msnm.
4. Pradera húmeda montano de 2600 a 3700 msnm.
5. Pradera muy húmeda Montano de 3700 a 4200 msnm.

4.3. 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, 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 origen a 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: Desierto 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.

d. Se ha constatado que las aguas del río Moche presentan un alto grado de contaminación, situación que está haciendo cada vez más problemático su uso para fines de riego pues está afectando notablemente el índice de fertilidad natural de los suelos, al alterar los niveles de acidez y basicidad de éstos.

e. 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 ha sido realizada en base a eucaliptos. En el área de costa (Desierto Pre-Montano), la actividad forestal se realiza a base de casuarinas, pero en muy reducido grado.

f. El área de praderas naturales de las formaciones ecológicas Pradera Húmeda Montano y Pradera muy Húmeda Montano cuentan con un potencial de pastos aprovechables, 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 LA CUENCA DEL RIO MOCHE

Formaciones Ecológicas	Altitud m.s.n.m.	Sectores de Uso
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 per-áridas (comprende montañas aisladas de 1,000 m de elevación)
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

FAUNA DE LA ZONA

Aves			
Orden	**Familia**	**Especie**	**Nombre Común**
Falconiformes	Accipitridae	Buteo melanoleucus	Aguilucho
	Falconidae	Falco sparveritus	Halcón americano
Apodiformes	Apodidae	Streptoproche zonaris	Vencejo grande
	Trochilidae	Metalura phoebe	Picaflor negro
	Picidae	Colaptes rupicola	Carpintero serrano
	Tyrannidae	Ochthoeca rufipectoralis	
		Tyrannus melancolicus	Pepite
		Camptostoma obsoletum	
	Hirundiniidae	Notiochelidon murina	Golondrina
		Notiochelidon cyanoleuca	Santa Rosita
		Trogloditas aedon	Cucarachero
	Troglodytidae	Turdud chiguanco	Chiguanco
	Turdidae	Zonotrichia copensis	Gorríon americano
	Fringilidae	Sporophila spp	Espigueros
Anfibios			
Anura	Bufonidae	Bufo sp.	Sapo
Mamíferos			
Carnìvora	Mustelidae	Conepatus rex	Zorrillo
Rodentía	Chinchilidae	Laidium peruvianum	Vizcacha
	Crecetidae	Akodon sp	Ratones
		Phyllotis sp	Pericotes
Animales Domésticos			
Artiodactyla	Camelidae	Lama glama	Llama
		Lama paco	Alpaca
		Ovis sp	Oveja
	Suidae	Sus scrofa domesticus	Cerdo
Perisodactyla	Equidae	Equus caballus	Caballo
		Equus asinus	Asno

5. ACTIVIDAD MINERA EN LA CUENCA DEL RIO MOCHE

5.1. GENERALIDADES

La principal actividad minera formal en la cuenca es la Unidad de Producción de Quiruvilca, perteneciente a la empresa Nor-Perú, cuyo accionista mayoritario es Pan American Silver de Canadá. Esta adquisición se produjo a fines de 1995.

Actualmente, esta unidad de beneficio procesa 1725 TPD, siendo el método de minado predominante es el de corte y relleno ascendente, donde el relleno se efectúa con el producto de la rotura de la roca encajonante y con relleno hidráulico.

Adicionalmente a esta operación principal de concentración por flotación que permite recuperar concentrados individuales de cobre,plomo y zinc, se recupera cobre contenido en las soluciones de agua de mina mediante el proceso de cementación con chatarra de fierro, para la obtención de un cemento de cobre. Las soluciones residuales de esta planta son neutralizadas con cal, antes de ser vertidas al río Moche.

Actualmente, la nueva administración de la empresa Nor-Perú se halla abocada en un plan de optimización de sus operaciones, esto, es, reduciendo costos en la planta concentradora y desarrollando un nuevo esquema para la recuperación del cobre contenido en las aguas de mina.

La extracción mineral de Quiruvilca es antigua, habiéndose efectuado una gran cantidad de desarrollos subterráneos, con lo que se ha agravado los procesos naturales de intemperismo y generación de drenaje contaminado.

5.2. CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE LA ACTIVIDAD

La actividad extractiva en mina, por sí misma, es la iniciadora de los procesos contaminantes (generación de desmonte, acceso a oxidación de estructuras rocosas, alteración del nivel freático en la mina, fisuración de estructuras, etc.). Otra premisa importante se refiere al nivel o grado de contaminación, ésta es mayor cuanto más compleja sea la mineralogía involucrada en los yacimientos, cuanto más fisuradas y antiguas sean las labores subterráneas y cuanto más variados sean los ciclos climáticos respecto a mayor o menor presencia de agua (como lluvias o como agua subterránea). El pH de las soluciones en contacto con los minerales juega un rol fundamental en definir la características contaminantes. Lo anterior da inicio a la llamada contaminación química de la minería donde son los productos de reacción de los minerales con agentes del intermperismo y con los reactivos involucrados en los distintos procesos los que conducen a generar estos elementos contaminantes.

Tratándose de reacciones heterogéneas, un factor importante a considerar se refiere al tamaño de partícula expuesto para la reacción. Como veremos a continuación, éste es muy variable, yendo desde la disolución metálica en estructuras fisuradas de roca hasta la presencia de mineral reactivo en un elevado grado de fineza. Los primeros tipos de reacciones corresponden a procesos naturales de generación de drenaje ácido en mina y acumulaciones de desmonte o relaves antiguos. El segundo caso se refiere a procesos físico-químicos de flotación o hidrometalúrgicos de lixiviación, donde los agentes no sólo reaccionan con las especies valiosas sino también con impurezas, en reacciones no deseadas que son las que inevitablemente incrementan la contaminación por iones disueltos.

5.3. CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS

La mineralización en la zona de Quiruvilca, que comprende aproximadamente 10 km., de largo en la dirección este-oeste y 5 km, en la dirección norte-sur, se encuentra contenida en una serie de vetas que están rellenando las fracturas y fallas originadas por presiones tectónicas. Toda esta área es de tipo concéntrico, pudiendo describirse las siguientes partes:

Zona Central: Constituida principalmente por pirita y enargita, y en menores proporciones por tetraedrita y calcopirita. Es un área rica en cobre.

Zona de Transición: Predominan minerales tales como energita, pirita, tetraedrita, apareciendo galena y esfalerita.

Zona de Plomo – Zinc: Predomina la esfalerita y galena, pero con presencia importante de arsenopirita, tetraedrita, pirita y jamesonita.

Zona de Estibina: Esta es un área relativamente nueva donde predomina la estibina, encontrándose también concentraciones significativas de pirita y arsenopirita. Se presume que esta zona podría tener contenidos de oro más elevados.

5.4. PROCESOS UTILIZADOS PARA BENEFICIAR MINERALES DE MINA Y SOLUCIONES DE LIXIVIACION IN SITU: FUENTES DE CONTAMINACION MINERO-METALURGICA

1. Aquella proveniente de la operación actual de minas y plantas operativas formales**:**

- efluentes (drenaje de canchas de relaves y de planta de neutralizacion)

- aguas de mina

- residuos

  - Relaves
  - Otros materiales (precipitados)
  - Desmonte de mina
  - Desechos industriales (aceite, grasas, combustibles)

6. Aquella de pasivos o acumulaciones de materiales abandonados:

  - Desmonte de mina (drenajes).
  - Relaves antiguos (drenajes)

7. Otro tipo de contaminación relacionada a la actividad minero-metalúrgica:

  - Residuos sólidos domésticos.
  - Aguas residuales domésticas.

5.5. PROCESOS ACTUALES

Dentro de este rubro consideramos a los siguientes:

- Flotación diferencial cobre-plomo-zinc: Desde el punto de vista ambiental, el proceso de flotación diferencial que se practica en la concentradora presenta las siguientes desventajas: Dada la naturaleza fina de los diferentes minerales, es necesario apelar a procesos de remolienda de diferentes productos intermedios con el propósito de liberar las especies valiosas de las que no lo son. La etapa de separación cobre-plomo conduce a la necesidad de tener un esquema complejo de reactivos depresores y activadores para la flotación; en gran parte de los casos, se utiliza reactivos que comprometen la parte ambiental de las soluciones.
  Un tercer aspecto se relaciona con la distribución de los diferentes minerales que son portadores de impurezas muy tóxicas en los diferentes concentrados y relave final de proceso.

- Proceso de lixiviación in situ: Esta es una de las técnicas comúnmente utilizadas en hidrometalurgia para la recuperación de valores marginales contenidos en minerales no minados. Se basa fundamentalmente en el nivel de permeabilidad que exhibe la estructura rocosa dentro de la mina y en la reactividad de los minerales valiosos, la cual se complementa con un adecuado ajuste de las soluciones lixiviantes, mediante el pH y el nivel de potencial oxidante.

- Proceso de cementación de cobre con chatarra de fierro: Este es un proceso muy antiguo, comúnmente utilizado para la recuperación de cobre a partir de soluciones de bajo contenido, por su simplicidad y bajo costo de inversión.

5.6. PROCESOS DE INTEMPERISMO NATURAL

Este tipo de proceso se produce naturalmente entre los agentes del intermperismo con los minerales reactivos (sulfuros) que se encuentran en estructuras mineralizadas dentro de la mina o diseminados en acumulaciones de desmonte y relaves. La reacción básica entre el sulfuro (principalmente pirita por su abundancia y pirrotita por su reactividad) y el oxígeno del aire, con la intervención del agua, posibilitan la formación de iones ferrosos, sulfato e hidrógeno. Estos últimos se van neutralizando en la media en que se encuentren minerales consumidores de acidez en la roca o mineral. El pH de estas soluciones desciende ligeramente y allí se mantiene mientras haya elementos neutralizadores en el 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 o menos corto (pueden ser semanas, meses, años o decenas de años) inician su proceso de generación de drenaje contaminado.

Procesos Propuestos : A muy corto plazo, la empresa Nor-Perú estará implementando un nuevo proceso que reemplace al de cementación con chatarra de fierro, para la producción de sulfato de cobre pentahidratado por intercambio iónico líquido-líquido. En este caso, se estaría evitando la generación de iones ferrosos en los efluentes de descarte. Sin embargo, en vista de que la reacción de intercambio iónico involucra la producción y el consumo de iones hidrógeno, se debe plantear un adecuado balance dentro del circuito.

5.7. DISTRIBUCION DE ACTIVIDADES MINERAS EN LA CUENCA Y CONTAMINACION

En su recorrido, el río Moche, desde su naciente (en donde toma el nombre del río San Francisco) hasta su desembocadura, tiene los siguientes afluentes:

a) Afluentes por la margen derecha aguas abajo:

- Río Grande, quebrada de Mótil, quebrada Charat, río Pollo (Otuzco), quebrada Sinquirihual, quebrada Simbal.

b) Afluentes por la margen izquierda aguas abajo.

- Quebrada de Shorey Chico, quebrada Julcán, quebrada Yamobamba, quebrada Agallpampa, quebrada de Salpo (incluye quebrada de Mache y quebrada de Casabamba), quebrada de Poroto.

Podemos destacar que en la cuenca del río Moche las minas en actual explotación son las de Quiruvilca; y con poca actividad (producción eventual) se tiene:

1) Las minas de Mache cuya producción en la década del 80 se procesó en la planta ubicada en SAMNE y otra parte de su producción se benefició en la planta concentradora de Mótil.
2) Las minas de Salpo, que parte de su explotación (eventual) se lleva a procesar en la planta concentradora de Mótil, actualmente en administración por la Universidad Nacional de Trujillo.

Descripción de la margen derecha del río Moche

- **Sub–cuenca del río Grande**

Se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca del río Moche, bajando de Quiruvilca y antes de Mótil. Comprende básicamente los rezagos de una operación pequeña consistente en actividades de mina y dos unidades de desarsenización (mina La Paloma) para minerales con alto contenido de arsénico, plata, oro y cobre.
Las principales fuentes de contaminación identificadas son las siguientes: minerales en cancha, desmonte de mina, agua de la bocamina principal (de 4 a 5 l/s. y un pH de 4 a 5) y el arsénico disperso en un área aledaña a ambas unidades de desarsenización.

- **Relaves de la Concentradora Mótil**

Se encuentran ubicados aguas debajo de las instalaciones de La Paloma, a una altitud de aproximadamente 3,000 msnm. Estos residuos han sido producidos por la Concentradora Mótil, que perteneció al Banco Minero, y que beneficiaba los minerales de los pequeños mineros de la zona. Se estima que el volumen de relaves almacenados en dicha zona es de unas 45,000 Tons., las cuales están constituidas por una variedad de minerales existentes en la zona y pertenecientes mayormente a las minas La Paloma, Mache y Salpo; asimismo, también comprende materiales que fueron previamente amalgamados muchos años atrás.

- **Relaves de Samne**

Estos materiales se encuentran acumulados en una zona relativamente baja del río a unos 1500 msnm. Estos actuales relaves son el producto del retratamiento de los antiguos, que fueron originados por las operaciones minero metalúrgicas de la Northen Mining Corporation aproximadamente unos 60 años atrás. En la década de los 80, se estableció la Compañía Minera Otuzco que llevó a cabo el beneficio empleado la técnica de carbón en pulpa (CIP) para la recuperación de plata y oro. Los principales problemas asociados con esta cancha, que acumula aproximadamente unas 500,000 tns., son su cercanía al lecho del río Moche y su inestabilidad física y química.

- **Desmonte de canteras de caliza de Simbal**

Estos residuos de operaciones de extracción de caliza se encuentran ubicados en una zona mucho más baja que la anterior, a unos 800 msnm. Las canteras que se hallan en esta zona pertenecen a unas 5 empresas que se dedican a la extracción de caliza y a la producción de cal, mediante un procedimiento muy rudimentario (calcinazión de caliza con carbón) que

conduce a que dichas plantas registren bajas capacidades de producción de cal. Esta zona es seca; prácticamente no se registran lluvias y los drenajes que se producen son mínimos.

Descripción de la margen izquierda del río Moche

- **Relaves de San Felipe**

Se encuentran ubicados en las cercanías de la Planta Concentradora de Shorey y son el producto del tratamiento de minerales de Quiruvilca muchos años atrás. El volumen aproximado de material almacenado es de unas 300,000 Tons. Es posible apreciar en ellos fuertes erosiones causadas por las aguas de lluvia y las escorrentías.

Desde que es un residuo generado con las operaciones de hace unos 40 años por la Empresa Nor Perú, debe estar incluido en el PAMA de dicha compañía.

- **Relave en el cauce del río Moche**

Este es un producto de acarreo que se originó con un movimiento sísmico a principios de la década del 70, donde la cancha de relaves de Almirvilca cedió ante dicho evento y fueron arrastrados una gran masa de relaves hasta esa zona del río cercana al puente en la represa Constancia, a unos 3550 msm.

- **Area minera entre la quebrada Julcan y el río Salpo**

Entre la quebrada Julcán y el río Salpo, existe una importante zona de pequeña minería pasada, presente y futura. Un primer aspecto de esta zona minera está dado por las varias bocaminas que existen en la cercanía de Mache, donde también se encuentran acumulaciones de minerales en cancha; actualmente estas operaciones se encuentran prácticamente paralizadas. Los minerales que han sido explotados eran del tipo oxidado, esto es, de afloramientos superficiales que generalmente eran comercializados en forma directa a través del Banco Minero.

Otro componente importante en esta zona lo constituyen los minerales en cancha ubicados a unos 300 mts. del poblado de Salpo. Aquí se ha estimado unas 50,000 Tons., de material, con abundante presencia de pirita.

Igualmente, en la zona denominada mina La Guardia, hay minerales de cancha en volúmenes del orden de 20,000 Tons., las cuales se encuentran en una zona adyacente a la bocamina.

Tambien existe material de desmonte y relaves en zonas cercanas a la planta concentradora La Esperanza, en volúmenes del orden de 30,000 Tons.

Fuentes de contaminación proveniente de la unidad minera Quiruvilca

- **Desmontes de mina**

Conformado por escombreras, producto de las labores de exploración, desarrollo y preparación, constituido por mineral de baja ley o roca y que es empleado para rellenar las cavidades dejadas por la explotación o es depositado en el talud adyacente a las bocaminas.

En total, se tiene 16 depósitos de desmontes acumulados con un total superior a 400,000 toneladas.

- **Relaves**

La planta concentradora produce diariamente 1123 t/día de relaves, de los cuales aproximadamente 175 t/día son enviados a la mina como relleno hidráulico y los restantes 948 t/día son depositados en la cancha de relaves de Santa Catalina.

- **Drenaje de minas**

El agua ácida que emana de las bocaminas es la principal fuente de contaminación de agua. El agua de lluvia que se infiltra al interior de la mina a través de tajos y chimeneas que han llegado a comunicarse con la superficie y a lo largo de las fracturas tensionales abiertas que han sido rellenadas con soluciones mineralizantes, se acidifican y resultan en aguas ácidas con valores de pH próximos a 1.5 y valores de conductividad mayores de 20,000 uS/cm.

- **Aguas de cola del proceso de cemento de cobre**

Las aguas provenientes del nivel 220 son tratadas en una planta de cemento de cobre y los efluentes de esta planta, son bombeados a una planta de neutralización para proveer de agua fresca a la planta concentradora durante la época del invierno – seco o son descargadas al dique Codiciada durante la época del verano lluvioso.

- **Efluentes líquidos de la planta concentradora**

Los efluentes de la planta concentradora están constituidos principalmente por el agua decantada de los concentradores de cobre y plomo, ya que las aguas decantadas del concentrado de zinc con recirculadas como agua de proceso.

- **Efluentes líquidos de las canchas de relaves**

Los efluentes de la cancha de relaves son enviados a la planta concentradora como agua de proceso en la estación seca. Mientras que durante la estación de lluvias, parte de esta agua es descargada a la quebrada Santa Catalina por medio de la cual llega al dique Codiciada.

- **Residuos domésticos**

Estimando la producción de residuos domésticos en 0.4 kg/día/habitante, la cantidad de basura producida por los campamentos que Quiruvilca es de 1,070 kg/día y por los campamentos de Shorey, de 260 kg/día.

Los principales residuos que componen la basura son los desechos de alimentación, papeles, cartones, latas, trapos, plásticos, vidrios y cenizas del carbón de piedra empleado para calefacción.

Aguas servidas de campamentos

Considerando la producción de aguas servidas en 190 l/día/habitante, se han estimado una producción de aguas servidas de 508 m3/día para los campamentos de Quiruvilca y 123 m3/día para los campamentos de Shorey.

Las aguas servidas de los campamentos de Quiruvilca son vertidas a la quebrada de Llacapuquio, en tanto que las de los campamentos de Shorey se vierten al río Moche. Parte de las aguas servidas pasan por pozos sépticos previamente; sin embargo, este sistema resulta inadecuado para las demandas actuales de la población de los campamentos.

INVENTARIO DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN

INVENTARIO DE EFLUENTES

UBICACION	ORIGEN	SITUACION
Quebrada San Francisco	Drenaje de Mina	Labores abandonada de Unidad Minera Quiruvilca
Túnel Almirvilca	Drenaje de Mina	Operaciones de U. Minera Quiruvilca.
Planta Cementación de Cobre	Descarga	Operaciones deU. Minera Quiruvilca
Dique Codiciada	Descarga	Operaciones deU. Minera Quiruvilca
Quebrada Luz Angélica	Drenaje de Minas	Operaciones deU. Minera Quiruvilca
Dique Almirvilca. Entrada Canal de decotación	Canal de aguas de escorrentía (margen derecho) y aguas de descarga	Operaciones deU. Minera Quiruvilca
Depósito de relaves Santa Catalina	Tubería de decantación	Operaciones deU. Minera Quiruvilca
Depósito de relaves Santa Catalina	Drenaje en dique intermedio	Operaciones deU. Minera Quiruvilca
Quebrada Santa Catalina encima del puente	Canal de aguas de escorrentía (margen izquierda) de presa antigua Almirvilca.	U. Minera Quiruvilca
Quebrada Santa Catalina antes del dique Codiciada	Infiltraciones de dique principal y aguas decantadas	U. Minera Quiruvilca
Canal de Efluentes Líquidos del Molino Shorey	Reboses de espesadores de la Planta Concentradora.	U. Minera Quiruvilca
Quebrada Llacapuquio	Drenajes de mina efluentes de campamentos e instalaciones en partes altas.	U. Minera Quiruvilca
San Felipe, descarga de la tubería de decotación	Efluentes resultantes del Sistema de tubería de agua decantada e infiltraciones del muro más el aporte de canales de escorrentía de las márgenes derecha e izquierda de la presa antigua de relaves de San Felipe y el vertimiento de Bocamina La Paloma.	Operaciones antiguas de U. Minera Quiruvilca y abandonadas de Cía. Minera La Paloma
Dique Almirvilca	Efluentes resultantes de infiltraciones del muro de contención del depósito de relaves Almirvilca y aguas salientes del Sistema de Refrigeración de Caseta de Compresores	Operaciones Unidad Minera Quiruvilca.
Quebrada Blanca	Drenajes de Minas	Labores abandonadas de Mina Nueva Esperanza.

INVENTARIO DE DEPOSITOS DE DESMONTE

Propiedad / Ubicación	Volumen (m3)
Cerro Chologgay	75
Pachin Alto	150
Leoncio Prado p.	400
Mina Luján	1000
Mina La Guardia	21100
Mina de Jesús Arias	8000
Mina El Unico	3000
Mina Nueva Esperanza 1	18000
Mina Nueva Esperanza 2	16000
Mina Nueva Esperanza 3	3100
Mina Agallpampa	600
Mina La Paloma 1	775
Mina La Paloma 2	1500
Mina La Paloma 3	900
Mina La Paloma 4	830
U.M. Quiruvilca – Pique	13000
U.M. Quirivilca Túnel Almirante	1700
U.M. Quiruvilca Túnel 3918	6000
U.M. Quiruvilca – Trinchera Luchita	4000
U.M. Quruvilca – Túnel Luz	300
U.M. Quiruvilca Túnel Verdun	74
U.M. Quiruvilca Túnel Coco	4000
U.M. Quiruvilca Túnel La Merced	3000
U.M. Quiruvilca Túnel Verdun	4000
U.M. Quiruvilca Túnel Nivel	10000
U.M. Quiruvilca Túnel Progreso	7800
U.M. Quiruvilca Túnel Deseada	3700
U.M. Quiruvilca Túnel Deseada	1500
U.M. Quiruvilca Túnel Probable	2600
U.M. Quiruvilca Túnel Dos Amigos	1500
U.M. Quiruvilca Túnel Codiciada	84000

INVENTARIO DE SOCAVONES DE

MINAS ABANDONADAS

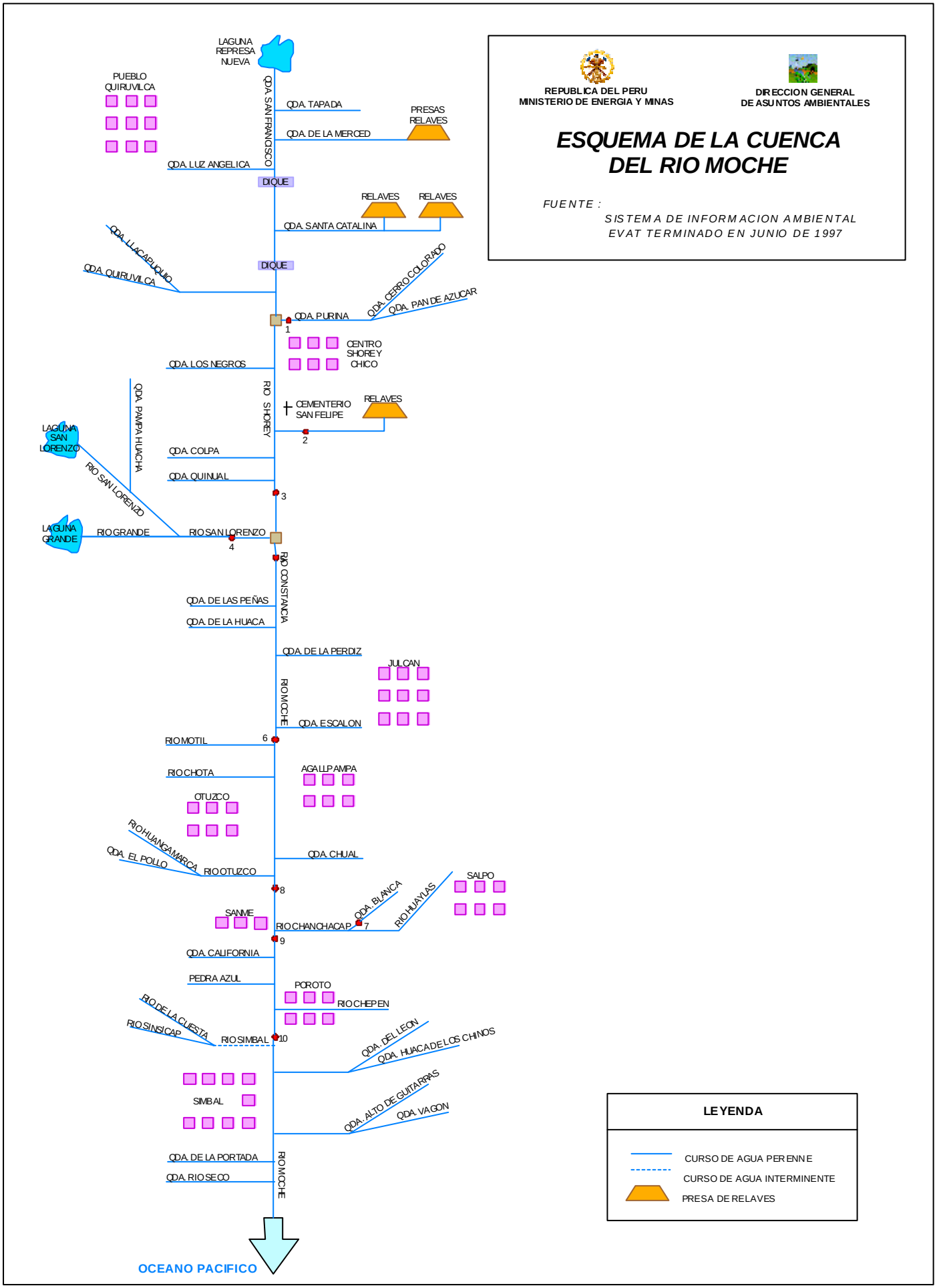
Propiedad / Ubicación	Cantidad	Dimensiones (mxm)
Otuzco	2	1.40 x 1.30
Sinsicap	1	1.40 x 1.50
Sanchique. La Loma 1	2	1.50 x 1.30
Sanchique. La Loma 2	1	Tapado
Sanchique. La Loma 3	1	1.70 x 1.40
Cerro Cholоggay	1	1.40 x 1.40
Mina Leoncio Prado. P. Alta	2	1.50 x 1.60
Pueblo Leoncio Prado	1	
Mina Luján	3	1.60 x 1.80
Mina La Guardia	4	
Mina Fernández	3	1.60 x 1.80
Mina de Jesús Arias	3	1.50 x 1.50
Mina El Chuco	3	1.70 x 1.50
Mina Nueva Esperanza 1	5	1.60 x 1.60
Mina Nueva Esperanza 2	1	2.00 x 2.10
Mina Nueva Esperanza 3	5	1.40 x 1.60
Mina Nueva Esperanza 4	2	1.60 x 1.70
Mina La Paloma 1	6	
Mina La Paloma 2	1	1.60 x 1.90
Mina La Paloma 3	3	1.00 x1.80

CANCHAS DE RELAVES

Propiedades / Ubicación	Volumen Aprox. (m^3)	Estado - Situación
Samne	250,000	Erosión por crecida, río Moche
Nueva Esperanza	5,000	Cubiertas por vegetación
Mótil	30,000	Erosión por lluvias
San Felipe	120,000	Taludes erosionados por lluvias y escorrentías
Río Constancia	20,000	Relaves arrastrados y depositados en el lecho del río provenientes de siniestro Almirvilca.
Santa Catalina (U.M. Quiruvilca)		Taludes poco erosionados (en actual uso)
Almirvilca (U.M. Quiruvilca)		Cubierto con tierra roja (en tratamiento)

INVENTARIO DE PLANTAS CONCENTRADORAS Y DE FUNDICION

Propiedad / Ubicación	Superficie (m^2)	Situación
Samne	4800	Cerrada
Nueva Esperanza	1200	Abandonada
Mótil (Universidad de Trujillo)	1200	En rehabilitación para próxima reapertura
Shorey (U.M. Quiruvilca)	3000	En operación


REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
DIRECCION GENERAL
DE ASUNTOS AMBIENTALES
ESQUEMA DE LA CUENCA
DEL RIO MOCHE
FUENTE :
SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL
EVAT TERMINADO EN JUNIO DE 1997
LAGUNA REPRESA NUEVA
PUEBLO QUIRUVILCA
QDA. SAN FRANCISCO
QDA. TAPADA
PRESAS RELAVES
QDA. DE LA MERCED
QDA. LUZ ANGELICA
DIQUE
RELAVES
RELAVES
QDA. SANTA CATALINA
QDA. LLACAPUQUIO
QDA. QUIRUVILCA
DIQUE
QDA. CERRO COLORADO
QDA. PAN DE AZUCAR
QDA. PURINA
1
CENTRO SHOREY CHICO
QDA. LOS NEGROS
RIO SHOREY
QDA. PAMPA HUACHA
CEMENTERIO SAN FELIPE
RELAVES
2
LAGUNA SAN LORENZO
RIO SAN LORENZO
QDA. COLPA
QDA. QUINUAL
3
LAGUNA GRANDE
RIO GRANDE
RIO SAN LORENZO
4
RIO CONSTANCIA
QDA. DE LAS PEÑAS
QDA. DE LA HUACA
QDA. DE LA PERDIZ
JULCAN
RIO MOCHE
QDA. ESCALON
6
RIO MOTIL
RIO CHOTA
AGALLPAMPA
OTUZCO
RIO HUANGAMARCA
QDA. EL POLLO
RIO OTUZCO
QDA. CHUAL
8
SALPO
QDA. BLANCA
RIO HUAYLAS
SANME
RIO CHANCHACAP
7
9
QDA. CALIFORNIA
PEDRA AZUL
POROTO
RIO CHEPEN
RIO DE LA CUESTA
RIO SINSICAP
RIO SIMBAL
10
QDA. DEL LEON
QDA. HUACA DE LOS CHINOS
SIMBAL
QDA. ALTO DE GUITARRAS
QDA. VAGON
QDA. DE LA PORTADA
QDA. RIO SECO
RIO MOCHE
OCEANO PACIFICO
LEYENDA
CURSO DE AGUA PERENNE
CURSO DE AGUA INTERMINENTE
PRESA DE RELAVES

6. TRABAJOS DE CAMPO

6.1. OBJETIVOS

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.

Plan de muestreo y evaluación

El planemiento 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 Moche efectuados en los meses de enero y marzo de 1996, por encargo del Ministerio de Energía y Minas.

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 siguientes:

- Empleo de información disponible básica para la ubicación de las fuentes de contaminación 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.
- Trabajos 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.

Criterio para confirmación de la 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 10 puntos para análisis en laboratorio.
- Toma de muestras de sólidos para evaluación de Potencial de Generación de Drenaje Acido.
- Toma de muestras de suelos para evaluación de impactos en su capacidad de uso son fines agrícolas.

CUECA RIO MOCHE
PUNTOS DE MUESTREO I
(ANALISIS DE LABORATORIO)

PARAMETROS	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4	
	CURSO DE AGUA: Río Shorey Chico UBICACIÓN E 794231 N 9113197 FECHA: 16/03/97		CURSO DE AGUA: Ef. Relave Quiruvilca UBICACIÓN E 792596 N 9115066 FECHA: 16/03/97		CURSO DE AGUA: R. Shorey (cementerio) UBICACIÓN E 792763 N 9115135 FECHA: 16/03/97		CURSO DE AGUA: Río Grande UBICACIÓN E 791963 N 9116418 FECHA: 16/03/97	
	CONCENT.	**CARGA (kg/d)**	**CONCENT.**	**CARGA (kg/d)**	**CONCENT.**	**CARGA (kg/d)**	**CONCENT.**	**CARGA (kg/d)**
. Caudal (l/seg)	595,04		34,43		2432,40		835,00	
. Temperatura(°C)	8,90		10,50		9,60		11,20	
. Conductividad(us/cm)	0,00		2100,00		1200,00		100,00	
. pH	6,83		3,05		3,47		6,34	
. Sólidos suspendidos tot.(mg/l)	12,00	616,94	315,00	937,05	524,00	110123,50	10,00	721,44
. Sólidos disueltos totales(mg/l)	26,00	1336,70	1329,00	3953,45	944,00	198390,44	50,00	3607,20
. Sulfatos disueltos totales(mg/l)	9,00	462,70	1131,00	3364,44	762,00	160141,43	25,00	1803,60
. Alcalinidad (mg/l CaCO3)	18,00	925,41	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	1154,30
. Acidez (mg/l CaCO3)	5,00	257,06	1110,00	3301,97	817,00	171700,20	5,00	360,72
. Fierro disuelto (mg/l)	0,1105	5,68	260,00	773,44	216,00	45394,42	1,21	87,29
. Cobre disuelto (mg/l)	0,0008	0,04	8,50	25,29	5,72	1202,11	0,08	5,77
. Níquel (mg/l)	<0,0005	0,00	0,005	0,01	<0,0005	0,00	<0,0005	0,00
. Arsénico (mg/l)	<0,0050	0,00	0,5410	1,61	1,6620	349,28	0,0262	1,89
. Zinc (mg/l)	0,0066	0,34	19,500	58,01	28,0000	5884,46	0,1342	9,68
. Antimonio(mg/l)	<0,0050	0,00	<0,0050	0,00	-	0,00	-	0,00
. Plomo (mg/l)	0,0197	1,01	0,0721	0,21	0,4570	96,04	0,0211	1,52
. Manganeso (mg/l)	0,0101	0,52	7,0000	20,82	15,0000	3152,39	0,6600	47,62
. Cianuro (mg/l)	0,011	0,57	0,009	0,03	0,008	1,68	0,001	0,07

CUECA RIO MOCHE
PUNTOS DE MUESTREO I
(ANALISIS DE LABORATORIO)

PARAMETROS	PUNTO 5		PUNTO 6		PUNTO 7		PUNTO 8	
	CURSO DE AGUA: Río Constancia UBICACIÓN E 791539 N 9116276 FECHA: 16/03/97		CURSO DE AGUA: Río Moche (Motil) UBICACIÓN E 775149 N 9115389 FECHA: 16/03/97		CURSO DE AGUA: Quebrada Blanca UBICACIÓN E 765715 N 9116862 FECHA: 17/03/97		CURSO DE AGUA: Río Moche (Otuzco) UBICACIÓN E 767331 N 9123367 FECHA: 17/03/97	
	CONCENT.	**CARGA (kg/d)**	**CONCENT.**	**CARGA (kg/d)**	**CONCENT.**	**CARGA (kg/d)**	**CONCENT.**	**CARGA (kg/d)**
. Caudal (l/seg)	3643,00		10455,00		4,00		17356,00	
. Temperatura(°C)	11,90		13,70		15,20		16,70	
. Conductividad(us/cm)	500,00		600,00		1600,00		300,00	
. pH	3,62		3,95		3,58		4,65	
. Sólidos suspendidos tot.(mg/l)	264,00	83095,37	2186,0	1974640,03	190,00	65,66	318,00	476859,57
. Sólidos disueltos totales(mg/l)	746,00	234807,38	394,00	355904,93	1682,00	581,30	150,00	224933,76
. Sulfatos disueltos totales(mg/l)	515,00	162098,93	258,00	233054,50	966,00	333,85	131,00	196442,15
. Alcalinidad (mg/l CaCO3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
. Acidez (mg/l CaCO3)	465,00	146361,17	175,00	158079,60	965,00	333,50	97,00	145457,16
. Fierro disuelto (mg/l)	138,00	43436,22	45,00	40649,04	10,50	3,63	25,50	38238,74
. Cobre disuelto (mg/l)	3,41	1073,32	1,65	1490,46	9,13	3,16	0,88	1319,61
. Níquel (mg/l)	<0,0005	0,00	<0,0005	0,00	0,0234	0,01	<0,0005	0,00
. Arsénico (mg/l)	0,6880	216,55	0,1039	93,85	0,0190	0,01	0,0981	147,11
. Zinc (mg/l)	18,0000	5665,59	37,000	33422,54	126,00	43,55	4,51	6763,01
. Antimonio(mg/l)	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00
. Plomo (mg/l)	0,1600	50,36	0,088	79,31	0,2604	0,09	0,2696	404,28
. Manganeso (mg/l)	10,2300	3219,95	7,040	6359,32	11,66	4,03	3,30	4948,54
. Cianuro (mg/l)	0,009	2,83	0,009	8,13	0,007	0,00	0,001	1,50

CUECA RIO MOCHE
PUNTOS DE MUESTREO I
(ANALISIS DE LABORATORIO)

PARAMETROS .	PUNTO 9		PUNTO 10	
	CURSO DE AGUA: Río Moche (Samme) UBICACIÓN E 755325 N 9119705 FECHA: 17/03/97		CURSO DE AGUA: Río Moche (Poroto) UBICACIÓN E 749712 N 9114500 FECHA: 22/06/97	
	CONCENT.	**CARGA (kg/d)**	**CONCENT.**	**CARGA (kg/d)**
. Caudal (l/seg)	20315,00		23140,00	
. Temperatura(°C)	17,30		18,10	
. Conductividad(us/cm)	300,00		300,00	
. pH	4,90		4,20	
. Sólidos suspendidos tot.(mg/l)	306,00	537096,10	478,00	955663,49
. Sólidos disueltos totales(mg/l)	138,00	242219,81	148,00	295895,81
. Sulfatos disueltos totales(mg/l)	108,00	189563,33	122,00	243914,11
. Alcalinidad (mg/l CaCO3)	0,00	0,00	0,00	0,00
. Acidez (mg/l CaCO3)	50,00	87760,80	52,00	103963,39
. Fierro disuelto (mg/l)	16,00	28083,46	15,00	29989,44
. Cobre disuelto (mg/l)	0,55	965,37	0,66	1319,54
. Níquel (mg/l)	<0,0005	0,00	<0,0005	0,00
. Arsénico (mg/l)	0,0918	161,13	0,0841	168,14
. Zinc (mg/l)	3,08	5406,07	2,97	5937,91
. Antimonio(mg/l)	<0,0005	0,00	-	0,00
. Plomo (mg/l)	0,1132	198,69	2,86	5717,99
. Manganeso (mg/l)	2,86	5019,92	2,86	5717,99
. Cianuro (mg/l)	0,005	8,78	0,013	25,99

6.2. PROCEDIMIENTO SEGUIDOS PARA MUESTREO Y EVALUACION DE SOLIDOS

Criterios generales

El potencial de generación de ácidos de desmontes y desechos de minas puede ser empleado como información suplementaria para evaluar los impactos a la calidad de las aguas superficiales a causa de drenajes de minas y también puede ser empleado para determinar la facitibilidad de métodos de remediación alternativos.

El balance ácido/base es evaluado usualmente usando tres parámetros

- pH de la roca o suelo (en pasta)
- Potencial de generación de ácido (PA que es determinado del contenido total de los sulfuros en pirita (Extraible con Hce-Extraible con HNO3 y Sulfuros Total no Extraible).
- Potencial de Neutralización (PN que es determinado por titulación.)
- Razón PN/PA.

La forma en que estos criterios son usados para evaluar el Potencial de Generación de Acidos de los materiales estudiados es como sigue. Si el pH es menor que 4.0, entonces el material es generador de ácidos. Sin embargo, si el pH es mayor que 4.0, no necesariamente el material es no generador de ácidos, debido a que este ensayo no caracteriza exactamente el material relativamente fresco.

Colección de muestras

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

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

- Rocas del lugar

- Relaves

Las decisiones sobre qué lugares requirieron toma de muestra y evaluación se han apoyado en reconocimiento de la mineralización y los antecedentes de operaciones mineras.

Se ha buscado que las muestras de materiales colectadas para el balance ácido/base sean tan representativas como fuera posible. Las pilas de desmonte y materiales de relaves pueden ser heterogéneas, por ejemplo, cuando haya una capa geológica extensiva o cuando diferentes tipos de humedad están siendo procesados en una planta. Las condiciones de humedad y oxígeno también varían con la profundidad en una pila de desmontes o de lixiviación.

6.3. PROCEDIMIENTO SEGUIDO PARA MUESTREO Y EVALUACION DE SUELOS CON FINES AGRICOLAS

Dentro de estas características, se ha descrito los siguientes parámetros: geoformas, gradiente promedio, profundidad del suelo, textura; presencia de gravas, uso actual y se le ha calificado su capacidad de uso.

Obtención de datos para planeamiento de medidas de remediación

Con la finalidad de completar el planeamiento conceptual de las medidas de remediación para las fuentes de contaminación identificadas, se procedió a coleccionar la siguiente información:

- Fotografía 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.

6.4. EVALUACIONES DE POTENCIAL DE DRENAJE ÁCIDO

Muestras sólidas colectadas

1. Código : MO-01

Descripción : Relaves de Mótil.- producto del tratamiento de minerales de las minas de la Paloma, Mache y Salpo, además de otros relaves de tratamientos antiguos por métodos de amalgamación que fueron ejecutados en el siglo pasado (estos relaves se encuentran en una zona entre Agallpampa, Yamobamba y Mótil).

- Volumen : 30000 m^3
- Tonelaje : 45,000 ton.
- Características: parte de los relaves son sulfuros, producto del tratamiento de los minerales de al mina La Paloma y de Minas de Salpo, la otra parte son óxidos producto del tratamiento de minerales de las minas de Mache.
- Altitud : 2960 msnm.

2. Código: MO-02

Descripción : Relaves de San Felipe.- Estos relaves son producto del tratamiento de los minerales de Quiruvilca y que se han sido depositados cerca al cementerio en las cercanías de la represa Constancia.

- Volumen : 120,000 m^3
- Tonelaje : 300,000 ton.
- Características : Material producto de minerales sulfurados de la mina Quiruvilca, almacenado por más de 40 años, con los taludes erosionados por las aguas de lluvias y escorrentías, la filtración de esta agua se colecta por un canal y se deriva al río Moche.

Altitud : 3555 msnm.

3. Código: MO-03

Descripción: Muestra de Planta de Fundición N° 1 de la Paloma.- Esta planta se encuentra ubicada sobre el río Grande y a 3 Km. del río Moche.

- Volumen : 3 m^3
- Tonelaje : 7.5 ton.
- Características.- Este material tiene contenido de escorias, y es producto de la fundición de minerales con alto contenido de arsénico.

- Altitud : 3550 msnm

6. Código: MO-04

Descripción : Mineral de Cancha.- Producto de la extracción del mineral de las minas de la Paloma y almacenadas en al cancha de la Planta de fundición N° 2, ubicada a 1 Km, del Río Moche.-

- Volumen : 60 m^3
- Tonelaje : 150 ton.
- Características : Mineral con contenido de arsénico y piritas.
- Altitud : 3575 msnm.

7. Código: MO-05

Descripción : Mineral de Cancha.- Junto a bocamina principal de “La Paloma”,

- Volumen: 70 m^3
- Tonelaje : 175 ton.
- Características : Esta bocamina se encuentra a 2 km de la planta de fundición N ° 2 y al 1 km., del río Moche. El ingreso a la bocamina es hasta 80 metros, luego existen varios derrumbes que dificultan su acceso.
- Altitud : 3580 msnm.

8. Código: MO-06

Descripción : Relave desbordado, ubicado en el cauce del río Moche.- Residuos regados en el cauce del río Moche, a efecto de derrumbe de la cancha de relaves (ocurrido en 1962 por un movimiento sísmico) antiguos llamada ALMIRVILCA

- Volumen: 120,000 m^3
- Tonelaje : 300,000 ton.
- Características : Esta relave se encuentra en el lecho del río Moche, en la zona plana antes del puente, se sostiene por la represa Constancia..
- Altitud : 3550 msnm.

9. Código: MO-07

Descripción : Mineral en cancha de bocamina de Mache. En Mache existen varias bocaminas de diferentes denuncios mineros y que han ejecutado labores de explotación y que actualmente están paralizados.

- Volumen: 100 m^3
- Tonelaje : 200 ton.
- Características : Los minerales de Mache son óxidos y su explotación en èpocas pasadas consistía en explotación subterránea, poco tecnificada y con poca evacuación de desmontes; el producto se vendía generalmente al Banco Minero en Salaverry.
- Altitud : 3250 msnm.

10. Código: MO-08

Descripción : Material en chancha.- Ubicado a 300 mts., Abajo del poblado de Salpo.

- Volumen: 20,000 m^3
- Tonelaje : 50,000 ton.
- Características : Material con abundante presencia de piritas; puede formar parte del mineral extraído de mina, además se observa abundante presencia de óxido (materiales de colores claros) Altitud: 3400 msnm.

11. Código: MO-09

Descripción : Material en cancha mina La Guardia.- Material depositado cerca de la bocamina la Guardia.

- Volumen: 8,000 m^3
- Tonelaje: 20,000 ton.
- Características : Material de color claro, y se observa presencia de piritas, se ubica a mas o menos 3 km al este del pueblo de Salpo.
- Altitud : 3215 msnm.

12. Código: MO-10

Descripción : Material de Desmonte de bocamina a 300 mts., De Planta Concentradora "La Esperanza"

- Volumen: 6,000 m^3
- Tonelaje :15,000 ton.
- Características : Cerca de la Concentradora La Esperanza, existe una bocamina en cuyo alrededor se ha depositado material de desmonte y es de color claro. (abundante cuarzo)
- Altitud : 3070 msnm.

13. Código: MO-11

Descripción : Relaves del Tratamiento de Mineral en Planta Concentradora La Esperanza. Este material se ha depositado en el talud del cerro por el tratamiento de los minerales de Salpo en las décadas del 60 y 70.

- Volumen: 5,000 m^3
- Tonelaje :12,000 ton.
- Características : Son relaves sulfurados y que por el tiempo de almacenamiento se están cubriendo de arbustos y pastos, se encuentra ubicado a 80 mts., del depósito de desmonte producto de la muestra con código M0-10
- Altitud : 3070 msnm.

14. Código: MO-12

Descripción : Relaves de Samne.- Producto del tratamiento de los antiguos relaves depositados por Corporación Minera Nor Perú hace más de 60 años.

- Volumen: 250,000 m^3
- Tonelaje : 500,000 ton.
- Características : Relaves de Flotación de la Planta ubicada en Samne en los inicios de la explotación de las minas de Quiruvilca, y que la Empresa Minera Otuzco, trató por el método CIP en la década del 80.
- Altitud : 1460 msnm.

15. Código : MO-13

Descripción : Desmonte de Canteras de Calizas de Simbal

- Volumen: 60,000 m^3
- Tonelaje : 100,000 ton.
- Características : En Simbal existen varias canteras de calizas que están en explotación, pudiendo contarse con 5 empresas que producen cal. La zona es seca, pocas lluvias, su drenaje es mínimo; pero de ocurrir lluvias, los drenajes de estos desmontes actuarán sobre las aguas del río Moche, probablemente como consumidor de ácido.
- Altitud : 795 msnm.

RESULTADO DEL ESTUDIO PETROMINERAGRAFICO DE 13 MUESTRAS MINERALES DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE

MO-01 : CANCHA DE RELAVES MOTIL

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Ocurre porosa con forma subangular en tamaños menores a 300 micrones, como diseminaciones en ganga.	7
Esfalerita	Se encuentra en tamaños menores a 800 micrones, a veces intercrecida con galena	1
Galena	Como pequeñas inclusiones dentro de gangas en tamaños menores a 100 micrones	0.1
Cuarzo	Como cristales angulosos menores a 300 micrones	75
Feldespatos	En cristales angulosos menores a 300 micrones, algunos muestran alteración sericítica.	15
Oxidos de Hierro	Como cristales subredondeados menores a 200 micrones	1

MO-02 : RELAVES CEMENTERIO DE SHOREY

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Porosa subangulosa en tamaños menores a 300 micrones, como diseminaciones en ganga.	18
Esfalerita	En formas subredondeadas, generalmente como inclusiones en gangas e intercrecida con pirita	2
Cuarzo	Con formas angulosas y tamaños menores a 300 micrones	70
Feldespatos	Como granos subredondeados mostrando alteración sericítica.	5
Arcillas	Como manchas en tamaños menores a 300 micrones	3

MO-03 : PLANTA DE FUNDICION LA PALOMA

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Como cristales alargados, poco porosos.	9
Cuarzo	Como pequeños cristales granulares menores a 30 micrones formado parte de la matriz en roca porfirítica.	40
Feldespatos	Como fenoristales, a veces con oxidación y tamaños menores a 200 micrones.	20
Oxidos de Hierro	Principalmente como hematita debido a la oxidación de la pirita.	30

MO-04: MINERAL DE CANCHA LA PALOMA

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	En cristales anhedrales generalmente porosos, en tamaños de 300 a 400 micrones, también en venillas.	7
Esfalerita	Como cristales anhedrales menores a 900 micrones.	2
Galena	Ocurre escasa en formas irregulares menores a 200 micrones.	1
Calcopirita	Intercrecido con la esfalerita en formas alargadas y tamaños menores a 300 micrones	0.1
Cuarzo	Ocurre masiva y principalmente como feldespatos potásicos en proceso de alteración.	2
Feldespatos	Como cristales subredondeados menores a 200 micrones	85
Arcilla	Como producto de alteración de los feldespatos.	2

MO-05 : BOCAMINA PRINCIPAL LA PALOMA

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Se muestra porosa, en formas anhedrales subangulosas, en tamaños menores a 300 micrones.	11
Galena	Con formas subangulares y tamaños menores a 300 micrones	5
Cuarzo	Diseminado en la roca.	65
Feldespatos	En forma masiva como feldespatos potásicos alterados en la matriz de la roca.	17
Arcillas	Como producto de alteración de los feldespatos.	1

MO-06: RELAVE DESBORDADO CERCA DE PUENTE-MURO DE CONTENCION RIO CONSTANCIA.

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	En cristales angulosos muy pequeños menores a 50 micrones	9
Esfalerita	Como cristales suredondeados menores a 300 micrones.	1
Cuarzo	Anguloso en tamaños menores a 30 micrones.	28
Arcillas	Material fino constituido por arcillas expandibles del grupo de las montmorillonitas.	60

MO-07: MINERAL EN BOCAMINA " MACHE"

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Generalmente masiva, asociada con gangas.	7
Cuarzo	De tamaño muy variado, generalmente como cristales alargados, también en pequeños cristales en forma de venillas cortando a los cuarzos alargados.	88
Feldespatos	Intercrecidos con cuarzo y en proceso de alteración.	2
Oxidos de Hierro	Como limonita y hematita producto de alteración de la pirita.	2

MO-08: MINERAL EN CANCHA SALPO (NUEVA ESPERANZA)

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	En cristales anhedrales generalmente porosos, en tamaños a 1000 micrones, a veces intercrecida con galena.	9
Galena	Masiva con tamaños menores a 900 micrones.	1
Calcopirita	Escasa, como pequeñas inclusiones en gangas con tamaños menores a 100 micrones; a veces intercrecida con pirita o como finas inclusiones en esfalerita.	0.1
Esfalerita	Como inclusiones en ganga con tamaños menores a 1000 micrones. Raras veces intercrecida con galena o con diseminaciones muy finas de calcopirita.	1
Cuarzo	En tamaños menores a 800 micrones, anhedrales, cortado por cuarzos más pequeños menores a 400 micrones.	79
Sericita	Como cristales muy pequeños.	8

MO-09: MINERAL EN CANCHA " LA PALOMA "

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Como inclusiones de granos anhedrales porosos en tamaños menores a 1000 micrones.	8
Cuarzo	En grano muy fino menores a 60 micrones.	85
Feldespatos	Mostrando alteración sericítica.	1
Arcillas	Diseminadas.	5

MO-10: DESMONTE FRENTE A BOCAMINA " ESPERANZA "

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	En cristales anhedrales porosos, en tamaños menores a 100 micrones.	15
Calcopirita	Como pequeñas playas generalmente irregulares menores a 300 micrones, también en playas mayores a 300 micrones intercrecidas con galena o esfalerita como finas inclusiones en esfalerita menores a 30 micrones.	0.5
Galena	Como playas masivas menores a 2000 micrones. En playas menores a 2000 micrones intercrecida con esfalerita.	3
Esfalerita	Como inclusiones de cristales anhedrales menores a 1000 micrones, a veces presenta inclusiones de calcopirita.	2
Cuarzo	Como cristales anhedrales, menores a 900 micrones.	75
Arcillas	En playas enteras.	3

MO-11: RELAVE DE "ESPERANZA" SALPO.

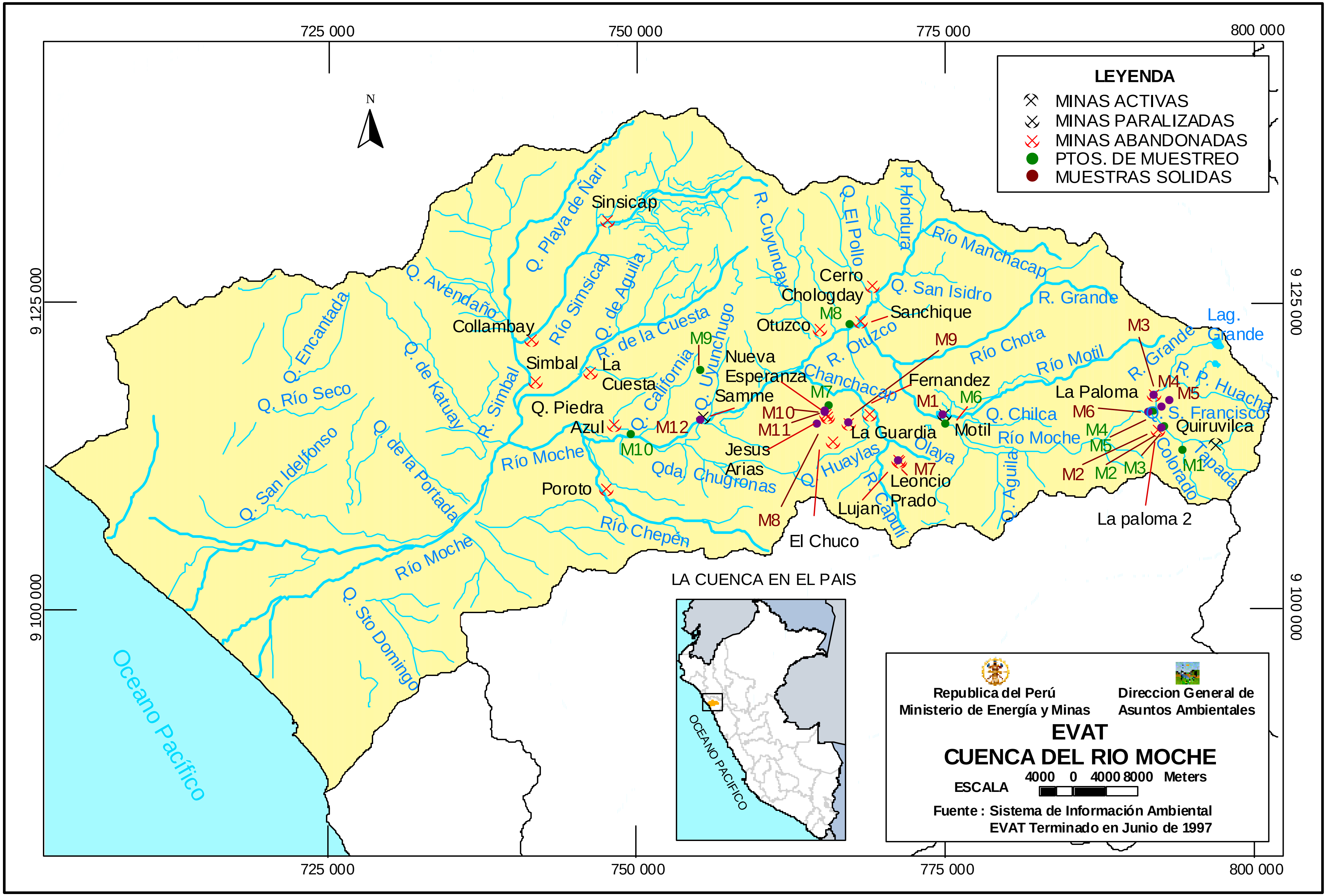
Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Como playas irregulares, generalmente menores a 600 micrones.	4
Cuarzo	En cristales angulosos menores a 300 micrones.	78
Feldespatos	Con formas subredondeadas.	5
Carbonatos	Como granos finos distribuídos en el material granular.	3
Arcillas	Como material muy fino.	8

MO-12: RELAVE EN BORDE DE MOCHE - SAMNE

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Como pequeñas inclusiones angulosas menores a 300 micrones.	8
Cuarzo	En cristales angulosos menores a 150 micrones.	17
Feldespatos	Como granos en procesos de alteración sericítica.	6
Arcillas	Como material muy fino de arcillas expandibles del tipo montmorillonita.	65
Carbonatos	Como grumos diseminados.	2

MO-13: DESMONTE DE CANTERA CALIZA " SIMBAL ".

Especie Mineral	Descripción	%
Pirita	Muy escasa y porosa en matriz de carbonatada también como inclusiones en cuarzo y silicatos.	3
Cuarzo	Diseminado en la matriz carbonatada.	7
Feldespatos	Como granos en proceso de alteración.	2
Oxidos de Hierro	Diseminado.	2
Arcillas	Producto de alteración de feldespatos.	2
Carbonatos	Masivo y cristalizado.	83



LEYENDA
MINAS ACTIVAS
MINAS PARALIZADAS
MINAS ABANDONADAS
PTOS. DE MUESTREO
MUESTRAS SOLIDAS
725 000
750 000
775 000
800 000
9 125 000
9 100 000
N
Oceano Pacífico
Q. Avendaño
Q. Playa de Ñari
Sinsicap
Río Simsicap
Q. de Aguila
R. de la Cuesta
Q. Uyunchugo
R. Cuyunday
Q. El Pollo
R Hondura
Río Manchacap
Q. San Isidro
R. Grande
Lag. Grande
Cerro
Chologday
Otuzco
Sanchique
R. Otuzco
Río Chota
Río Motil
Collambay
Simbal
La Cuesta
Q. Encantada
Q. Río Seco
Q. de Katuay
R. Simbal
Q. Piedra Azul
Q. California
Nueva Esperanza
Samme
Chanchacap
Fernandez
La Paloma
R. P. Huacha
Q. S. Francisco
Quiruvilca
Q. Chilca
Río Moche
Motil
La Guardia
Olaya
Jesus Arias
Qda. Chugrenas
Q. Huaylas
R. Capulí
Leoncio Prado
Lujan
El Chuco
Q. Aguila
Colorado
Tapada
La paloma 2
Q. San Idelfonso
Q. de la Portada
Río Moche
Poroto
Río Chepén
Q. Sto Domingo
M1
M2
M3
M4
M5
M6
M7
M8
M9
M10
M11
M12
LA CUENCA EN EL PAIS
OCEANO PACIFICO
Republica del Perú
Ministerio de Energía y Minas
Direccion General de Asuntos Ambientales
EVAT
CUENCA DEL RIO MOCHE
ESCALA
4000 0 4000 8000 Meters
Fuente : Sistema de Información Ambiental
EVAT Terminado en Junio de 1997

7. ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

7.1. ORIGEN DE LA CONTAMINACION INORGANICA

Definitivamente, la fuente primaria de contaminación inorgánica de las diversas cuencas de nuestro país son las distintas y variadas fases mineralógicas (minerales) presentes en las zonas de explotación minera. Estos minerales que forman parte tanto de lo extraído como de lo que aún permanece dentro de la mina, reaccionan inicialmente con el oxígeno del aire, formándose elementos disueltos que son transportados por las aguas de infiltración a la mina. A su vez, con la presencia de microorganismos, se producen reacciones secundarias que elevan el nivel oxidante de las soluciones (presencia de iones férricos), los cuales aceleran las reacciones de descomposición, que se ven favorecidas por un descenso paulatino de los valores de pH en las soluciones, al incrementar la capacidad de disolución en estas soluciones lixiviantes.

Es en este sentido que las menas polimetálicas son las que potencialmente ofrecen los mayores riesgos de contaminación por metales pesados a las aguas superficiales y subterráneas de las fuentes adyacentes a las zonas de explotación.

Finalmente, otros factores dignos de tomarlos en cuenta para explicar la intensidad de la contaminación inorgánica son la antigüedad de la explotación y nivel de accesos a las zonas mineralizadas, lo que aumenta significativamente la cantidad (carga) de contaminación inorgánica registrada.

7.2, INFLUENCIA DE LA MINERALOGIA EN LA CONTAMINACION INORGANICA DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE

Antigüedad de las operaciones de Quiruvilca

La mina Quiruvilca es una de las más antiguas del Perú, probablemente trabajada desde la época preincaica mediante pequeñas operaciones de exploración y explotación de minerales de plata y cobre. A partir del presente siglo, se inicia una explotación formal constituyéndose en 1921 la Northern Perú Mining and Smelting.

Hidrogeología de la mina

Quiruvilca es llamada mina húmeda, con significativos volúmenes de agua que circulan por sus labores y que provienen de la infiltración de las aguas de lluvia y de escorrentía, así como de aguas subterráneas presentes en la zona.

Un estudio preliminar de estas aguas demostró que la casi totalidad de ellas son ácidas, constituyéndose en adecuados medios lixiviantes para una disolución “in situ” de los minerales.

Mineralogía de Quiruvilca

Definitivamente, esta zona mineralizada es de tipo complejo, pudiendo describirse resumidamente de la siguiente manera:

- Zona de cobre, donde predominan minerales tales como enargita y pirita. Aparentemente, ésta es un área antigua de la mina, que todavía sigue siendo una fuente de producción, por la lixiviación “in situ” que allí se lleva a cabo.
- Zona Intermedia de Cobre, Plomo y Zinc, donde es posible encontrar minerales tales como pirita, enargita, tetraedrita (portadora de plata), galena y esfalerita.
- Zona de Plomo y Zinc, con la presencia de minerales tales como esfalerita, galena, arsenopirita, tetraedrita, pirita y jamesonita.
- Zona de Estibina, con la presencia de minerales tales como estibina y pirita.
- Zona de arsenopirita y oro.

Procesos metalúrgicos contaminantes

- **Proceso de lixiviación "in situ" en la mina Quiruvilca**: Este proceso aprovecha las características naturales de la explotación en mina, hidrogeología y zonas cupríferas para incrementar la recuperación de cobre vía lixiviación, donde no sólo se logra la disolución de cobre, sino también de otras impurezas que lo acompañan.

- **Proceso de flotación diferencial:** Este proceso permite recuperar los minerales de cobre, plomo y zinc, separadamente en 3 tipos de concentrados. Para lograr este objetivo, es necesario recurrir a etapas intensas de molienda y remolienda que aumentan significativamente la reactividad de los relaves piritosos, en tal forma que puede generar drenajes ácidos en los depósitos donde están acumulados desde hace mucho tiempo atrás.

7.3. CAPACIDAD NEUTRALIZANTE DE LA CUENCA

Los estudios previos y las recientes observaciones de campo indican que las reacciones geoquímicas para la generación de Drenaje Acido de Rocas (DAR) están ocurriendo en el río Moche y probablemente en algunos de sus tributarios. En general, esas reacciones consisten en la oxidación de minerales sulfurosos con el oxígeno del aire con la presencia de agua proveniente de precipitaciones, escorrentías e infiltraciones.

Las reacciones de oxidación generan ácidos, oxidan los minerales sulfurosos a sulfatos y liberan cualquier metal presente en la roca mineralizada (principalmente hierro y cobre, pero también metales en concentración reducida tales como arsénico, zinc, níquel y plomo). El ácido reacciona con neutralizadores naturales tales como bicarbonatos disueltos, rocas carbonáceas y hierro, algunas veces aluminio o silicatos de aluminio. Estas reacciones adicionales consumen tanto los ácidos como los neutralizadores, lo que resulta en incrementos en las concentraciones de sólidos disueltos, suspendidos y disminuciones en las concentraciones de metales disueltos.

En ausencias de migraciones rápidas de aguas subterráneas o como una fuente de bicarbonato (para el sistema neutralizante con bicarbonato), en condiciones donde el flujo de agua subterránea es relativamente rápido y hay contacto directo y reciente con la atmósfera. En aguas superficiales, las rocas de carbonato generalmente sólo son una fuente de bicarbonato. Los sistemas neutralizantes en base a hierro y aluminio son activos principalmente cuando los otros neutralizadores han sido consumidos (o no existen) y controlan generalmente el pH en el rango de 3 a 4.

La oxidación de los minerales sulfurosos y el consumo de neutralizantes a base de hierro, liberan iones inestables pero solubles de hierro (II). El hierro (II) es típicamente verdoso. Este hierro (II) es oxidado en aguas superficiales al más estable ion de hierro (III), que forma un oxi-hidróxido (FeOOH). La solubilidad del FeOOH es dependiente del pH. Con el incremento del pH, el Fe OOH se vuelve menos soluble.

En el río Moche, otra fuente potencial de hierro (II) es el efluente del proceso de cementación usado en la Unidad Minera Quiruvilca. El hierro (II) en este efluente se comportará de la misma manera descrita líneas arriba para el hierro resultante de la oxidación de minerales sulfurosos.

7.4. IDENTIFICACIÓN Y ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para facilitar la eficiencia de las actividades de muestreo y análisis se empleó métodos de análisis de campo y laboratorio. Los métodos de campo fueron usados para guiar los esfuerzos de muestreo en el campo durante las actividades de muestreo y para determinar las concentraciones de constituyentes con cierto grado de precisión y exactitud. Los métodos de

laboratorio fueron usados para confirmar los resultados de los datos de campo y también para la medición de los constituyentes que no pueden ser determinados usando métodos de campo.

Calidad de agua superficial

Los límites de la Ley General de Aguas , clase III son apropiados por el principal empleo de esta agua en la agricultura y porque ninguna de las muestras colectadas, como parte de este estudio, son efluentes directos de minas activas. Los efluentes de minas abandonadas no constituyen una descarga controlada. Para descargas controladas o controlables de minas activas, los límites apropiados para tomar como referencia son los límites máximos permisibles para efluentes.

Las muestras colectadas en el río Moche, aguas abajo de Quiruvilca y analizadas en laboratorio, indican en todas ellas la excedencia sobre los límites de pH y hierro. Los límites de contenido de plomo, también se excedieron en la mayor parte de las muestras. En las zonas altas de la cuenca, cerca de Quiruvilca, los límites de contenido de cobre, zinc y arsénico fueron también excedidos.

7.5. COMENTARIOS GENERALES

La contaminación inorgánica al río Moche tiene una especie de componente fijo y otro variable. El primero se relaciona con las cargas vertidas por efluentes y afluentes en condiciones normales. El aporte variable ocurre cuando se presentan precipitaciones en la zona y su ocurrencia está dada por la magnitud de las descargas “extras” y el tiempo que duran éstas.

Acerca de la coloración de las aguas en el río Moche, podemos comentar lo siguiente:

Las aguas del río cerca del puente Constancia, tienen un color gris verdoso; este color es debido a la presencia de altas concentraciones de hierro (II) que es un producto del proceso de cementación empleado actualmente en la Unidad Minera Quiruvilca. También es posible que parte del color turbio gris verdoso se deba a partículas en suspensión proveniente de pilas de relaves erosionados. Los relaves también contienen hierro (II)

Cerca de Quiruvilca el agua es de color gris-verdoso debido a la presencia de hierro (II) en el agua. Como el agua se mueve aguas abajo, el hierro (II) reacciona para formar hidroxióxidos de hierro (III), cambiando el color del río de gris verdoso a amarillo / naranja.

RESULTADO DEL POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACION DE 13 MUESTRAS SOLIDAS DE CUENCA DEL RIO MOCHE

Muestra	%S	PN	PA	PNN	PN/PA
Cancha de relaves Mótil	4.42	39.50	138.1	-98.6	0.286
Relaves cementerio Shorey	10.99	9.70	343.4	-333.7	0.283
Planta de Fundición La Paloma	4.91	5.60	153.4	147.8	0.0365
Mineal de cancha La Paloma	5.26	3.20	164.3	-161-1	0.0195
Bocamina principal La Paloma	9.06	7.40	283.1	-275.7	0.0261
Relave desbordado cerca de puente muro de contención Río Constancia	4.89	5.70	152.8	-147.1	0.0373
Mineral en bocamina Mache	4.10	12.70	128.1	-115.4	0.0991
Mineral en cancha Salpo (Nueva Esperanza)	5.79	3.90	180.9	-177	0.0216
Mineral de cancha La Guardia	4.41	9.00	137.8	-128.8	0.0653
Desmonte frente a Bocamina Esperanza	10.20	65.00	318.7	-253.7	0.204
Relave de Esperanza Salpo.	3.12	46.70	97.6	-50.9	0.44785
Relave en borde de Moche Samne	4.50	35.50	140.6	-105.1	0.2525
Desmonte de cantera Caliza Simbal.	2.12	733.90	66.2	+667.7	11.0861

RESULTADOS DEL ANALISIS ESPECTROGRAFICO SEMICUANTITATIVO DE 13

MUESTRAS SOLIDAS EN LA CUENCA DEL RIO MOCHE

Muestra	**E. Mayores**	**E. Menores**	**E. Trazas**	**Vestigios**
MO-01 Cancha de relaves Mótil	Si	Al Fe Ca Mg K	Ti Cu V Mn Zn Ag Pb Na	Sb As B Au
MO-02 Relaves cementerio de Shorey	Si Fe	---	Al Mg Na Az Ca V Ti Cu Ag K Pb Mn B	Bi Sb As Au
MO-03 Planta de Fundición La Paloma	Si Al	Fe Mg K	Ca V Cu Ti Pb Ag Na Zn Mn As Sb	B Au
MO-04 Mineral de cancha La Paloma.	Si	Al Fe K Zn	Pb Mg V Ca Na Cu B Ag Ti Mn As Sb	Au

RESULTADO DE ANALISIS ESPECTROGRAFICO SEMICUANTITATIVO DE 13

MUESTRAS SOLIDAS EN LA CUENCA DEL RIO MOCHE

Muestra	**E Mayores**	**E Menores**	**E. Trazas**	**Vestigios**
MO-05 Bocamina principal La Paloma	Si Fe	Al Pb K	Zn Mg Ca Ti Cu B Ag As Sb Mn	V Au
MO-06 Relave desbordado cerca de puente muro de contención río Constancia.	Si Fe	Al	Cu Mg Ca Ti Zn Ag K Pb As Na Mn Sb B	V Bi Au
MO-07 Mineral en bocamina Moche.	Si	Al Fe	-- Mg Zn Ca Pb Cu Ag Ti K Mn	V As Sb B Au
MO-08 Mineral en cancha Salpo (Nueva Esperanza)	Si	Fe	Al Cu Mg K Zn Ca Pb Ag Mn Ti Na	Au
MO- 09 Mineral en cancha. La Guardia	Si	Fe K	Mg Ca Cu Na Ag Ti Pb Mn	V Zn B Au
MO-10 Desmonte frente a bocamina Esperanza.	Si Fe	Mg Ca Al Mn	Cu Ti V Pb Ag Zn Na K B	Au

RESULTADO DEL ANALISIS ESPECTROGRAFICO SEMICUANTITATIVO DE 13

MUESTRAS SOLIDAS EN LA CUENCA DEL RIO MOCBE

Muestra	**E Mayores**	**E Menores**	**E. Trazas**	**Vestigios**
MO- 11 Relave de Esperanza Salpo	Si	Fe Al	Mg Ag V Ca Ti Cu Mn Pb Zn Na K B	Au
MO-12 Relave en borde Moche Samne	Si Fe	Al	Ca Cu V Ag Zn Ti Mn Pb	B Au
MO-13 Desmonte de cantera caliza Simbal.	Ca	Si Mg Fe Al	--- Na Cu Ti K Mn Pb	V Ag Zn Au

8. IMPACTOS AMBIENTALES EN LOS SUELOS

8.1. INTRODUCCIÓN

Los cambios ambientales, los cuales se presentan desde el inicio de la actividad humana, han llegado a constituir un reto para los círculos científicos y políticos. La sostenibilidad del ambiente humano y los sistemas mayores de producción requieren de la elaboración de métodos adecuados para la caracterización de los principales procesos ambientales adversos provocados y agravados por nuestras actividades de producción, así como, las recomendaciones de cómo combatir estos procesos, con la finalidad de eliminar o a menos mitigar el peligro que amenaza a la salud humana y al ambiente en donde se desarrolla el hombre.

Uno de los problemas ambientales, cuya extensión se incrementa aceleradamente en nuestro país, es la acidificación de las aguas de numerosas cuencas, donde se desarrolla la explotación minera, la cual amenaza a los recursos : suelo, flora, fauna y al hombre mismo; esto provoca a menudo, situaciones críticas agudas para la sostenibilidad de la biósfera.

El efecto ambiental de la explotación minera, sobre el suelo es directo, indirecto, negativo y acumulativo; debido a que el pH en las aguas, es sensible a muchas influencias ambientales, esta propiedad es un índice muy útil para medir su contaminación.

Los pH de las aguas naturales y las concentraciones de los microelementos y metales pesados varía considerablemente entre lugares y pueden cambiar abruptamente tanto periódicamente o en la día.

El pH ácido, afecta a la vida animal directamente, pero su mayor efecto es que éste incrementa la solubilidad de contaminantes tóxicos.

El agua con fines mineros, se emplea en el país fundamentalmente para el tratamiento de los minerales extracción, concentración, refinación y fundición.

El cosumo del agua con fines de explotación de minas en la cuenca del río Moche es de 681,000 m3/año.

8.2. ACIDIFICACIÓN DE LOS SUELOS

La acidificación y contaminación de las aguas para explotación minera puede originarse por a) Drenaje de minas subterráneas y superficiales b) Aguas de relaves y c) Agua de los procesos metalúrgicos; estas aguas al llegar a los cursos de agua natural, los contaminan y acidifican.

Se ha podido determinar valores de pH, en los diferentes puntos de muestreo de la cuenca del río Moche, que varían entre pH 2.5 (efluente de relave Quiruvilca 2) hasta pH 8.53 (Quebrada El Chorro). Asimismo, existe una correlación positiva inversa entre los valores de pH y concentración de sulfatos.

8.3. NIVELES DE MICRO-ELEMENTOS Y METALES PESADOS EN LOS SUELOS

El cuadro siguiente muestra los niveles estándar de algunos de los metales más comunes de los suelos

CANTIDADES TOTALES

Elemento metálico	Niveles ppm.
Manganeso	390 – 1065
Cobre	14.5 – 36.2
Níquel	16 – 40
Estroncio	24 – 300
Cromo	21 – 61
Plomo	14- 96

El plomo provoca una intoxicación progresiva en el hombre y animales; en el suelo en forma soluble, no debe extender 1 ppm.

El mercurio es tóxico para los organismos vivientes y actúa como un veneno acumulativo.

El cadmio, se le considera como uno de los elementos más tóxicos debido a que tiene una vida media larga y es acumulativo.

El cromo, es cancerígeno del pulmón y de la cavidad nasal.

La presencia de material orgánico en los suelos inhibe la toxicidad de estos elementos pesados, ya que con ellos forma quelatos que son insolubles.

8.4. EVALUACIÓN AMBIENTAL

El impacto potencial directo y negativo que sufren los suelos de los sectores que utilizan el agua del río Moche, para suplir sus necesidades de riego, es la acidificación de los suelos y sus aspectos colaterales físico – químicos.

Como se ha mencionado, condiciones de acidez extrema, causa una disponibilidad mayor de elementos tóxicos, tales como : aluminio, plomo, fierro, cromo, mercurio, arsénico, etc., los cuales pueden ser absorbidos por las plantas y luego podrían ser dañinos a la salud del hombre y animales.

Como impacto indirecto de esta acidificación, se tiene que a pH ácidos, disminuye la disponibilidad de algunos nutrientes mayores y secundarios para las plantas, como sucede con el fósforo; este elemento, en presencia de fierro y aluminio (presentes en forma abundante en suelos ácidos) es totalmente bloqueado en forma de quelato y no será disponible para la planta; es así como se presenta problemas de toxicidad y de deficiencia de los micro – elementos y de los macro – elementos, respectivamente.

9. MEDIDAS DE MITIGACION PARA LA CUENCA

9.1. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

El MEM y otros Organismos Públicos han establecidos Límites Máximos Permisibles (LMP) para la calidad de agua y descargas de efluentes para proyectos mineros. Los LMP de aguas Clase III son aplicables a este río, dado que las aguas superficiales en esta área no son usadas como fuente de agua de consumo, ya que ellas son usadas intensamente para irrigación.

Para minas inactivas y abandonadas, como por ejemplo las situadas cerca de Salpo, no hay control de los efluentes y las aguas pueden ser consideradas de ocurrencia natural. Por lo tanto, la Clase III y no los LMP de efluentes, son aplicables a estos casos. Los LMP de efluentes sólo se aplican donde los efluentes controlados o controlables de fuentes activas están descargando en un drenaje natural.

9.2. NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE AGUA

Parámetro	Unidad	Niveles Máximos Permisibles			
		Ley General de Aguas		Efluentes Líquidos Minero – Metalúrgico (d)	
		Clase I [(a)]	Clase III [(a)]	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	0.1	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	(e) 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 **	NMP/100 cm3	8.8	5000		
Coliformes Fecales **	NMP/100 cm3	0	1000		

Con un rápida implementación de las medidas de control de las fuentes en Quiruvilca, los objetivos de corto plazo deberían ser alcanzables dentro de 4 a 5 años. Esto permitirá un año par el diseño, 3 años para la construcción y un período para permitir estabilizar las condiciones.

9.3. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El balance químico discutido, sugiere que si la descarga de ácido de la mina es reducida a niveles debajo de la alcalinidad natural de las aguas superficiales (esto es debajo de 20,000 kg/día), entonces los mecanismos naturales de atenuación parecerían ser suficientes par alcanzar los objetivos de remediación. El sistema de neutralización en base a hierro del cauce no debería ser incluido como parte de la capacidad de consumo de ácido del río, debido a que

este sistema libera hierro dentro del agua, y el hierro es uno de los parámetros que más frecuentemente exceden los LMP.

Las descargas de ácido pueden ser controladas en Quiruvilca con la implementación de medidas tales como las siguientes:

Mejora de sistemas de drenaje para desviar la escorrentía de los materiales generadores de ácido tales como desmontes de rocas y relaves.

Reemplazar el proceso de cementación actualmente usado para recuperar cobre de aguas ácidas de mina. Otros procesos, tal como la extracción de solventes, debería ser implementado.

Colectar y tratar las descargas de ácido para alcanzar los LMP de efluentes del MEM y los estándares de calidad del agua de río.

Existen varias tecnologías de tratamiento que pueden permitir alcanzar estos estándares:

- Cerrar y/o rehabilitar facilidades mineras inactivas y abandonadas. Por ejemplo, muchas bocaminas que están actualmente abiertas, y las grandes pilas de relave debajo de Shorey (Depósito de Relaves San Felipe) deberían ser clausuradas y rehabilitadas. El cierre de las bocaminas debe incluir la instalación de tapones. El cierre de las pilas de relave debe incluir el tratamiento superficial para eliminar charcos de las crestas, desvío de aguas de escorrentía y drenaje alrededor de la pila, estabilizar taludes y superficies para eliminar erosión, coberturas (preferentemente con arcilla o una geomembrana), e instalar sistemas permanentes de drenaje superficial.

- Incrementar el almacenamiento de escorrentías y drenajes de minas para prevenir descargas durante los períodos de intensa lluvia.

- La excavación de relaves y sedimentos es lo más factible y de costo efectivo. La reubicación permanente del río es dificultosa, y es más costoso que excavar los sedimentos afectados. Canalizar el río, es también muy caro, considerando especialmente la dificultad de acarrear gran cantidad de material de construcción a este sitio alejado.

- Es importante que la limpieza del cauce se coordine con la eliminación de fuentes de relaves erosionados en el cauce. Si los sedimentos contaminados del cauce son excavados antes de la implementación de las medidas de control para evitar futura erosión de relaves, el cauce llegará a recontaminarse, y se requerirá una excavación adicional.

Los controles en el distrito minero de Salpo deberían incluir:

- Mejoras en el control de escorrentía par reducir la infiltración y prevenir flujo directo dentro de las labores mineras subterráneas. Las mejoras de los sistemas de escorrentía debería también desviar la escorrentía alrededor de las aberturas de minas intermitentemente activas, y alrededor de pilas de roca y pilas de almacenamiento.

- Rehabilitación de las áreas perturbadas y las pilas de desmonte mediante cubrimientos, instalando sistemas de drenaje para reducir la infiltración, y revegetación para prevenir erosión.

- Rehabilitar el área de las pilas de relave cerca de la ciudad.
- Taponeo de las bocaminas que estén actualmente descargando DAR.

9.4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- Excavación y limpieza del cauce y riberas del río Moche

El diseño básico para estabilizar el canal del río Moche es como sigue:

Remover 90% de los relaves de las márgenes y cauce.
Estabilizar los sedimentos excavados y relaves como parte de otras actividades de rehabilitación.
Restaurar el canal de río a condiciones estables en áreas claves, minimizando la erosión.

- Area de Salpo

Para el área de Salpo, hay muchas situaciones similares que requieren medidas de Ingeniería de control, y los controles de Ingeniería recomendables son claramente típicos. Por tal razón, los controles de Ingeniería para el área de Salpo son discutidos genéricamente por tipo de solución.

Pilas de desmonte de roca: Las bases de diseño para rehabilitación de áreas de desmonte de roca es como sigue:

Maximizar drenaje y escorrentía.
Graduar taludes para un factor de seguridad estática de 1.5, un seudo factor de seguridad estática de 1.1 y proveer una pérdida de erosión máxima de suelos de 4.5 toneladas métricas por hectárea por año.
Reducir infiltración en 95%.
Minimizar la erosión mediante controles de Ingeniería (zanjas, taludes adecuadas y vegetación).
Minimizar la cantidad de rocas de desmonte en canales de drenaje natural y ríos.

- Pilas de relaves en Salpo

La bases de diseño para la rehabilitación de las pilas de relaves es como sigue:

Eliminar charcos de agua sobre la superficie de relaves.
Maximizar drenaje de la superficie de relaves (esto es, minimizar infiltración).
Prevenir las escorrentías proveniente de áreas altas.
Desviar drenaje lejos de la mina subterránea cercana usando conductos de drenaje.

- Bocaminas

El diseño básico para el cierre de las bocaminas es como sigue:
El drenaje de las aberturas de minas subterráneas, deberá ser minimizado.
El taponeo de las aberturas de las minas subterráneas no deberán resultar en excesiva infiltración 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) Estar localizado en roca de buena calidad y proveer un buen sello entre el tapón y el túnel y 2) inyectar grouting en las fracturas de las rocas alrededor del tapón, de ser necesario.

- Antiguas Pilas de relaves dentro del cauce del río Moche en Samne

Las bases de diseño básico de la remediación de estas pilas de relaves es como sigue:

Estabilizar las pilas de relave contra los caudales de avenidas de 100 años del río Moche.
Minimizar charco de agua sobre las pilas de relave.

El diseño de medidas de remediación incluye la consolidación de una pequeña cantidad de relaves, por ejemplo desde el pie de la pila de relaves. Esta consolidación se incluye para

reducir la cantidad de relaves en el cauce y el área de pilas de relaves la cual necesita estar cubierta.

9.5. ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA IMPLEMENTAR MEDIDAS DE REMEDIACIÓN

Se han considerado solamente los costos que no serán efectuados por las compañías mineras privadas (en este caso actividades diferentes que las de Quiruvilca). Los costos requeridos para implementar las restantes medidas de remediación de la cuenca, serán responsabilidad de las compañías privadas.

Para estimar los costos de los Proyectos de Medidas de Remediación se ha empleado Costos Unitarios, los que han sido determinados a partir de Proyectos Similares desarrollados por CESEL S.A. o TRC ENVIRONMENTAL SOLUTIONS, INC.

9.6. EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Los trabajos de remediación descritos en la sección precedente para las minas abandonadas e inactivas han sido divididas en cuatro proyectos separados, incluyendo las actividades de monitoreo como uno de los proyectos.

Preparación y aprobación de un Plan de Trabajo detallado. El Plan de Trabajo deberá comprender; el alcance detallado de trabajo, Cronograma de Implementación y Costos de las actividades asociadas con el diseño detallado de cada proyecto. Para el Proyecto de Monitoreo, el Plan de Trabajo también incluirá un Plan de Muestreo y Análisis para asegurar la calidad y validez de la data colectada.

Priorización de los Proyectos Planteados

En primer lugar, es oportuno mencionar que la contaminación del lecho del río Moche con relaves es de responsabilidad de Nor Perú. El MEM debe comprobar que las medidas que esta Empresa plantea son efectivas para solucionar este problema.

Definitivamente, las Unidades de Quiruvilca y Shorey así como los apilamientos de relaves y desmonte pertenecientes a la Empresa Nor Perú S.A. contribuyen con más del 95% de la contaminación inorgánica de la cuenca. Por lo tanto, el eficiente cumplimiento del PAMA por parte de este empresa debe conducir a una reducción apreciable de la contaminación en el río.

PLAN DE MONITOREO

Punto de **Monitoreo**	**Ubicación**	**Constituyentes Parámetros (1), (2)**										
		pH	Caudal	Sulfatos	Hierro disuelto	Cobre disuelto	Plomo disuelto	Zin disuelto	Arsénico disuelto	Sólidos Susp. Tot.	Acidez	Alcalinidad
MO-3	Río Shorey (Cementerio)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
MO-7	Quebrada Blanca	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
MO-8	cerca de Chanchacap	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Abajo de confluencia con el río Otuzco	S	S	S	S	A	A	A	A	A	S	S
MO-11	Río Moche en Agallpampa.	S	S	S	S	A	A	A	A	A	S	S
MO-12	Río Moche abajo de la confluencia con el río Grande											

1) Con la excepción del caudal, todos los parámetros serán medidos usando métodos de Laboratorio.
2) S= Semi – anual, A = anual. Las mediciones anuales se efectuarán durante la estación húmeda (Febrero). El muestreo también se efectuará en agosto en los puntos con monitoreo semi – anual.

ACTIVIDADES DE REMEDIACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE

Ubicación	Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Sub- Total	Total (1)
1. Zona alta del río Moche.	- Excavación de Sedimentos - En áreas afectadas en río.	M3	40000		US$ 130.000	
	- Disposición de material excavado (en pilas protegidas).	M3	40000		US$ 120.000	
	- Restaurar el canal del río. (asumiendo 10% de longitud con reclasificación 1% con enrocado).	M	1000		US$ 17.000	
	Sub Total					US$ 267.000
2. Area de Salpo.						
2.1 Areas Disturbadas: Demolición de estructuras.	Rehabilitar áreas disturbadas.	C/u	10		US$ 10.000	
	- Restaurar taludes (áreas empinadas).	M3	33000		US$ 107.250	
	- Cubrimiento en Geosintéticos (1/4 de área).	M2	16375		US$ 123.304	
	- Cubrimiento con capa de suelo.	M2	65500		US$ 88.425	
	- Revegetación. Instalar sistemas de drenaje.	M	65500		US$ 16.375	
			1000		US$ 25.000	
	Sub total para áreas disturbadas					US$ 370.000
2.2. Bocaminas	- Taponeo de 10 bocaminas	C/u	10	US$ 30.000		
	- Efectuar rehabilitaciones en áreas de apertura y alrededor de piques verticales.	M2	10000	US$ 6.00		
	- Implementar caminos para drenaje.	M	2500	US$ 2.00		
	- Instalar sistemas de drenaje.	m	1000	US$ 25.00		
	Sub Total para bocaminas					US$ 390.00

ESTIMACION DE COSTOS

(Continuación)

Ubicación	Descripción de Actividades	Unidad	Cantidad	Sub –Total	Total (1)
2.3 Relaves	Rehabilitación de superficie de relaves.				
	- Restaurar taludes/áreas aplanadas	m3	10000	US$. 6,.500	
	- Cubrir con capas de suelo	m2	6300	US$. 8.,505	
	- Revegetar	m2	6300	US$. 1,.575	
	Instalar sistemas de drenaje enrocado)	m	700	US$. 17,500	
	Sub Total para relaves				US$ 34.000
	Sub Total para Salpo				US$ 794.000
3. Antiguos relaves en Samne	- Excavación de pie de taludes de pilas de relaves en el lecho del río.	m3	1000	US$. 600	
	Rehabilitar superficies de relaves				
	Restaurar taludes (áreas planas)	m3	6000	US$. 3,900	
	Cubrir con capas de suelo grave	m2	6000	US$. 8,100	
	Revegetar	m2	6000	US$. 1,500	
	Enrocar la ribera en lado de pila de relaves	m3	4500	US$105,750	
	Sub Total				US$ 120.000
	Total				US$ 1,181.000
	Gastos de Ingeniería	%	10%	US$.118,000	
	Aseguramiento de Calidad de Construcción.	%	15%	US$ 177,000	
	Gerenciamiento de la Construcción	%	10%	US$ 118,000	
	Monitoreo y Preparación de reportes.	%	4%	US$ 47,000	
	Contingencias.	%	25%	US$ 410,000	
					US$ 2,051.000

Lista de Proyectos de Remediación Ambiental

En la cuenca del Río Moche

Número del Proyecto	Descripción	Costo (US$) (2) (3)
1	Excavación y retiro de Sedimentos en zonas altas del río Moche.	451,000
2	Plan de cierre y rehabilitación en área minera de Salpo.	1,340,000
3	Estabilización y rehabilitación de Pilas de relaves en Samme.	213,000
4	Plan de Monitoreo (5 años)	47,000

(2) Los costos incluyen 35% para ingeniería, gerenciamiento y supervisión y adicionalmente 25% para cubrir contingencias.

(3) Los cuadros anteriores muestran mayor detalle.

PRIORIZACION DE PROYECTOS PLANTEADOS PARA LA CUENCA DEL RIO MOCHE

Número	Proyecto	Estimado de Capital (US$)	Contribución a la contaminación	Reducción de la contaminación con medidas	Prioridad
1	Limpieza del lecho del río Moche.	451,000 (1)	Bajo responsabilidad de Nor Perú (incluido en su PAMA)	----------	----------
2	Remediación de la zona minera de Salpo.	1,340,000	2 % a la carga de sulfato.	≈1%, pero no es significativo para la contaminación inorgánica del río.	2
3	Relaves antiguos de SAMNE.	203.000	No determinada de los sólidos erosionados. Peligro potencial de colapso.	Eliminar peligro de colapso y de arrastre no cuantificado de sólidos.	1

10. COMENTARIOS GENERALES

1. Un elevado porcentaje de contaminación inorgánica de la cuenca es causada por las operaciones de la mina Quiruvilca y Planta de Concentración de Shorey de la Empresa Nor Perú S.A. En este sentido, de un adecuado y efectivo cumplimiento del PAMA de esta compañía, dependerá, en gran magnitud, que se logre los objetivos y metas de reducción de contaminación de la cuenca.

2. La complejidad mineralógica y la antigüedad e intensidad de las operaciones en la Mina Quiruvilca juegan un papel fundamental en los niveles de contaminación de la cuenca. Asimismo, las características del procesamiento metalúrgico, principalmente por la fineza de las partículas minerales a las que es necesario llegar, ejercen un efecto negativo respecto a las propiedades químicas de los relaves frente a las reacciones de intemperismo en el tiempo, con una tendencia muy clara a generar drenaje ácidos más adelante.

3. El empleo de procesos contaminantes como el de cementación de cobre con chatarra de fierro para la recuperación de cobre a partir del agua de mina debe ser revisado exhaustivamente y conducir, tal como se menciona en el PAMA de Nor Perú, a su cambio por el de extracción por solventes – cristalización de sulfato de cobre.

4. Si bien la zona de las Plantas y Bocaminas de La Paloma no representan una fuente muy significativa de contaminación actuales, sería trascendente que se efectúe un seguimiento al arsénico metalizado en dicha área a fin de evaluar que tanto se ha esparcido este elemento tóxico, en qué concentraciones se encuentra y qué peligro potencial puede ofrecer para más adelante.

5. La zona minera de Salpo debe ser adecuadamente supervisada de modo que la explotación minera, a pequeña escala, que puedan realizarse en el futuro se efectúe con todos los procedimientos ambientales apropiados, evitando crear situaciones problemáticas para el futuro.

6. De una manera global se ha estimado un presupuesto de US$ 2’100.000 para las medidas de remediación diferentes de las correspondientes a la Unidad Minera Quiruvilca. Cabe señalar que en el PAMA de esta Compañía Minera se consiga un Presupuesto de Costos de Capital para medidas de Mitigación de US$ 11’375, 548, que es de alguna forma consistente con su elevada contribución a la contaminación ambiental en la cuenca del río Moche.

7. El beneficio principal que se puede conseguir con la implementación de las medidas de remediación propuestos en el presente estudio, en complementación a la adecuada implementación del PAMA de la Unidad Minera Quiruvilca, en un plazo de 5 años, consistiría en habilitar las aguas del río Moche a los estándares de calidad de Clase III, según la Ley General de Aguas, desde la confluencia con el río Otuzco hacia aguas abajo. Esto permitirá disponer de aguas con todos los requisitos necesarios para fines de riego en una extensión adicional de aproximadamente 40 km, respecto a la situación actual.