



MINISTERIO DE ENERGIA  
Y MINAS



DIRECCION GENERAL DE  
ASUNTOS AMBIENTALES

**EVALUACIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL  
GRUPO DE CUENCAS DE LA COSTA SUR:  
PALPA – NASCA - MARCONA  
ACARÍ – OCOÑA Y  
CERRO VERDE – YARABAMBA - PUQUINA**



Elaborada por:

Klohn Crippen – SVS S.A.  
Ingenieros Consultores

**ENERO 1998**

# INDICE

1. INTRODUCCION
  - 1.1. ANTECEDENTES
  - 1.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LAS CUENCAS
  - 1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO
  - 1.4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD
  - 2.1. MARCO GEOLOGICO
  - 2.2. HIDROGEOLOGÍA
  - 2.3. PELIGRO SISMICO
  - 2.4. GEOLOGIA ECONOMICA
  - 2.5. AREA DE ESTUDIO: CERRO VERDE – YARABAMBA – PUQUINA
3. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA
  - 3.1. REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE
  - 3.2. CLIMATOLOGIA
  - 3.3. RECURSOS HIDRICOS
4. ECOSISTEMA, FLORA Y FAUNA
  - 4.1. AREA DE ESTUDIO PALPA-NASCA-MARCONA
  - 4.2. AREA DE ESTUDIOS : ACARI-OCOÑA
  - 4.3. AREA DE ESTUDIOS: CERRO VERDE-YARABAMBA-PUQUINA
5. ACTIVIDAD MINERA Y DE BENEFICIO
  - 5.1. INTRODUCCIÓN
  - 5.2. MINERIA
  - 5.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO
  - 5.4. PROBLEMAS DEL AGUA
  - 5.5. ENERGIA
  - 5.6. ACTIVIDAD MINERA EN LA ZONA DE PALPA-NASCA-MARCONA
  - 5.7. ACTIVIDAD MINERA EN LA ZONA DE ACARÍ-OCOÑA
  - 5.8. ACTIVIDAD MINERA EN LA ZONA DE CERRO VERDE – YARABAMBA-PUQUINA
  - 5.9. TRABAJO DE CAMPO NASCA – PALPA
  - 5.10. TRABAJO DE CAMPO ICA-AYACUCHO-AREQUIPA
6. EVALUACION DE POSIBLES IMPACTOS
  - 6.1. OBJETIVOS Y DESCRIPCION DEL TRABAJO A REALIZAR
  - 6.2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
  - 6.3. PLAN DE TRABAJO DE CAMPO
  - 6.4. CALIDAD DEL AGUA
  - 6.5. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
7. MEDIDAS DE MITIGACION Y DE REHABILITACION
  - 7.1. MITIGACION
  - 7.2. PLAN DE CIERRE O ABANDONO PARA MINAS SUBTERRÁNEAS
  - 7.3. PLAN DE CIERRE O ABANDONO PARA DEPOSITOS DE RELAVES.
  - 7.4. MERCURIO
  - 7.5. REDUCCION DEL RIESGO DEBIDO AL USO DEL MERCURIO
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## **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 del Grupo de Cuencas de la Costa Sur, 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. La información más valiosa y reciente la constituyen los programas de monitoreo de las empresas formales de la zona (del EVAP o PAMA y EIA).

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

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

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

invalorable para un seguimiento posterior de lo que sería el programa de adecuación de las cuencas.

## **2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD**

### **AREA DE ESTUDIO: PALPA - NASCA - MARCONA, Y ACARI – OCOÑA**

#### **2.1. MARCO GEOLOGICO**

##### **Rasgos geomorfológicos**

Esta zona de estudio comprende las unidades morfoestructurales regionales identificadas de Suroeste a Noreste como:

- Cordillera de la Costa.
- Llanura Pre-andina.
- Cordillera Occidental, y
- Fajas de Conos Volcánicos

##### **?? Cordillera de la Costa**

La Cordillera de la Costa corre paralela al litoral, con elevaciones que varían entre los 900 y los 1,200 msnm, perdiendo continuidad entre Las Lomas (15.5° de latitud Sur) y Puerto Viejo (16° de latitud Sur). Esta unidad está constituida por rocas Precámbricas y Paleozoicas.

##### **?? Llanura Pre-andina**

La Llanura Pre-andina se ubica entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Occidental. Su límite meridional se ubica en el valle del río Yauca, mientras que el septentrional cae fuera de los límites del área de estudio. El límite oriental llega hasta los 1,500 msnm, en tanto que el límite occidental, ubicado entre las Lomas y Punta de Lobos, llega hasta el nivel del mar.

El ancho de esta unidad varía entre 15 y 50 km. Las rocas presentes son sedimentarias comprendidas entre el Jurásico y el Terciario, intrusivas del Cretáceo y el Terciario y depósitos de origen aluvial marino y eólico del Cuaternario.

##### **?? Cordillera Occidental**

La Cordillera Occidental ocupa la zona Noreste del área de estudio. Se caracteriza por su configuración irregular. Es posible diferenciar las siguientes subunidades geomorfológicas:

- Etribaciones andinas,
- Altas cumbres,
- Valles,
- Peneplanicie de Atico-Caravelí,
- Altiplanicies andinas, y
- Depresión de Parinacochas.

## UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

### Columna estratigráfica integrada del área de estudio.

EDAD		UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS.				
ERA	SISTEMA	SERIE	IDENTIFICACION	SIMBOLO	LITOLOGIA	
C E N O Z O I C O	Cuaternario	Holoceno	Depósito glacial, aluvial, eólico		Cantos rodados, gravas y arena	
		Pleistoceno	Volcánico Sara Sara Depósitos glaciales y marinos Formación Changuillo		Aglomerados, lavas y piroclásticos redepositados. Conglomerados pobremente cementados Areniscas tobáceas, lutitas tobáceas y diatomáceas y conclomerados.	
	Terciario	Plioceno Pleistoceno	Grupo Barroso		Lava andesítica y dacítica.	
		Plioceno	Formación Capillune Volcánica Senca Formación Millo		Limolitas, areniscas tobáceas y microconglomerados. Todas riocácicas, dacíticos Conglomerados.	
		Mioceno	Grupo Nasca (Formación Huaylillas)  Formación Alpabamba Formación Pisco		Conglomerado en la parte inferior y todas en la parte superior (tobas dacíticas y riolíticas) Tobas riolíticas Areniscas tobáceas, limolitas y lutitas diatomíticas y bentoníticas.	
		Oligoceno Mioceno	Grupo Tacaza  Formación Camaná		Areniscas tobáceas y lutitas en la parte inferior. Lavas andesíticas, riolíticas y dacitas, y tufos en la parte superior. Areniscas calcáreas, conglomerado y piroclásticos.	
		Eoceno Oligoceno	Formación Paracas Formación Para  Formación Huanca		Limolitas, lutitas y areniscas Arenisca tobáceas, lutitas, andesitas y tobas. Arenisca, brechas y conglomerado de color rojo.	
		Pale- Eoceno	Formación Caravelí		Conglomerado	
Paleoceno	Formación San José		Areniscas con limolitas de color rojo ladrillo en la base y areniscas, lutitas, limolitas, yeso, sal en el techo.			
M E S O Z O I C O	Cretáceo	Inferior	Formación Arcurquina (Portachuelo) Formación Copara  Formación Murco		Calizas gris a blanquecinas con areniscas calcáreas. Andesita intercalada con areniscas y calizas. Areniscas gris verdosa a marrón violáceo.	
			Grupo Yura	Fm. Hualhuani Fm. Yauca		Cuarcitas Areniscas, limolitas y andesitas
			Formación Guaneros (río Grande) Formación Yuncachaca (Socosani) Formación Monte Grande		Andesitas, lutitas, calizas  Andesitas intercalada con lutitas y areniscas verdosas Lutitas, areniscas, caliza con derrames andesítico.	
		Jurásico		Vol. Chocolate		Areniscas, conglomerados y brechas en la base y andesitas en la parte superior
	P A L E O	Pérmico Carbonífero	Pensyl.	Grupo Mitu Grupo Tarma	Cs.t	Arenisca gris rojizo. Limolias gris oscura, areniscas, lutitas pizarrosas
Pre- Ordov.		Missip.	Grupo Ambo  Formación Marcona (San Juan)	Ci-a	Areniscas gris oscuras y lutitas negras. Calizas silicificadas, marmoles, esquistos.	
Precámbrico			Complejo Basal de la Costa		Gneis, esquistos, filitas, cuarcitas, volcánicos metamofizados, granitos, etc.	

## GEOESTRUCTURAS

### Ciclos orogénicos y fases tectónicas

El relieve del área de estudio es el producto de varios ciclos orogénicos y diferentes fases tectónicas, que han tenido lugar desde el Precámbrico hasta el Cuaternario.

#### Columna de los ciclos orogénicos.

EDAD	ERA	PERIODO	CICLO	FASE
1.8 MA	C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	ANDINO	Fase Quechua 3: levantamiento, fallamiento y volcanismo.
		NEOGENO		Fase Quechua 2: Lev. Falla, volcanismo.
		PALEOGENO		Fase Quechua 1: Fallamiento, levantamiento y erosión (Puna), y volcanismo.
64	M E S O Z O I C O	CRETACEO		Fase Inca: Plegamiento, fallamiento, plutonismo y volcanismo (Batolito de la Cordillera de Costa)
				Fase Peruana: Plegamientos y fallamientos
		JURASICO		Fase Inter Albiana: Deformación
130		TRIASICO		Movimiento Nevadiano (Epirogenia); Levantamiento de bloques.
190			HERCINICO	Fase Finiherciniana: Deformación localizada.
265	PALEOZOICO			Fase Tardihercinica: Movimiento epirogénico con plegamiento y levantamiento.
				Fase Eohercínica: Plegamiento, fallamiento y metamorfismo.
			CALEDONICO	Fase Compresiva: Plutonismo en la Costa
570	PRECAMBRICO			Fase 1 Fase 2 Fase 3 Fase 4

## 2.2. HIDROGEOLOGÍA

Los recursos hidrogeológicos están relacionados con la porosidad y permeabilidad de los geomateriales. En el caso de las rocas, su porosidad y permeabilidad primaria son muy bajas; sin embargo, su capacidad para almacenar y transmitir agua depende de su grado de fracturamiento. En el caso de los depósitos de superficie, la porosidad y permeabilidad están asociadas a los espacios vacíos interconectados. Desde el punto de vista de aprovechamiento del agua subterránea, el mayor interés está en los depósitos aluviales que están rellenando los valles.

Los depósitos aluviales más potentes y de mayores extensiones están en la cuenca inferior del río Grande y en los conos de deyección de los ríos Acarí y Yauca, coincidentes con la unidad morfoestructural Depresión de Nasca. En las otras cuencas, los depósitos aluviales están limitados al fondo del valle, los cuales son angostos.

En la cuenca del río Grande, el agua subterránea se explota a gran escala con fines agrícolas y domésticos. En las otras cuencas el aprovechamiento de las aguas subterráneas es en pequeña escala, ya sea para fines agrícolas y/o tratamiento de minerales, tal como sucede en los valles de Chala, Cháparra y Caravelí. Los ríos Ocoña, Yauca y Acarí, descargan al mar incluso en época de sequía.

El acuífero del río Grande está formado por potentes depósitos del Terciario y Cuaternario, descansando sobre el basamento impermeable compuesto por rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas. El espesor máximo estimado del acuífero es 500 m.

La profundidad del nivel freático varía desde 1 a 35 m. La gradiente de la mesa de agua varía de 0.5 a 2 %, con dirección de Norte a Sur en el río Grande y Noreste a Suroeste en el río Nasca. El acuífero es intensamente explotado. Según los estudios hidrogeológicos, no existe posibilidad de incrementar la explotación.

### **2.3. PELIGRO SISMICO**

#### **?? Fuentes sismogénicas**

La actividad sísmica está relacionada con los principales accidentes tectónicos activos, siendo considerados en los estudios de peligro sísmico como fuentes sismogénicas. Los sitios de los proyectos están dentro de la incidencia de las fuentes sismogénicas asociadas a la zona de subducción y aquellas que están dentro de la placa de continental.

#### **?? Estimación de la aceleración en los sitios de los proyectos**

Según el plano de distribución de máximas intensidades, el área de estudio que involucra las cuencas desde el río Grande hasta el río Ocoña, comprende dos zonas que han sido afectadas por sismos con intensidades de VIII y IX en la escala de Mercalli Modificado; mientras que el área Cerro Verde – Yarabamba – Puquina está en la zona con intensidad de X.

Estudios de peligro sísmico regional han determinado que la ciudad de Arequipa podría estar afectada por una aceleración sísmica pico de 0.67g para un período de retorno de 100 años, en tanto que a la zona entre los ríos Grande y Ocoña corresponde un valor de 0.40g para un período de retorno de 50 años.

### **2.4. GEOLOGIA ECONOMICA**

El área de estudio se ubica en la Provincia Metalogénica Polimetálica de los Andes, asociada con el ciclo tectónico Andino y las rocas del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, Estudios regionales han dividido la provincia de varios segmentos, de los cuales los segmentos Centro y Sur – Cuyo límite está ubicado aproximadamente en la línea Puerto Lomas – Cangallo – se ubican dentro del área de estudio. El segmento Sur incluye la faja cuprífera Sur de la vertiente del Pacífico que se extiende a lo largo de la parte baja y media occidental de los Andes. Según el mapa metalogénico, el área de estudio abarca dos áreas metalogénicas identificadas como el área aurífera de Nasca – Ocoña y el área ferrosa Paracas – Chala.

Los yacimientos de la provincia son de filiación ígneo – hidrotermal, donde los yacimientos tienen minerales de cobre, plomo, zinc y plata en forma de sulfuros, y oro nativo. En el segmento central, que incluye la parte Norte del área de estudio, están presentes yacimientos de cobre y fierro en vetas, diseminaciones y skarns, asociados con las intrusiones del Batolito de la Costa. En el segmento Sur, la génesis y mineralización de los yacimientos varía de Suroeste a Noreste; en la Costa se caracteriza por la presencia de yacimientos filoneanos de cobre y oro emplazados en el Batolito de la Costa e identificados en el mapa metalogénico como área aurífera de Nasca – Ocoña, mientras que en la parte alta de la Cordillera Occidental están presentes yacimientos filoneanos y de reemplazamiento metasomático de cobre y plata.

## 2.5. AREA DE ESTUDIO: CERRO VERDE – YARABAMBA – PUQUINA

### ?? Marco geológico

#### - Rasgos Geomorfológicos

El área de estudio se ubica en las estribaciones Oeste de la Cordillera Occidental y al Sur de la Faja de Conos Volcánicos. Específicamente está en el flanco izquierdo del valle del río Chile y en el flanco derecho del río Tambo.

La morfología de la zona está modelada sobre rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas.

El drenaje en el área varía según la cuenca; así los tributarios del río Tambo drenan de Norte a Sur y más o menos paralelo, mientras que los tributarios del río Chili van de Sureste a Noroeste. La divisoria de aguas coincide con cerros bajos que llegan hasta 3,400 msnm.

#### - Unidades litoestratigráficas

El ámbito geológico está constituido por rocas sedimentarias, intrusivas y volcánicas, que en edad van desde el Jurásico al Cuaternario. Los depósitos Cuaternarios, de origen glaciar y aluvial, ocupan los fondos de las quebradas ubicadas en las partes altas.

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS DE TIEMPO			UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS				
ERA	SISTEMA	SERIE	NOMBRE	SIMBOLO	LITOLOGIA		
	CUATERNARIO	HOLOCENO	DEPOSITO ALUVIAL	Q-av	Bolones, cantos y grava con matriz arenosa.		
			DEPOSITO FLUVIO-GLACIAL	Q-fg	Gravas arenosas		
			DEPOSITOS DE FLUJO DE BARROS	Q-fl	Fragmentos de todas con matriz arenotobácea		
	TERCIARIO	SUPERIOR	PLEISTOCENO	GRUPO BARROSO VOLCANICO BARROSO	TQ-vba	Tobas traquítica y andesítica.	
				VOLCANICO CHILA	TQ-vchi	Andesita, traquiandesitas y conglomerados de color gris oscuro.	
			VOLCANICO SENCA	Tp-vse	Tobas riolíticas y dacíticas de color blanco amarillento a rosado.		
		MEDIO	VOLCANICO TACAZA	Tms-vta	Miembro inferior Areniscas y conglomerados en matriz areno tobácea. Miembro superior: Tobas riolítica y dacítica.		
			CRETACEO	SUPERIOR	VOLCANICO TOQUEPALA	KT-vto	Andesita color violáceo, riolita gris clara y brechas de flujo de color verde.
				INFERIOR	GRUPO YURA	GRAMADAL	Ki-gra
	LABRA	Ki-la	Cuarcitas, Areniscas Cuarzosas y lutitas.				
	JURASICO	SUPERIOR MEDIO	CACHIOS		Js-ca	Lutitas negras	
	INFERIOR	PUENTE	Js-pu	Areniscas cuarzosas y lutitas carbonosas intercaladas con volcánicos			
			FORMACION SOCOSANI	Jim-so	Lutita intercaladas con areniscas en la base y calizas en la parte superior.		
VOLCANICO CHOCOLATE		Ji-vcho	Andesita gris a marrón oscuro.				

## ?? **Geoestructura**

En el área han conjugado varios eventos tectónicos, tales como el fallamiento y plegamiento de las rocas Mesozoicas por el ciclo tectónico andino, intrusión del Batolito de la Costa y actividad volcánica del Cuaternario.

El ciclo andino se manifiesta por los pliegues de tipo sinclinal y anticlinal, cuyos ejes corren con dirección de Noroeste a Sureste. Estas estructuras se han formado en rocas sedimentarias del Jurásico y Cretáceo.

Las fallas principales, de carácter regional, está disturbando a las rocas sedimentarias que afloran al Sur de Puquina y Yarabamba. La dirección de estas estructuras es de Noroeste a Sureste.

## ?? **Peligro sísmico.**

El peligro sísmico se ha tratado en el estudio de las Cuencas de río Grande a río Ocoña. El área de estudio Yarabamba – Puquina está dentro de la influencia de dos fuentes sismogénicas, la de Subducción y la de Arequipa.

## ?? **Geología económica**

El área de estudio está en el extremo norte de la faja cuprífera meridional y su mineralización está relacionada con los intrusivos de Cretáceo al Terciario. La mineralización está representada principalmente por minerales de cobre, cuyos depósitos más importantes son del tipo cobre porfirítico, siendo el más importante el de Cerro Verde.

La mayor concentración de las minas está principalmente dentro de la formación Labra (Grupo Yura), cuya litología comprende cuarcitas, lutitas y areniscas. Los yacimientos están distribuidos en una faja, ubicada al sur del eje Yarabamba a Puquina, cuya orientación sigue el patrón estructural de los Andes, es decir están orientados de Sureste a Noroeste. En esta faja está la mina Chapi.

La Mina Chapi tiene la mineralización en mantos de hasta 6.00 m de espesor y su mena consiste de minerales oxidados de cobre representados por atacamita, malaquita y crisocola; a mayor profundidad está presente chalcopirita diseminada, chalcocita y algo de pirita.

### **3. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA**

#### **3.1. INFORMES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA**

Se ha logrado revisar y extraer información de los siguientes estudios:

- ?? Diagnóstico de la calidad del agua de la vertiente del Pacífico”, publicado por el INRENA en base monitoreos efectuados entre los años 1983-1988, durante los estudios de inventarios de cuencas de la costa. Presenta valiosa información de calidad de aguas para uso humano, agricultura y vida acuática en los ríos Grande, Acarí, Yauca, Caravelí y Ocoña. Según los resultados de los monitoreos efectuados, se evidencia la contaminación debido a efluentes de procesos mineros en las cuencas altas.
- ?? “Monitoreo de calidad del agua del río Acarí”, efectuado por el Instituto de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería en 1996. Los resultados confirman la contaminación con metales pesados en las aguas del río Acari (Arequipa) debido a la pequeña y mediana minería instalada en la cuenca.
- ?? PAMA’s de las minas de Marcona de Shoungang Co. (Ica) y Cerro Verde (Arequipa), elaborados en los años 1995, 1996.

#### **3.2. CLIMATOLOGIA**

##### **?? Precipitación pluvial**

De acuerdo a la información existente la precipitación pluvial en la cuenca del río Grande varía desde escasos milímetros anuales (3.8 mm en promedio), en la Costa per-árida y desértica próxima al mar, hasta alrededor de 500 mm anuales, en el Sector de Puna situado por encima de los 4,000 msnm. Se ha apreciado, además que las lluvias tienden a replegarse hacia zonas más altas por el lado Sureste de la cuenca, es decir, en el sector andino que corresponde a los ríos Nasca, Taruga y Las Trancas, en donde se observa que la aridez se adentra y gana altitud; en cambio, hacia el lado Norte y Noreste, es decir, en el sector andino que corresponde a los ríos Ingenio, Palpa, Grande y Santa Cruz, las lluvias ocurren desde niveles altitudinales relativamente bajos, tornándose inclusive algo más intensas.

El área menos lluviosa de la cuenca (5,730 km<sup>2</sup>) está comprendida entre el litoral marino y el nivel altitudinal que oscila entre 2,000 msnm por el sector nor-occidental de la cuenca y 2,500 msnm por el sector sur-oriental. Los promedios anuales registrados en el corto período de operación en las estaciones ubicadas en este sector son 2.4 mm en San Javier, 5.1 mm en Palpa, 5.8 mm en Majoro, 1.9 mm en Copara y 83.7 mm en Otoa. Estos datos determinan, para todo el sector de Costa, un promedio de 19.5 mm anuales de lluvia.

Encima del área descrita y hasta el nivel altitudinal que oscila entre 3,000 msnm por el Noroeste de la cuenca y 3,200 msnm por el Sureste, se distingue otro sector (1,900 km<sup>2</sup>) donde las lluvias son un tanto más abundantes y frecuentes.

En el sector superior (630 km<sup>2</sup>), comprendido entre el área que se acaba de describir y el nivel altitudinal que oscila de 3,400 m. por el Noroeste a 3,600 metros por el Sureste de la cuenca, la precipitación pluvial aumenta, variando entre 250 y 300 mm, según se trate del nivel más bajo o del más alto del área.

En el siguiente sector (990 km<sup>2</sup>), comprendido entre el área descrita y la cota altitudinal que oscila entre 3,800 msnm por el Noroeste de la cuenca y 4,000 msnm por el Sureste, se aprecia que la precipitación pluvial ha aumentado notablemente, conforme a los registros de la estación de Laramarca (3,403 msnm) que arrojan un promedio anual de 430 milímetros.

Finalmente, sobre el sector anteriormente descrito y hasta aproximadamente los 4,500 msnm, se tiene el área (1,500 km<sup>2</sup>) de las mayores precipitaciones pluviales que se registran en la cuenca. Dentro de este sector, la estación de Pampa Galeras (4,050 msnm) arroja un promedio anual de

476.4 mm. Este dato completado con las observaciones ecológicas de campo, señala un promedio estimado de 500 mm para toda el área, variando entre 400 y 600 mm, de acuerdo con el nivel más bajo o más alto.

## ?? **Temperatura**

La temperatura es el elemento más ligado, en variaciones, al factor altitudinal. En la cuenca del río Grande, ha podido apreciarse que varía desde el tipo semi-cálido (21.3°C), en el valle agrícola de Costa, al tipo frígido (4°C), en el nivel altitudinal correspondiente al páramo sub-alpino, quedando comprendidas entre estos dos límites otras variaciones que caracterizan térmicamente a cada uno de los pisos altitudinales de la cuenca.

### **3.3. RECURSOS HIDRICOS**

#### ?? **Hidrografía**

La cuenca del río Grande tiene forma sui géneris. Presenta, en el sector occidental y en línea recta, una longitud de 153 km y, en el sector central, de aproximadamente 98 km. La cuenca ocupa una extensión aproximada de 10,750 km<sup>2</sup>, de la cual 4,485 km<sup>2</sup> situados por encima de los 2,500 msnm, corresponden a la cuenca húmeda o imbrífera.

El sistema hidrográfico del río Grande nace únicamente a base de las precipitaciones que ocurren en las montañas de la parte alta de la cuenca y que dan origen inicialmente a cursos de agua de característica intermitente, es decir, que acarrear agua solamente durante la estación de lluvias que corresponde a los meses de Enero-Abril. Estos cursos de agua iniciales originan posteriormente 10 ríos, uno de los cuales es el propio del río Grande. Estos ríos, enumerados del lado occidental al oriental de la cuenca, son los siguientes: Santa Cruz, Grande, Palpa, Vizcas, Ingenio, Aja, Tierras Blancas dan origen al río Nasca, el cual, después de recibir los ríos Pajonal o Taruga y Trancas descarga sus aguas al río Grande, al igual que los otros ya mencionados.

#### ?? **Recursos hídricos superficiales**

Existen dos factores predominantes que condicionan el bajo rendimiento de la cuenca del sistema hidrográfico del río Grande y que limitan consecuentemente la posibilidad de desarrollo de la actividad agrícola en la zona. Uno de ellos es la escasa precipitación que recibe su cuenca receptora, y el otro, la característica morfológica tan peculiar de su red hidrográfica compuesta de una serie de pequeñas corrientes paralelas de gran curso. Este tipo de morfología de la cuenca da lugar a que el escurrimiento superficial ocurra en forma dispersa, produciendo, por lo tanto fuertes pérdidas por infiltración. Ello permite comprender la razón por la cual una cuenca imbrífera tan amplia, 4,485 km<sup>2</sup>, pueda mantener la agricultura, y esto en una forma precaria, tan sólo de una extensión de 12,920 Ha.

Las fuentes de agua utilizadas por los valles pertenecientes al sistema del río Grande son el escurrimiento superficial aportado por los tributarios del sistema y el recurso del subsuelo extraído por bombeo.

La primera fuente contribuye con, aproximadamente, el 80% del volumen total utilizado, lo que está indicando el grado de dependencia con que se desenvuelve la agricultura de la zona con respecto a las variaciones naturales del régimen de descarga de los ríos.

El recurso del subsuelo, por ser de naturaleza más estable, podría proporcionar una cierta seguridad a la agricultura de estos valles, pero lamentablemente es muy pobre.

#### ?? **Recursos hídricos subterráneos**

El río Grande es uno de los más secos e irregulares de la vertiente Pacífica, condición que se refleja en el elevado número de pozos dedicados a la explotación del agua subterránea con fines agrícolas.

Los pozos del valle de Santa Cruz trabajan durante 8 meses al año las 24 horas del día y su bombeo anual es de 3.5 millones de m<sup>3</sup>. En el valle del río Grande, los pozos, trabajan 18 horas por día; en la parte superior, son operados entre 2 y 8 meses al año y, en la parte inferior, de 3 a 5 meses, fluctuando el bombeo total anual entre 1 y 4 millones de m<sup>3</sup>. En los valles de Palpa y Vizcas, los pozos trabajan de 4 a 6 meses al año; en la parte superior del valle de Palpa, ellos son operados 4 horas por día y, en la parte inferior, de 8 a 10 horas por día, siendo el bombeo total anual de cerca de 4 millones de m<sup>3</sup>.

## ?? **Calidad de las aguas en la cuenca del río Grande y área de Marcona**

En la zona de intercuenca entre los ríos Grande y Acarí se ubican las actividades mineras de la Cía. Shougang Hierro Perú S.A. (Marcona), la cual utiliza para consumo industrial y poblacional los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la Qda. Jahuay, los cuales no sufren contaminación alguna hasta su conducción y uso en la mina.

La contaminación atmosférica y del cuerpo receptor de los vertimientos de la mina (medio ambiente marino) ha sido cuantificada durante el PAMA de Shougang Hierro Perú S.A. efectuado por SGS S.A., debiendo continuarse con el respectivo programa de monitoreo para comprobar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas.

A continuación se presenta una breve evaluación de los resultados del monitoreo.

Excepto el río Grande y su afluente el río Ingenio que tienen caudales todo el año, el resto de los afluentes sólo traen agua en el período Enero – Marzo.

Las concentraciones de oxígeno disuelto varían entre 1.9 a 13 ppm. Con predominio de 4 ppm, siendo el valor deseable mayor a 3 ppm.

La salinidad de las aguas se sitúa entre media y alta, con concentraciones de 90 ppm hasta 1,500 ppm excepcionalmente para las aguas superficiales y mayores de 2,000 ppm para las aguas subterráneas.

El pH se sitúa entre 7.2 a 8.5, estando dentro del rango normal.

Las concentraciones de químicos provenientes de fertilizantes y pesticidas son altas debido a la actividad agrícola de la zona.

El cadmio y el plomo se encuentran en concentraciones que superan el límite máximo permisible, atribuyéndose este hecho a la actividad minera en la cuenca.

Desde un punto de vista general, las aguas de la cuenca del río Grande son utilizables para riego, pero con limitaciones, debido a su salinidad; son aptas para consumo humano previo tratamiento y son regulares a malas para soportar la vida acuática.

Los asentos mineros ubicados en la cuenca media y alta tienen fuerte incidencia en la mala calidad del agua, ya que el contenido de los metales que descargan supera con exceso los límites permisibles. A ello se suma el reducido o nulo caudal en época de estiaje que aumenta las concentraciones, por lo que las actividades humanas están seriamente comprometidas.

## **4. ECOSISTEMA, FLORA Y FAUNA**

### **4.1. AREA DE ESTUDIO PALPA-NASCA-MARCONA**

#### **ECOSISTEMAS**

En términos del sistema de clasificación de Ecorregiones (Brack, 1988) la zona de influencia minera de las Cuencas de los ríos Palpa y Nasca abarca las siguientes Ecorregiones: Ecorregión del Desierto de Pacífico (de 0 a 1 800 msnm), Ecorregión de serranía Esteparia (de 1 800 a 3 800 msnm) y Ecorregión de Puna (sobre los 3 800 m de altitud).

De acuerdo al Mapa Ecológico (ONERN, 1976) las Zonas de Vida del área de influencia son:

#### **?? Desierto Desecado – Subtropical (DD-S)**

Corresponde a las planicies y partes bajas de los valles costeros, desde el nivel del mar hasta 1,800 metros de altura. El relieve topográfico es plano y ligeramente ondulado, variando a abrupto en los cerros aislados.

En esta Zona de Vida no existe vegetación o es muy escasa. Potencialmente, en la mayoría de las tierras de esta zona, eriazas, es posible mediante riego, llevar a acabo o fijar una agricultura de carácter permanente y económicamente productiva.

#### **?? Desierto Desecado – Montano Bajo Subtropical (DD-MBS)**

Se distribuye desde el nivel del mar hasta cerca de 2,500 metros de altitud. Ocupa áreas dispersas en los contrafuertes andinos. Se ubica en la provincia de humedad: Desecado. El relieve varía desde plano hasta ligeramente ondulado, propio de las elevadas de la región costera Sur, hasta accidentado o abrupto, en las pendientes escarpadas de las laderas, de la vertiente occidental de los Andes.

Es una Zona de Vida con muy escasa vegetación.

#### **?? Desierto Superárido – Subtropical (DP-S)**

Geográficamente se distribuye cubriendo la porción baja árida de los andes occidentales, desde prácticamente el nivel del mar hasta 900 m de altitud.

Su conformación topográfica varía desde suave plana hasta colinada, propia de las planicies de la llanura costera, hasta muy accidentado, característico de las laderas. La vegetación es más abundante que en los desiertos superáridos, observándose manchales de “algarrobo”, “bichayo”, “zapote”, “charamusque”, “mostaza”, entre las más importantes.

#### **?? Desierto Perárido – Montano Bajo Subtropical (DP-MBS)**

Ocupa la porción inferior e intermedia del flanco occidental andino, entre los 2,000 y 2,400 msnm; siendo su configuración topográfica predominantemente occidentada, con pendientes pronunciadas que sobrepasan el 70%, alternando con algunas áreas de topografía más suave.

#### **?? Matorral Desértico – Montano Bajo Subtropical (MD-MBS)**

Ocupa partes de la porción media del flanco occidental andino, entre los 2,000 y 2,900 m de altitud. Su relieve va de quebrado a abrupto, siendo muy escasas las áreas onduladas o suaves. La vegetación es escasa y de tipo xerofítico.

A lo largo de los cursos de agua, el monte ribereño está compuesto por el “sauce”, “chilca” y “pájaro bobo” .

?? **Estepa Espinosa – Montano Bajo Subtropical (EE – MBS)**

Esta zona se distribuye en la porción media de las vertientes occidentales y en ciertos valles interandinos, entre 2,000 y 3,100 msnm. Su relieve topográfico es predominantemente empinado, ya que ocupa las laderas y las paredes de los valles interandinos.

Las especies vegetales indicadoras de esta zona son: la “tuna”, “chamana” y el “molle”, en los lugares un poco más abrigados. Entre las gramíneas destacan los géneros *Stipa*, *Melica*, *Adropogon*, *Eragrostis* y *Penisetum*.

?? **Estepa – Montano Subtropical (E – MS)**

Altitudinalmente ocupa de 2,800 hasta cerca de los 4,000 msnm con un relieve topográfico predominantemente empinado con escasas áreas suaves. La vegetación natural está dominada por la familia de las gramíneas, entre las que destacan los géneros *Poa*, *Stipa*, *Festuca*, *Calamagrostis* y *Eragrosti*.

?? **Páramo Húmedo – Subalpino Subtropical (PH – SAS)**

Se circunscribe a la región altoandina sobre los 4,000 m de altitud. Su configuración topográfica está caracterizada por laderas inclinadas así como por áreas colinadas y suaves. La vegetación natural está constituida predominantemente por manojos dispersos de gramíneas que llevan el nombre de “ichu”, conformando los pajonales de puna. Entre las plantas de carácter leñoso destacan el “quinhual” y especies de *Gynoxis*.

?? **Matorral Desértico – Templado Cálido (MD-TC)**

Es una faja costera muy accidentada, con pampas, tablazos, colinas, acantilados y cerros. El clima de esta zona depende directamente de la Corriente Peruana de aguas frías, que conforma un manto neblinoso que al condensarse, precipita, humecta el suelo y favorece el crecimiento de una vegetación efímera, periódica, que es conocida con el nombre de lomas.

**FLORA**

La flora de la zona de influencia en Palpa y Nazca, según Ferreyra (1988), ONERN (1976), ONERN (1985), aproximadamente es la siguiente:

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Leguminosae	Prosopis juliflora	"Algarrobo"
Leguminosae	Acacia macracantha	"huarango"
Zygophyllaceae	Bulnesia retamo	"calato"
Salicaceae	Salix humboldtiana	"sauce"
Anacardiaceae	Schinus molle	"molle"
Gramineae	Arundo donax	"carrizo"
Gramineae	Distichis spicata	"grama salada"
Boraginaceae	Heliotropium sp.	"cola de alacrán"
Cataceae	Cereus candelaris	"cactus"
Bromeliaceae	Puya sp.	"achupalla"
Gramineae	Gynerium sagitatum	"caña brava"
Compuestas	Tessaria integrifolia	"pájaro bobo"
Compuestas	Baccharis sp.	"chilca"
Cactaceae	Opuntia subata	"anjojishja" o "caruacasha"
	Pectis sp.	"charanusque"
Cactaceae	Cereus macrostibas	"cactus gigante"
Brassicaceae	Brassica campestris	"mostaza"
Compuestas	Franseria fruticosa	"fraseria"
Betulaceae	Alnus jorullensis	"aliso"
Bromeliaceae	Tillandsia sp.	"tilandsia" o "epífita"
Gramineae	Poa spp.	"paja" o "ichú"
Gramineae	Stipa spp.	"paja"
Gramineae	Festuca spp	"paja"
Gramineae	Festuca scirpifolia	
Gramineae	Calamagrostis rígida	
Gramineae	C. Intermedia	
Gramineae	C. breviaristata.	
Gramineae	Stipa depauperata	
Gramineae	S. ichu	
Gramineae	S. inconspicua	
Gramineae	Bromus frigidus	
Gramineae	Poa gimnantha	
Compuesta	Chuquiraga sp.	
Compuesta	Senecio spp.	
	Tetraglochin sp.	
Compuesta	Baccharis spp.	
	Ephedra sp.	
Rosaceae	Polylepis sp.	"quinual"
	Gynoxis oleifolius	
Cactaceae	Equinocactus sp.	
Cactaceae	Opuntia flocosa	
Cactaceae	O. lagopus	
	Lepidophyllum	"tola" o "taya"
	Quadrangulare	
	Azorella yarita	"yareta"

## FAUNA

La fauna de Marcona, Palpa y Nasca se lista en referencia a las Ecorregiones. Son numerosas especies, siendo las más representativas, las siguientes:

### ?? **Ecorregión Del Mar Frío De La Corriente Peruana**

- Mamíferos: gato marino (*Lutra felina*), lobo chusco (*Otaria flavecens*), lobo fino (*Arctocephalus australis*), delfín (*Delphinus delphis*), ballenilla (*Globicephala melaena*), cachalote (*Physeter catodon*).
- Aves : guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), piquero (*Sula variegata*), pelícano (*Pelecanus thagus*), pingüino (*Spheniscus humboldti*), gaviotas (*Larus spp.*).
- Peces : Más de 300 especies destacando la anchoveta (*Engraulis ringens*), atún (*Thunnus alalunga*), bonito (*Sarda sarda*), etc.
- Moluscos.
- Crustáceos.

### ?? **Ecorregión Del Desierto Del Pacífico**

- Mamíferos: Carachupa (*Marmosa elegans*), zorro (*Dusicyon culpaeus*), zorrillo (*Conepatus rex*), guanaco (*Lama guanicoe*), etc,
- Aves: Perdiz (*Notoprocta sp.*), cernícalo (*Falco sparverius*), palomas (*Zenaida spp.*), picaflores (diversos géneros), paseriformes diversos, etc.
- Reptiles: ofidios (serpientes), saurios (lagartijas)
- Anfibios: sólo Bufo spinolosus (sapo común).

### ?? **Ecorregión De La Serranía Esteparia**

- Mamíferos : roedores (*Phyllotis spp.*, *Akodon spp.*, *Lagidium peruanum*), zorro (*Dusicyon culpaeus*), zorrillo (*Conepatus rex*), guanaco (*Lama guanicoe*).
- Aves: Perdices, palomas, loros, picaflores, paseriformes.
- Reptiles: culebras y víboras.
- Anfibios: sapos.

### ?? **Ecorregión De Puna**

- Mamíferos: zorros, zorrillos, pumas (*Felis concolor*). Vicuña (*Vicugna vicugna*), venado (*Hippocamelus antisensis*), llama (*Lama glama*), alpaca (*Lama pacos*).
- Aves: Perdices (*Tinamidae*), patos (*Anatidae*), Cernícalos, halcones, gavilanes, cóndores (*Falconiformes*), palomas (*Columbiformes*), picaflores (*Apodiformes*), paseres en general (*Passeriformes*).
- Reptiles: Culebras y lagartijas
- Anfibios: sapos.

## 4.2. AREA DE ESTUDIOS : ACARI-OCOÑA

### ECOSISTEMAS

En términos del sistema de clasificación de Ecorregiones (Brack, 1988) la zona de influencia minera de las Cuencas de los ríos Acarí, Yauca y Ocoña abarcan las siguientes Ecorregiones: Ecorregión del Desierto de Pacífico (de 0 a 1800 msnm), Ecorregión de Serranía Esteparia (de 1800 a 3800 msnm) y Ecorregión de Puna (sobre los 3,800 m de altitud). Las cuencas de las quebradas Chala, Cháparra, Caravelí y del río Atico, sólo abarcan las dos primeras Ecorregiones.

#### RIO ACARI

##### ?? **Desierto Perárido – Templado Cálido (dp-tc)**

Corresponde a la franja latitudinal templada cálida, desde casi el nivel del mar hasta 2400 msnm.

La vegetación es escasa y se circunscribe a hierbas anuales de vida efímera, dominando las gramíneas, así como arbustos, subarbustos y cactáceas.

##### ?? **Matorral Desértico – Templado Cálido (md-tc)**

Corresponde a las “lomas” de la costa sur, entre los 500 y 1000 msnm.

- Desierto desecado - subtropical (ds-S)
- Desierto perárido – subtropical (dp-S)
- Desierto perárido – montano bajo subtropical (dp-MBS):
- Matorral desértico – montano bajo subtropical (md-MBS).

##### ?? **Matorral Desértico – Montano Subtropical (md-ms)**

Se distribuye entre los 3000 y 3500 m de altitud con una configuración topográfica predominantemente abrupta basándose en laderas de marcada inclinación (70%).

##### ?? **Bosque Húmedo – Montano Subtropical (bh-ms)**

Se distribuye en la región cordillerana, entre 2800 y 3800 msnm. El relieve de esta zona es predominantemente empinado ya que conforma el borde o parte superior de las laderas que enmarcan a los valles interandinos.

##### ?? **Páramo muy Húmedo – Subalpino Subtropical (pmh-sas)**

Ocupa los Andes entre los 3900 y 4500 msnm. La configuración topográfica está definida por áreas bastante extensas, suaves y ligeramente onduladas o colinadas.

#### RIO YAUCA

##### ?? **Desierto Arido – Montano Subtropical (da-ms)**

Ocupa pequeñas extensiones entre los 2600 y 3400 m.s.n.m., correspondiendo a las partes altas de las Cuencas de los ríos Yauca, Cháparra, Atico, Caravelí y Ocoña.

#### RIO CHÁPARRA

##### ?? **Desierto Perárido – Montano Subtropical (dp-ms)**

Geográficamente este desierto se localiza en la cuenca del río Cháparra. Su relieve topográfico es predominantemente accidentado con laderas o declives mayores de 60%.

## FLORA

La flora de la zona de influencia minera en Acarí, Yauca, Chala, Cháparra, Caravelí, Atico y Ocoña, según Ferreyra (1988), ONERN (1976), ONERN (1985), es la siguiente:

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Salicaceae	Salix humboldtiana	"sauce"
Anacardiaceae	Schinus molle	"molle"
Gramineae	Arundo donax	"carrizo"
Gramineae	Distichis spicata	"grama salada"
Boraginaceae	Heliotropium sp.	"cola de alacrán"
Cataceae	Cereus candelaris	"cactus"
Bromeliaceae	Puya sp.	"achupalla"
Gramineae	Gynerium sagittatum	"caña brava"
Compuestas	Tessaria integrifolia	"pájaro bobo"
Compositae	Baccharis sp.	"chilca"
Cactaceae	Opuntia subata	"anjojishja" o "caruacasha"
	Pectis sp.	"charanusque"
Cactaceae	Cereus macrostibas	"cactus gigante"
Brassicaceae	Brassica campestris	"mostaza"
Compuestas	Franseria fruticosa	"fraseria"
Betulaceae	Alnus jorullensis	"aliso"
Bromliaceae	Tillandsia sp.	"tilandsia" o "pífita"
Gramineae	Poa spp.	"paja" o "ichu"
Gramineae	Stipa spp.	"paja"
Gramineae	Festuca spp.	"paja"
Gramineae	Festuca scirpifolia	
Gramineae	Calamagrostis rígida	
Gramineae	C. intermedia	
Gramineae	C. breviaristata.	
Gramineae	Stipa depauperata	
Gramineae	S. ichu	
Gramineae	S. inconspicua	
Gramineae	Bromus frigidus	
Gramineae	Poa gimnantha	
Compuesta	Chuquiraga sp.	
Compuesta	Senecio spp.	
Compuesta	Tetraglochin sp.	
Compuesta	Baccharis spp.	
	Ephedra sp.	
Rosaceae	Polylepis sp.	"quinual"
	Gynoxis oleifolius	
Cactaceae	Equinocactus sp.	
Cactaceae	Opuntia flocosa	
Cactaceae	O. lagopus	
	Lepidophyllum	"tola" o "taya"
	Quadrangulare	
	Azorella spp.	"yareta"
	Escalonia sp.	"chachacomo"
	Podocarpus sp.	"romerillo", "intimpa"
	Oreopanax sp.	
	Berberis sp.	
	Sambucus sp.	"Sauco"
	Cassia sp.	"mutuy"
	Astragalus sp.	"garbancillo"
	Werneris sp.	"cola de cóndor"
	Senecio spp.	"huananripa"
	Calandrina sp.	
	Nototriche stenopelata	
	Hypochoeris spp.	
	Liabum sp.	
	Plantago spp.	
	Lucilia tunariensis	
	Pycnophyllum sp.	
	Distichis muscoides	"distichia"

## **FAUNA**

### ?? **Ecorregión del Desierto del Pacífico**

- Mamíferos : Carachupa (*Marmosa elegans*), zorro (*Dusicyon culpaeus*), zorrillo (*Conepatus rex*), guanaco (*Lama guanicoe*), etc.
- Aves : Perdiz (*Notoprocta sp.*) cernícalo (*Falco sparverius*), palomas (*Zenaida spp.*), picaflores (diversos géneros), paseriformes diversos, etc.
- Reptiles : ofidios (serpientes), saurios (lagartijas).
- Anfibios: sólo Bufo spinolosus (sapo común).

### ?? **Ecorregión de la Serranía Esteparia**

- Mamíferos: roedores (*Phyllotis spp.*, *Akodon spp.*, *Lagidium peruanum*), zorro (*Dusicyon culpaeus*), zorrillo (*Conepatus rex*), guanaco (*Lama guanicoe*).
- Aves: perdices, palomas, loros, picaflores, paseriformes.
- Reptiles: culebras y víboras.
- Anfibios: sapos.

### ?? **Ecorregión de Puna**

- Mamíferos : zorros, zorrillos, pumas (*Felis concolor*), vicuña (*Vicugna vicugna*), venado (*Hippocamelus antisensis*), llama (*Lama glama*), alpaca (*Lama pacos*).
- Aves: Perdices (*Tinamidae*), patos (*Anatidae*), Cernícalos, halcones, gavilanes, cóndores (*Falconiformes*), palomas (*Columbiformes*), picaflores (*Apodiformes*), paseres en general (*Passeriformes*).
- Reptiles: Culebras y lagartijas
- Anfibios : sapos

## **4.3. AREA DE ESTUDIOS: CERRO VERDE-YARABAMBA-PUQUINA**

### **ECOSISTEMAS**

De acuerdo al Mapa Ecológico (ONERN, 1976) las Zonas de Vida del área de influencia son:

### ?? **En Cerro Verde Y Yarabamba**

- Desierto Perárido – Montano Bajo Subtropical (dp-MBS): (sólo en Cerro Verde).
- Matorral Desértico – Montano Bajo Subtropical (md-MBS):
- Matorral Desértico – Montano Subtropical (md-MS)

### **FAUNA**

La fauna está representada fundamentalmente por:

- Mamíferos: Carachupa (*Marmosa elegans*), zorro (*Dusicyon culpaeus*), zorrillo (*Conepatus rex*), roedores (*Phyllotis spp.*, *Akodon spp.*).

- Aves: Perdiz (*Notoprocta* sp.), cernícalo (*Falco sparverius*) palomas (*Zenaida* spp), picadlores (diversos géneros), passeriformes diversos, etc.
- Reptiles: ofidios (serpientes), saurios (lagartijas).
- Anfibios: sólo *Bufo spinulosus* (sapo común).

## **5. ACTIVIDAD MINERA Y DE BENEFICIO**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

La actividad minera que se desarrolla en la zona costera de los departamentos de Ica, Arequipa y Ayacucho; consiste en mayor parte en la explotación de oro por métodos artesanales y convencionales. Existen también actividades mineras formales de hierro y cobre, pero están centralizadas en empresas de gran envergadura.

El estudio tiene mayor incidencia en la explotación de oro, considerando que se realiza en forma diseminada a lo largo de los departamentos de Ica, Arequipa y Ayacucho; utilizando métodos artesanales (quimbaletes) y convencionales (carbón en pulpa).

### **5.2. MINERIA**

La minería artesanal se caracteriza por ser intensiva en mano de obra y emplear mínima cantidad de equipo, desarrollando filones o vetas de espesor reducido y alta ley. Las vetas generalmente tienen de 1 y 10 cm., y leyes que varían de 1 a 80 Oz/MT de oro. El desarrollo de las vetas se debe a que el oro se encuentra en rocas estériles o con contenidos muy bajos de oro.

El minero extrae selectivamente (circado) el filón, obviando la etapa de concentración que normalmente prosigue a la etapa de minado, reduciendo considerablemente el costo de procesamiento.

El método de circado (minado selectivo) consta de perforación, voladura y extracción de la roca que se encuentra debajo de la veta (en caso de las vetas manteadas) y extracción de la roca del lado adyacente (en caso de las vetas verticales).

La perforación, disparo y extracción de la roca caja de encima de la veta (roca techo) se hace para conservar la accesibilidad y continuar el avance. La disposición del desmonte se hace en el exterior de la labor, cuando es de poca profundidad, o se acumula en el interior cuando es profunda y/o se requiere reforzar el sostenimiento.

El minero artesanal obtiene un producto con alrededor de 1.6 gr/lata pues prefiere extraer algo de la caja de dejar material valioso en ella. El filón es extraído con un pico, con mucho cuidado y sin explosivos, colocando el mineral sobre una manta.

Se puede afirmar que la minería informal dista de ser una operación simple y rudimentaria, por el contrario, constituye una de las pocas técnicas eficientes para la explotación de este tipo de yacimientos. Esta técnica es susceptible de ser mejorada con asesoría profesional adecuada.

### **5.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO**

El tratamiento del mineral empieza con el "pallaqueo", que consiste en seleccionar manualmente el material con mayor ley antes de ser procesado o comercializado, aumentando las ganancias por la calidad del material y la reducción en el costo de transporte y procesamiento. El pallaqueo es conveniente en desmonte fresco proveniente de minas que extraen gran cantidad de desmonte al exterior por estar altamente mecanizadas.

#### **?? Quimbalete (amalgamación)**

Si el mineral extraído es de alta ley (más de 2 gramos por lata), éste es chancado y procesado directamente en los quimbaletes a un ritmo promedio de una lata por cada 30 minutos, e incluso un tiempo mayor si la ley es alta.

Cuando la ley es considerada baja se muele en molinos de bolas discontinuos, de 200 a 400 kg (7 a 15 latas) de capacidad y accionados por motores independientes o acoplados al eje de tracción de tractores agrícolas. La molienda se hace por lo general en seco, pero no con el propósito de ahorrar agua, sino para facilitar su descarga y manipuleo, y especialmente para evitar que parte

del mineral se puede quedar pegado a las paredes y bolas del molino, pues el mismo molino es usado por diferentes mineros el mismo día.

La recuperación y calidad del oro, y la recuperación del mercurio es mucho mayor en el procesamiento directo que con el procesamiento previo en la molienda. La diferencia es más notoria cuando los minerales contienen minerales oxidados de cobre y sales solubles.

### ?? **Descripción del Equipo**

El quimbaleta es una suerte de mortero de gran tamaño. Está compuesto por una piedra cincelada a pulso para darle una forma ligeramente ovalada en su base, que permita un movimiento de vaivén con un mínimo esfuerzo. Las dimensiones del mortero son generalmente 70 cm. por 35 cm. de sección y 50 cm de alto, y en la parte superior del mismo se fija un tablón horizontal para sostener al operador.

La base del quimbaleta o mesa es una roca plana en su parte superior, que ha sido tallada también a pulso. Utilizando cemento y rocas se construye una pared perimétrica para formar la taza del quimbaleta. Un tubo empotrado en la parte inferior de la pared frontal permitirá la descarga controlada de la pulpa al final de la operación.

El costo de construcción de un quimbaleta es de aproximadamente 300 dólares, sin incluir el transporte de las piedras al lugar de destino.

### ?? **Pérdida de Mercurio**

Durante la amalgamación se pierde de 20 a 400 g de mercurio por lata de mineral, con un promedio de 65 g/lata, lo que equivale a 2.2 kg/TM o 0.22%. Esta cantidad de mercurio perdido va a parar a los relaves de los quimbaletes.

La pérdida de mercurio durante la amalgamación ocurre por las siguientes razones:

- Contenido de pirita en el mineral.
- Contenido de minerales oxidados de cobre y sales solubles.
- Cantidad y calidad de agua.
- Cantidad de lamas.
- pH y Eh de la pulpa
- Calidad de mercurio empleado
- Adición o presencia de agentes químicos
- Tiempo de contacto.

La mayoría de los factores mencionados no son tomados en cuenta por los mineros o son desconocidos para ellos, no teniendo ningún cuidado en tratar de controlarlos.

### ?? **Ventajas del Método**

El proceso del quimbaleta basa su éxito en el hecho que el mercurio líquido engulle a metales libres como el oro y la plata (también el cobre cuando está presente). La gran densidad de la amalgama (mayor que 15) y la del propio mercurio (13.6) permite que los mismos se sienten al fondo del quimbaleta u otro recipiente y puedan separarse del resto del mineral que permanece inalterable en la pulpa.

La utilización del quimbaleta es ventajoso para los mineros informales por las siguientes razones:

- Procesamiento de inmediato y cerca a las labores mineras, acelerando la rotación del dinero y ahorrando en transporte.
- Posibilidad de trabajar pequeñas cantidades de mineral, no siendo necesario acumular mineral como es solicitado por los traders.

- Posibilidad de trabajar minerales con leyes bajas sin ningún problema.

## ?? **Comparación con el Método Convencional**

Para obtener un kilogramo de oro por el método del quimbaleta se emplea 18 m<sup>3</sup> de agua, mientras que para obtener un kilogramo por el método convencional se emplea 300 m<sup>3</sup>. Este ahorro de agua permite que se desarrolle la agricultura, donde sea posible, en forma paralela; ya que se está reduciendo en gran medida el consumo de agua que podría afectar a las labores agrícolas.

Al igual que permite un considerable ahorro de agua, también ahorra petróleo, pues para producir un gramo de oro se necesita 0.31 galones de petróleo, mientras que por el método convencional se necesita 2.37 galones.

Se estima que la producción de oro de la actividad minera informal en Ica y Arequipa es de 9 TM anuales.

## ?? **Cianuración**

La utilización del cianuro para la extracción del oro se practica en tres maneras. Cianuración en tanques, la más utilizada, y cianuración por percolación directa y peletización-percolación que son menos utilizadas. Los tres sistemas recuperan el oro con carbón activado.

## ?? **Percolación**

La cianuración por percolación, aplicada directamente al mineral, no se practica a nivel artesanal, aunque ha habido varios intentos para implementar el método. El inconveniente que se presentó fue que el mineral utilizado era de muy alta ley y de granulometría gruesa, no pudiéndose obtener muy buenos resultados.

Otros aspectos, como seguridad y manejo adecuado del cianuro para evitar la intoxicación y envenenamiento, requieren de entrenamiento por personal calificado.

## ?? **Tanques**

El otro sistema de cianuración utilizando tanques y carbón activado es bastante utilizado para el procesamiento de los relaves de quimbaletes. Estas plantas tienen alimentación manual, sistema discontinuo, simplicidad y capacidad reducida, alcanzando como máximo 100 TM/día.

## ?? **Peletización y percolación**

Este proceso no está muy difundido pese a que ofrece algunas ventajas sobre el proceso de CIP. Las ventajas son las siguientes:

- Mucho menor costo de inversión y operación.
- Mucho menor requerimiento de energía.
- Menor consumo de agua, carbón y cianuro.
- Posibilidad de obtener el oro directamente.
- Menor costo de mantenimiento.
- Mayor simplicidad y menor supervisión.
- Menor contaminación.

## ?? **Procesamiento convencional (CIP)**

El procesamiento directo del mineral aurífero en una planta de cianuración es la práctica común en la minería formal o tradicional. La aplicación generalizada de este método sería una alternativa ambiental para eliminar el riesgo de contaminación por mercurio, y aunque introduce el uso de otro contaminante como el cianuro, éste es biodegradable y por lo tanto mucho menos peligroso que el mercurio.

La utilización de este método permitirá instalar las plantas en las áreas eriazas que hay en la cercanía de las minas, participando los mineros y los propietarios de los denuncios.

#### ?? **Procesamientos convencional de relaves de quimbaletes**

Los relaves del tratamiento del mineral en quimbaletes contienen cantidades importantes de oro que sólo pueden ser recuperados mediante el sistema de cianuración.

La ley de los relaves oscila entre 0.4 y 0.8 oz/TM.

Como es de esperarse, el relave del quimbaleta contiene cantidades considerables de mercurio, que son vertidas en los relaves de las plantas de cianuración. El mercurio es una potencial fuentes de contaminación que requiere de un manejo adecuado para minimizar sus efectos.

#### **5.4. PROBLEMAS DEL AGUA**

La zona se caracteriza por la falta de agua, muy seco y árido. La disponibilidad de agua no sólo limita la calidad de vida de la población minera y sus familiares, sino que seriamente las posibilidades de crecimiento económico de esta actividad y el control del impacto ambiental que ella implique. El agua se considera un recurso escaso y caro que la minería debe usar racionalmente.

#### **5.5. ENERGIA**

La mayoría de empresas mineras pequeñas y medianas formales generan la energía que requieren utilizando grupos térmicos a petróleo.

La energía eléctrica significa el 30.5% del costo que se tiene en la minería tradicional, mientras que en la minería artesanal sólo significa el 0.2%, o 3.9% si se considera el tratamiento de relaves.

#### **5.6. ACTIVIDAD MINERA EN LA ZONA DE PALPA-NASCA-MARCONA**

El área esta delimitada por las intercuenas hidrográficas y por la incidencia de las actividades mineras. Las principales intercuenas que se encuentran en el área de estudio están conformadas por los ríos Grande, Tibillo, Nasca e Ingenio, los cuales son estacionales y se caracterizan por su aridez y su limitada vegetación.

Los depósitos de Palpa y Nasca se caracterizan por ser vetas de moderada inclinación, emplazadas en rocas volcánicas o sedimentarias metamorfizadas, la mayor parte de ellas relacionadas a tonalitas de la super unidad Tiabaya.

El impacto de la minería es producido por las plantas de tratamiento, ya sea por el método artesanal o convencional, ya que en éstas existen descargas (relaves) que contienen elementos y/o compuestos tóxicos (Hg, CN, etc.).

La extracción del mineral no tiene ningún impacto, ya que la acumulación de desmonte fuera de las labores trabajadas es mínima.

La actividad minera artesanal tiene como principal contaminante al mercurio (Hg), que es descargado al ambiente en forma gaseosa en el refogado, y en forma líquida y sólidos (compuestos) en los relaves. La utilización del mercurio por los mineros artesanales se hace de una manera descuidada debido a la falta de conocimiento que tienen sobre los problemas que pueden ocasionarse ellos mismos, y a la calidad de agua y suelos.

Las principales plantas que se encuentran es esta zona son:

Nombre de la Empresa	Nombre de la planta	Distrito	Provincia
Cía. Mra. Palpa S.A.	Planta de Beneficio	Llipata	Palpa
Cía Mra. Paraíso S.C.R.L.	Paraíso N° 2	El Ingeniero	Palpa
Cía Mra. Zorro Plateado S.A.	Llipata	Llipata	Palpa
COMINDUS S.A.	El Inka	Vista Alegre	Nasca
Pantac Robles, José	San José	Nasca	Nasca
Proyectos Mineros del Perú	Diana	Río Grande	Palpa
Abarca Soto, Martha L.	Procesadora Tulín	El Ingeniero	Nasca

En esta zona, además de las plantas de tratamiento para la obtención del oro, opera la empresa Shougang Hierro Perú S.A.(m), la cual es una actividad a gran escala que extrae y procesa minerales de hierro.

### ?? **Compañía Minera Palpa (EIA)**

La planta de la Compañía Minera Palpa se encuentra en el paraje de Chillo, distrito de Llipata, provincia de Palpa, departamento de Ica, en un área aproximada de 9 Ha.

La capacidad instalada y de operación es de 25 TM/día. El sistema de tratamiento que utiliza la planta es el de cianuración de relaves y adsorción con carbón activado.

La instalación de la planta surge por la necesidad de lograr mayor recuperación del oro de minerales previamente tratados por amalgamación por los mineros artesanales. La planta cuenta con una cancha de relaves, un grupo térmico, un laboratorio y campamentos.

En el Estudio de Impacto Ambiental que la empresa presentó al Ministerio de Energía y Minas (MEM) se presentó los resultados de los análisis de agua del río Grande y agua subterránea. Los resultados son los siguientes:

Pto. Evaluado	Flujo (m3/sg)	pH	Cond. Us/cm	CN Mg/L	Cu Mg/L	Pb Mg/L	Fe Mg/L	Zn Mg/L
Río Grande	10.0	7.7	2900	N.D.	N.D.	0.075	0.21	0.07
Agua Subterránea	0.2	7.8	980	N.D.	0.01	0.141	0.32	0.11
LMP		5-9	---	0.005	0.50	0.100	---	25.00

Considerando los resultados obtenidos podemos afirmar que no existe ningún exceso en las concentraciones de los parámetros evaluados, salvo ligeramente en el plomo del agua.

### ?? **Características de la relavera**

#### - **Impacto**

El único impacto que produce la actividad minera es la producción de relaves con contenido de CN y Hg con una humedad de 10%.

El relave es apisonado y cubierto con material cuaternario para evitar la erosión eólica una vez que se seque.

### ?? **Sistema de tratamiento**

La planta tratará minerales oxidados con valores de oro y plata por el método el cianuración en capas delgadas de 1.40 m.

La cianuración se realizará en tres pads de 200 TM c/u, durando el proceso 30 días. LA capacidad de tratamiento será de 20 TM/día.

## ?? **Residuos sólidos**

La base de las canchas será impermeabilizada y tendrán un muro de contención. La capacidad de almacenamiento será de 72,000 TM, que a un ritmo de 20 TM/día de relaves, la cancha podrá estar operativa durante 10 años.

## ?? **Suministro de agua**

El agua será transportada por tanques cisterna desde el río Palpa, recorriendo aproximadamente 15 km. El consumo de agua será de 70% en la planta y 30% uso doméstico.

## ?? **Impactos**

El poblado de Llipata se encuentra a 2 km., de la planta, teniendo sus 220 habitantes como actividad principal la minería informal y en menor magnitud la ganadería y agricultura. La planta está lo suficientemente alejada como para que pueda causar algún efecto sobre este poblado.

En la planta no se generarán descargas industriales ni domésticas. El sistema de tratamiento que se utiliza no genera descargas y las aguas servidas serán controladas con silos ubicados alejados del campamento.

En la zona no hay labores subterráneas ni problemas de subsidencia.

## ?? **Mitigación y control**

- Control permanente de la estabilidad del terreno.
- Educación y concientización de los trabajadores en políticas ambientales.
- Creación de una oficina de Asuntos Ambientales.
- Se llevará a cabo un plan de monitoreo de efluentes líquidos y cursos de agua.
- Se controlará el saneamiento y conservación del ambiente.

## **COMPAÑÍA MINERA SHOUGANG HIERRO PERU, MINA MARCONA**

### ?? **Minería**

La actividad minera se desarrolla en el distrito de Marcona, provincia de Nasca, departamento de Ica. Comprende la bahía de San Nicolás, San Juan y el área de Marcona ocupada por la mina, a 14 km., de litoral.

La explotación es a cielo abierto.

Los principales minerales de hierro son: Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ).

El método de explotación utilizado es a cielo abierto y lo realizan a través de un ciclo de minado, que se encuentra conformado por un grupo de operaciones que van desde la extracción del hierro hasta la puesta en la planta de beneficio de San Nicolás.

### **DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES**

El mineral es transportado de la mina a 2 plantas que tienen las secciones de chancado primario y secundario para entregar un producto de 80% menor de 2" de diámetro. Seguidamente, el mineral es trasladado por medio de 8 fajas transportadoras, una a continuación de la otra, totalizando un recorrido de 15.4 km. de longitud para descender 800 m y con una capacidad de 2000 TLS/h; hasta llegar a su planta de tratamiento ubicada en el mar, donde será acumulado en canchas de crudo como material oxidado, cuarcita y mineral primario de hierro.

Después del chancado primario y secundario, y antes de ser transportado por faja a la planta, se realiza el proceso de separación en seco (Dry Cobbing) mediante dos poleas magnéticas de 800

gaus cada una, obteniéndose un material de mayor ley y desechando el desmonte. Este sistema mejora la ley de hierro, separando de los de baja ley generados por los disparos.

En la planta de tratamiento se realiza el chancado terciario, separación magnética, molienda secundaria, separación magnética final, clasificación por tamaños, flotación, peletización, transferencia y embarque de productos finales.

El 33% del mineral tratado en planta es separado como relave, que se encuentra constituido por pirita principalmente, calcopirita, algo de hematita, magnetitas y gran porción de ganga silicosa acompañada de óxido de calcio, magnesio, sodio y potasio; siendo estos relaves evacuados al mar en el área de San Juanito.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS**

### **?? Material en stock**

Se origina una gran polvareda principal en dos zonas: (1) Traslado de mina a las áreas de crudo; (2) el área de stock de mineral.

### **?? Planta de chancado**

Las plantas de zarandas originan polvo en grandes cantidades que es transportado por los vientos "Paracas".

### **?? Planta magnética**

Siempre contamina con gases, vapores, humedad y polvos.

### **?? Planta de finos y bentonita**

Existe presencia de gases de aceite quemado, alta humedad, polvo, calor.

### **?? Planta de pelets**

Existe generación de polvos, gases.

### **?? Otros impactos**

- El agua de consumo proveniente del distrito de Jahuay, se puede decir que es buena, sólo el pH llega a 9.5.
- Emisiones líquidas vertidas en mina (TSS), se encuentran por encima de LMP.
- Las emisiones de planta (incluyendo relaves) (TSS), se encuentran por encima de los LMP.  
En las descargas líquidas y pulpas que van al mar provenientes de la planta de beneficio unidas a descargas de los talleres y servicios domésticos, los sólidos totales son el mayor impacto; como sólidos suspendidos, disueltos o sedimentables. También se puede mencionar las grasas, aceites, hidrocarburos, reactivos de flotación, metales pesados, sulfatos.

### **?? Mitigación**

Como plan de mitigación se puede mencionar:

- Disposición de relaves en tierra (2 años).
- Mitigación de polvos en operación (4 años).

### **?? Minero - metalúrgicas**

- Mejoramiento de la Central Térmica (3 años).

- Hidrocarburos y control ambiental (4 años).
- Tratamiento de efluentes domésticos (4 años).
- Abandono de disposición en el mar (3 años).

## 5.7. ACTIVIDAD MINERA EN LA ZONA DE ACARÍ-OCOÑA

El área de estudio se encuentra en las provincias de Caravelí (Arequipa), y Lucanas y Parinacochas (Ayacucho).

El área comprende las cuencas hidrográficas de Acarí, Yauca, Chala, Cháparra, Atico, Caravelí (Pescadores) y Ocoña.

A excepción del río Acarí, Ocoña y Yauca, todos los ríos se caracterizan por presentar régimen irregular, llegando sólo en verano al mar y teniendo agua sólo algunos meses durante el año. La zona se caracteriza por su aridez y presencia de vegetación en forma aislada.

Los ríos al descender de las alturas traen considerable cantidad de agua, pero debido a la evaporación, infiltración y utilización para riego no llega agua a la costa en forma permanente.

Los ríos Chala y Cháparra presentan un régimen muy irregular y torrencioso, presentando el recurso hídrico muy limitado y escurrimiento esporádico que muy pocas veces llega al mar.

El río Ocoña tiene su origen en los deshielos de nevados, haciendo posible que el río presente agua incluso en época de estiaje, teniendo un régimen bastante regular.

La minería que se practica en la zona es del tipo artesanal y convencional para la extracción del oro, existiendo algunas compañías mineras que trabajan minas de polimetálicos.

La minería artesanal que se practica en el departamento de Arequipa, al igual que en Ica, es la más eficiente en lo concerniente al consumo de agua, siendo un factor muy importante dada la escasez de este recurso en la zona.

Al igual que en el departamento de Ica, la minería informal o artesanal tiene como principal contaminante al mercurio (Hg), que es descargado al ambiente en forma gaseosa en el refogado, y en forma líquida y sólidos (compuestos) en los relaves; siendo consecuencia del mal manejo que se le da al mercurio.

El relave generado en los quimbaletes es acumulado para ser vendido a las plantas de tratamiento. Finalmente, el mercurio, al igual que el cianuro, tienen como disposición final las canchas de relaves de las plantas concentradoras, siendo éstas una fuente potencial de contaminación.

Entre las principales empresas que se encuentran operando en esta zona se tiene:

Nombre de la Empresa	Nombre de la Planta	Distrito	Provincia
Minera La Perla S.A.	Acarí	Acarí	Caravelí
Minera Aurífera Calpa S.A.	Calpa	Atico	Caravelí
Cal Minera S.A.	Planta de Calminsa	Bella Unión	Caravelí
Inversiones Mineras del Sur	Ishihuinca	Caravelí	Caravelí
Cía. Mra. Bonanza S.A.	La Esperanza del Inca	Caravelí	Caravelí
Minera Orduz S.A.	María	Chala	Caravelí
Minera Belén S.A.	Belén	Chala	Caravelí
Inv. Mras. Kriete S.A.	Triple K.	Cháparra	Caravelí
Alvarez Sanez, Claudio	La Capitana	Huanuhuanu	Caravelí
Cía Mra. Caravelí S.A.	Chauchille	Huanuhuanu	Caravelí
Comunidad Mra. Mollehuaca	Planta Mollehuaca	Huanuhuanu	Caravelí
Minera Laitaruma	Laitaruma	Jaqui	Caravelí
Minas Arirahua S.A.	Yareta	Yanaquihua	Condesuyos
Molino de Oro S.A.	San Juan de Chorunga	Río Grande	Condesuyos

Cía Minera San Nicolás	Víctor Velásquez	Otoca	Lucanas
Metalurgia Extractiva S.A.	Metalex S.A.	Saisa	Lucanas
Grupo Minero Comercial S.A.	Gruminco	Saisa	Lucanas
Minera El Rosario S.A.	Quimbaleta	Sancos	Lucanas
Aurífera Koriyaqui S.A.	Koriyaqui	Sancos	Lucanas
San Juan de Lucanas	---	Puquio	Lucanas
Huanca-Massa	---	Huanca	Lucanas
OPERMIN S.A.	---	Huanca	Lucanas
Cía Aurífera San José S.A.	---	Tocota	Caravelí
María- Orión	---	Tocota	Caravelí
Cía Minera Eureka S.A.	---	Cháparra	Caravelí
Manchas Verdes – Yaber	---	Poroma	Caravelí

La minería artesanal que se practica en la zona no tiene mayor impacto, ya que la extracción del mineral y el desmonte acumulado es mínimo.

A continuación se evalúa algunas de las plantas citadas, dependiendo de la disponibilidad de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) que las empresas hayan realizado.

#### **INVERSIONES MINERAS KRIETE S.A. “TRIPLE K” – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) – JUNIO 1995**

La empresa está ubicada en el paraje Convento, distrito de Cháparra, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, en una área de 15 Has.

La empresa minera Inversiones Mineras Kriete S.A. es una planta de tratamiento de minerales y relaves de quimbaletes, con una capacidad instalada y de operación de 15 TM, utilizando el sistema de tratamiento de cianuración y carbón activado, obteniendo como producto final la pulpa de carbón conteniendo el oro fino. La empresa compra el mineral y los relaves a los mineros artesanales que trabajan en la quebrada de Cháparra y zonas aledañas.

#### **?? Sistema de tratamiento**

El tratamiento de los minerales y relaves de quimbaletes se realiza por lixiviación con cianuro en tanques de agitación y adsorción. Para la recuperación del oro se utiliza carbón activado, obteniéndose la pulpa de carbón que es llevada a Lima para su desorción.

El almacenamiento del mineral y relaves de quimbaletes acopiados se hace en tolvas de 100 TM de capacidad, de donde el mineral es transportado por una faja transportadora a una chancadora de quijada de 10” x 16” para triturar el mineral a menos de 3”, almacenándose en una tolva de 30TM de capacidad.

El material es molido en un molino de bolas y clasificado con un ciclón. Los finos van al tanque de agitación y los gruesos regresan al molino.

Los minerales y los relaves de quimbaletes son tratados en diferentes campañas, pero de manera similar.

La cianuración del material tratado se inicia en la molienda y finaliza en los tanques donde se agrega el carbón activado. Para la cianuración se utiliza cianuro de sodio (NaCN) e hidróxido de sodio(NaOH). Las cantidades utilizadas son de 2kg/TM de Na CN y 1 kg/TM de NaOH

La planta genera 15 TM/día de relaves que contienen aproximadamente 16 kg. de cianuro. La cancha de relaves cuenta con un efluente de 30 m<sub>3</sub>/día

## ?? Impactos

El principal problema que tiene la operación de la empresa es el material particulado producido por la molienda, trituración, relavera y carreteras. El efluente de la cancha de relaves no afecta las aguas subterráneas, ya que la naturaleza arcillosa, la alta evaporación y la profundidad de la napa freática hacen difícil que se alcance el recurso.

## ?? Mitigación

Entre las medidas a tomarse para la solución a los posibles problemas que tiene la planta, se tiene:

- Impermeabilización con arcilla de la cancha de relaves.,
- Revegetación de la cancha que no se utilice.
- Captación del efluente de la cancha de relaves para recircularlo en su totalidad en la planta.
- Instalación de trampas de aceite y grasas en los talleres.

### **MINERA BELÉN S.A. – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) – NOVIEMBRE 1995.**

La planta de tratamiento desarrolla sus actividades en el distrito de Chala, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, en una área de 12.0 Ha.

## ?? Sistema de tratamiento

El tratamiento de los minerales y relaves de quimbaletes se realiza por amalgamación y lixiviación con cianuro en tanques de agitación y adsorción. Para la recuperación del oro se utiliza carbón activado, realizándose la electrodeposición en la misma planta.

Cuando se trata relave, primero es sometido a molienda en un molino de 3 x 4, luego clasificados; los finos pasan al sistema de agitación con carbón activado y los gruesos retornan al molino.

## ?? Desorción

La separación del carbón y el oro se hace en circuito cerrado. Este sistema está compuesto de un reactor, un calentador y una celda de electrodeposición. Se utiliza una solución cianurada alcalina con un solvente orgánico (etanol) a una temperatura de 80°C. Esta solución circulará a través de las celdas electrolíticas en las que el oro precipita en los cátodos. El oro precipitado pasa al horno de fundición, obteniendo el bullón de oro.

La regeneración del carbón se hace en ácido clorhídrico para disminuir la concentración de carbonato de calcio y sílice, luego es sometido a reactivación en un horno rotatorio para terminar con el proceso.

## ?? Canchas De Relaves

### **LA CANCHA DE RELAVES**

<b>Propiedad</b>	<b>Medida</b>
Longitud del eje mayor del polígono	130m
Area	1.05Ha
Altura máxima	25 m
Ancho de la cresta	3 m
Volumen total del depósito	157.757 m <sup>3</sup>
Capacidad de almacenamiento	394.396 TM
Gravedad específica	2.5
Volumen de relave por año	12,000 M <sup>3</sup>
Tonelaje de relave por almacenar/año	30,000 TM
Vida probable	18 años

## ?? **Impactos**

Los impactos están constituidos por el potencial efecto que puedan tener los desechos que produce la Planta "Belén". Entre los desechos tenemos:

- Solución barren de las columnas de carbón, de desorción y la proveniente de la reactivación del carbón (1.7 L/s).
- Relaves con contenido de cianuro de lixiviación.
- Desechos de talleres de mantenimiento mecánico – eléctricos (aceites, grasas, chatarras, etc.)

Por las propiedades que tiene el terreno, tales como no presentar fisuras y tener propiedades arcillosas, la contaminación de la napa freática es poco probable.

Por lo árido de la zona, es remota la posibilidad de la ocurrencia de huaycos o aluviones.

### **PLANTA DE BENEFICIO METALEX (METALURGIA EXTRACTIVA S.A.) – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) – NOVIEMBRE DE 1996.**

La planta METALEX se encuentra ubicada en el distrito de Saisa, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho. La actividad se desarrollará desde el río Acarí, a 750 msnm, hasta la cima del cono Ajla Huito, a una altitud de 1,485 msnm.

La zona se caracteriza por presentar un clima perárido y semi-cálido, propio del clima subtropical costero. La temperatura varía de 15° a 24° C. La empresa se ubica a la margen derecha del río Acarí.

El río Acarí presenta agua todo el año, con un caudal mínimo de 500 L/s y máximo de 40 m<sup>3</sup>/S. El cauce alcanza los 500 m de ancho y pendiente moderada. El río Acarí presenta camarones de río y bagres dentro de los límites de los emplazamientos. La agricultura es casi nula, ya que la mayoría de terrenos son eriazos, de naturaleza pedregosa y altas pendientes.

## ?? **Minería**

La empresa cuenta con varias labores que trabaja actualmente. La veta principal es Pallarniyoc-1, con una reserva de 2 x 10<sup>6</sup>TM y una ley de 9.0 gr/TM.

El oro se encuentra en forma nativa en cuarzo y asociado a limonita, hematita, sulfuros de fierro, sílice, alúmina y cuarzo blanco lechoso.

## ?? **Sistema de tratamiento**

Según el EIA, la planta de METALEX trabajará bajo el sistema de cianuración y flotación. Las etapas de procesamiento son: chancado, molienda, lixiviación y flotación. La planta tratará minerales auríferos y relaves de amalgamación.

La cancha de relaves abarcará un área de 15,000 m<sup>2</sup> (150 x 100 m). Se contará con impermeabilización y estudios de estabilidad. La altura máxima prevista, luego de 4 años de operación, es de 7 m.

El agua será abastecida por bombeo desde un pozo, a razón de 250 m<sup>3</sup>/día. La napa se encuentra a 10 m de profundidad.

## ?? Producción de relaves y distribución del oro

### CIANURACIÓN

	TM/año	Ley de Au g/TM	Contenido Au	Distribución %
Cabeza	26,000	9.0	234.0	100
Au en Carbón	0.2106	99.9%	210.6	90
Relave	25,999	0.9	23.4	10

### CARACTERÍSTICAS DE LOS RELAVES

CIANURACIÓN	% Aproximado	FLOTACIÓN	% Aproximado
Oxidos y silicatos	92.0	Oxidos y silicatos	98.0
Pirita	2.0	Sulfuros	0.8
Galena	0.9	Otros	1.2
Esfalerita	0.9		
Pirrotita	0.5		
Tetrahedrita	0.2		
Marcasita	0.2		
Covelita	0.2		
Otros	3.1		

## ?? Impactos

Los impactos producidos por la operación de la planta son el material particulado, las descargas líquidas y los posibles derrames.

Los derrames de soluciones de cianuro pueden ocurrir en el molino y en el sistema de descarga del relave.

La cancha de relaves no impactará al ambiente, ya que se ubicará alejada del lecho del río, la base impermeabilizada con arcilla y además no hay aguas subterráneas cerca a la superficie. Toda la descarga será recirculada.

La mineralogía del material a tratarse no presenta sulfuros, descartando la posible generación de aguas ácidas.

## ?? Minería Artesanal

Cerca a la planta de METALEX se encuentra la población de Huanca, con una población de 1000 personas que se dedican a la minería artesanal. Todas estas personas trabajan mineral que extraen de vetas de acceso libre y desarrollan la operación normal de molienda y amalgamación, no dejando de lado los servicios de suministro de agua y venta de mineral y relave.

### MINERA CARAVELÍ S.A. - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Minera Caravelí se ubica en el paraje Chauchille, distrito de Huanu-Huanu, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, a una altitud promedio de 1,100 msnm. Antes desarrollaba las actividades la compañía Gold Mine, Capitana II.

El río Carabaya sólo presenta agua en verano, pero en puquios aislados. El abastecimiento de agua en la zona es de pozos, ya que la napa freática se encuentra a 10 m de profundidad.

## ?? Minería

Las principales labores mineras son la veta Capitana, Teniente, Chinito (tajo abierto con pilares). La veta se corta del nivel inferior al nivel superior.

## ?? **Sistema de tratamiento**

La planta de tratamiento tiene una capacidad de 30 TM/día, trabajando con minerales y relaves de quimbaletes para la recuperación de oro.

Para la recuperación del oro de la solución cianurada se utiliza polvo de zinc o carbón activado.

Los relaves son voluminosos por la cantidad de finos y lamas de arcillas y óxidos. Las leyes del mineral fluctúan entre 16 y 80 gr/TM.

El sistema de cianuración alcalina y carbón activado recircula toda la descarga de la cancha de relaves.

### **MINERA AURÍFERA CALPA S.A.**

La compañía se encuentra ubicada en el paraje de Calpa, distrito de Atico, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa; a 2,000 msnm.

## ?? **Minería**

La extracción minera se lleva a cabo mediante el método de corte y relleno convencional ascendente. La producción de 500 TM/día se almacena en una tolva de igual capacidad.

## ?? **Sistema de tratamiento**

La Planta de beneficios está diseñada para el tratamiento de 500 TMDía de minerales auríferos, concentrando primero por flotación la pirita aurífera y luego cianurando el concentrado para obtener el bullón de oro y plata el método de Merrill Crowe.

La planta de tratamiento tiene las operaciones de chancado, molienda, flotación, cianuración del concentrado, precipitación de oro y plata, y la fundición del precipitado.

## ?? **Reactivos utilizados**

- Xantato isopropílico de sodio Z-11: Promotor de la flotación de los sulfuros.
- Aerofloat 208: Promotor de la flotación de sulfuros.
- Dow Froth 250: Espumante de la flotación de sulfuros.
- Cianuro de Sodio: Como disolvente del oro y plata.
- Cal apagada: Modificador del pH de la pulpa, evitando la descomposición del cianuro.
- Acetato de Plomo: Mejora la precipitación del oro y la plata.
- Polvo de Zinc : Precipita el oro y plata de la solución rica.

## ?? **Impactos**

Material particulado o polvo producido en la tolva de recepción de minerales, en el chancado y molienda. El polvo producido no sale de la planta porque la velocidad del viento en la zona es moderada.

Las cancha de relaves (flotación y cianuración) se ubican en terrenos eriazos, no apto para labores agrícolas.

Los tanques de petróleo y cianuro no cuentan con protección aérea, haciendo inseguro su almacenamiento.

No se tiene una buena disposición final de los motores, carros mineros, cilindros vacíos de cianuro y chatarras.

Las aguas domésticas se evacuan a la cancha de relaves sin ningún tratamiento previo.

## **INVERSIONES MINERAS DEL SUR S.A. – PROGRAMA DE ADECUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL (PAMA) DE LA U.E.A. CARAVELÍ (JULIO 1996).**

La empresa minera explota el yacimiento minero de Ishihuinca en el distrito y provincia de Caravelí, departamento de Arequipa; entre los 1,700 y 2,500 msnm.

### **?? Minería**

El sistema de explotación del yacimiento se lleva a cabo por el método subterráneo de corte y relleno dinámico ascendente.

### **?? Sistema de tratamiento de relaves**

Hay dos tipos de relave, el de flotación y el de cianuración. El relave de flotación tiene una densidad de 1.05, un pH que varía de 8.0 a 8.5. El relave de cianuración tiene una densidad de 1.9 un pH de 12; discurriendo por separado hacia la relavera.

El relave de cianuración registra concentraciones que varían de 48 a 56 mg/L. Existen informes de que se ha alcanzado los 900 mg/L, altas concentraciones de metales disueltos, como cobre, y alta concentración de sólidos en suspensión.

La cancha de relaves no forma ningún espejo de agua, ni presenta descarga, ya que la evaporación permanente e infiltración se encarga de secar la relavera.

## **AURIFERA KORIJAQUI S.A. – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA**

La actividad minera se ubica en la quebrada secundaria Santa Rosa, la que pertenece al sistema principal de drenaje de la quebrada Acaville (río Yauca), distrito Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, a 10 Km del poblado Jaqui (Arequipa).

### **?? Minería y sistema de tratamiento**

El EIA se llevó a cabo para evaluar el impacto en el ambiente por la reapertura de la planta concentradora. En esta planta se procesarán 70% de mineral fresco de los mineros informales de las minas altas, 25% de los relaves de éstos y 5% de los relaves extraídos del relleno de mina que hiciera la Golden Mine en San Luis.

### **?? Impactos**

La cancha de relaves cuenta con una cubierta impermeabilizante. La cancha de relaves recibirá aproximadamente 7 m<sup>3</sup>/día de agua del proceso. Considerando una evaporación mínima de 10%, se debe tratar 6.3 m<sup>3</sup> de agua diariamente para no impactar al ambiente.

No hay una área adecuada para el almacenamiento de combustible, no contándose con reservorio adecuado ni sistemas contra fugas y derrames.

La posibilidad de derrames o fugas siempre está latente, por lo tanto podría afectarse la calidad de las aguas subterráneas.

## **SOCIEDAD MINERA ORDUZ S.A. – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) “María”**

Sociedad Minera Orduz instalará una planta de beneficio piloto para el procesamiento de minerales y relaves de amalgamación de los mineros artesanales. La planta estará ubicada en la quebrada San Agustín, a 30 km., al Noroeste del distrito de Chala, provincia de Caravelí, Arequipa.

## ?? **Sistema de tratamiento**

El tratamiento del mineral se realizará en circuito cerrado, iniciándose con el chancado hasta reducir el material a menos  $\frac{3}{4}$ ", luego continua un molino de bolas y un repulpador que permita alcanzar una densidad de 1.2 a 1.25 TM/m<sup>3</sup>, luego se pasa al área de cianuración y recuperación con carbón activado compuesta por cuatro tanques.

## ?? **Disposición de residuos**

Se recuperará el agua en un 90% para evitar filtraciones subterráneas. La cancha de relaves se ubicará en la quebrada San Agustín.

## ?? **Impactos ambientales**

Los impactos al ambiente se darán de acuerdo al avance de la construcción de la planta:

- Para la etapa de construcción e instalación de equipos se construirá una cubierta afirmada, extrayendo la capa superficial de suelo y modificando el paisaje natural.
- Transformación geomorfológica a causa de la extracción de minerales y desarrollo de las labores de minas, impactando en la estabilidad del área por efecto de la perforación y voladura en las operaciones.
- Producción de residuos y desperdicios mineros (relaves, desmontes, etc.)
- Uso de reactivos químicos peligrosos como cianuro de sodio, soda cáustica, etc.

## ?? **Mitigación**

En el EIA se proponen algunas medidas de mitigación para los impactos:

- Los cimientos de la edificación donde se instalará la planta serán construidos tomando en consideración todas las medidas de seguridad.
- Se tendrá una posta médica para auxiliar al personal en caso de accidentes.
- La cancha de relaves será construida considerando los criterios de seguridad y estabilidad.
- Los reactivos peligrosos serán manipulados convenientemente.
- Se construirá rellenos sanitarios y pozos sépticos para las aguas servidas provenientes del campamento.

## **COMUNIDAD MINERA MOLLEHUACA S.A. – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) INSTALACIÓN DE LA PLANTA DE CIANURACIÓN (MARZO DE 1996)**

La planta se encuentra ubicada en el paraje Mollehuaca, a 55 km al Noreste de la ciudad de Chala, a 5 km. al Este del pueblo de Tocota, capital del distrito de Huanuhuanu, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa; a una altitud media de 1,280 msnm.

## ?? **Planta de beneficio**

El mineral adquirido se almacena en una tolva de gruesos de 20 TM de capacidad. La Planta permitirá procesar 600 TM mensuales de mineral aurífero, produciendo 12,734 g de oro. Se utilizará el método de cianuración por agitación usando carbón activado (Carbón in Leach – CIL). Este método consiste en disolver el oro contenido en los minerales utilizando cianuro, luego se hace la recuperación con carbón activado, el cual será procesado en Lima. En el futuro se prevé refinarlo en la misma planta o en la ciudad de Chala.

## ?? **Disposición de los relaves**

Los relaves de cianuración serán bombeados hacia la cancha de relaves, ubicada a un costado de la Planta Concentradora, sobre una área de 1,650 m<sup>2</sup>. Toda el agua decantada de la cancha será recirculada a la planta, evitando la posible contaminación de suelos.

## ?? **Impactos inevitables**

- Emisiones de polvo o material particulado durante la construcción y habilitación de las instalaciones de la planta y la cancha de relaves.
- Modificación de la topografía local.
- Emisión de ruidos.

### **GRUPO MINERO COMERCIAL S.A. – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL HACIENDA DE BENEFICIO GRUMINCO S.A.**

La Planta de Procesamiento Metalúrgico se encuentra ubicada en la zona de Ajla Huito, sobre los 800 msnm, aguas arriba del río Acarí, distrito de Saisa, provincia de Parinacochas, departamento de Ayacucho.

La Planta de una capacidad de 15 TM/día, trabajará minerales con contenidos de oro bajo el método de carbón en lixiviación (CIL).

## ?? **Cancha de relaves**

Se construirá en un terreno de 3,150 m<sup>2</sup>, siendo impermeabilizada con una capa de arcilla de 10 cm de espesor para evitar las infiltraciones. La altura máxima de la cancha será de 6 m y su capacidad de almacenaje para 10 años de operación.

El 70% del agua utilizada, en los circuitos de molienda y agitación, será recuperada para reciclarla; el resto formará parte de la pulpa y se consumirá por evaporación.

El agua se obtendrá de un pozo de 10 m de profundidad, ubicado a 10 m del río.

## **5.8. ACTIVIDAD MINERA EN LA ZONA DE CERRO VERDE – YARABAMBA-PUQUINA**

Esta zona está ubicada en la provincia y departamento de Arequipa, comprende parte de la cuenca del río Chili y tributarios de la zona alta del río Tambo.

En esta zona se desarrollan actividades mineras de exploración y extracción. Los yacimientos presentan principalmente los siguientes minerales: Ulexita, calcopirita, pirrotita, pirita, galena argentífera, chalcopirita, etc. Estas minas extraen minerales con valores de cobre principalmente, plomo, plata y oro.

La única empresa minera formal que desarrolla sus actividades en esta zona es la Sociedad Minera Cerro Verde (SMCV), explotando minerales de cobre. El Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) de SMCV fue revisado en este estudio.

### **SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A. – PROGRAMA DE ADECUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL (PAMA).**

La Sociedad Minera Cerro Verde S.A. desarrolla sus actividades en el distrito de Uchumayo, provincia de Arequipa, a 14 km de la ciudad de Arequipa, a una altura promedio de 2,700 msn, siendo sus coordenadas geográficas 16° 32' Sur y 71° 37' Oeste.

La zona se caracteriza por ser muy árida, con bajo nivel de precipitaciones y temperatura media de 21° C. El área del emplazamiento no es atravesado por ningún curso de agua permanente. La Quebrada Huayrondo es la principal colectora de las aguas que provienen de la unidad minera.

## ?? **Descripción de las actividades**

El mineral porfirítico de baja ley (0.9% Cu) extraído en el tajo Santa Rosa, es triturado hasta – 3/8” mediante operaciones de chancado primario, secundario y terciario, siendo luego aglomerado. El mineral chancado y aglomerado es transportado en camiones a las pilas de lixiviación, donde es lixiviado con ácido sulfúrico. La solución preñada es colectada en pozas que se encuentran en las

bases de las pilas, siendo bombeadas a la planta de extracción por solventes y electrodeposición (SX-EW). Un solvente orgánico es añadido a fin de coleccionar el cobre diluido y el residuo o refinato estéril es recirculado hacia las pilas de lixiviación.

## ?? **Impactos ambientales**

La operación de la empresa genera diversas emisiones y descargas en sus diferentes etapas. Entre estos tenemos:

- Material particulado producido por las carreteras, chancadoras, fajas, disparos y tajos.
- Filtraciones al subsuelo provenientes de las pozas de recolección y de los Pads 1 y 3.
- Derrames de ácido sulfúrico y petróleo por roturas de tuberías.
- Las filtraciones de los pads se conducirán hacia la quebrada Huayrondo y posiblemente hasta el río Chili.
- Infiltración de los derrames por fallas y roca deterioradas.
- Por manejo inadecuado en el pasado, en la quebrada de la planta SX/EW(Extracción por solventes y electrolítica) y alrededores, los suelos presentan concentraciones de plomo (Pb), petróleo y kerosene.
- El área de mantenimiento presenta derrames de petróleo, grasas y aceites, proveniente de la reparación y lavado de maquinaria pesadas.

## ?? **Calidad de agua**

El agua superficial en la quebrada Huayrondo se infiltra y evapora, secándose a pocos kilómetros de la mina. El pH que presenta el agua varía de 3.8 a 5.0, los sólidos totales disueltos de 6,270 a 19,330 mg/L, y el cobre lo hace de 9.62 a 23.12 mg/L.

Por los análisis efectuados en el río Chili se puede afirmar que no hay ningún efecto sobre la calidad de sus aguas.

## **5.9. TRABAJO DE CAMPO NASCA – PALPA**

Se visitó las localidades que a criterio de los pobladores de Nasca y el MEM (Ing. José Vidalón) presentan trabajos de minería informal-artesanal. Los lugares visitados fueron los siguientes:

- Mina Sol de Oro: Camino a Puquio a 12 km de la Panamericana.
- Tullín : Quebrada La Yapana.
- Poblado de Molinos: Quebrada Ingenio.
- Saramarca: Quebrada Viscas, entrando por Llipata.
- Changuillo: Quebrada Ingenio, cerca al Río Grande.
- Río Nasca: Desde Pampa de Los Chinos hasta la ciudad de Nasca.

La minería que se practica en las zonas cercanas a Nasca y Palpa se denomina artesanal porque se realiza por un método muy antiguo, utilizado por los pobladores de la zona hace mucho tiempo, que consiste de los siguientes pasos:

**Extracción del mineral:** El mineral es extraído utilizando picos, palas y dinamita o anfo dependiendo del lugar. Los socavones son desarrollados por ellos mismos.

**Transporte:** El mineral es transportado por medio de camionetas o acémilas de las minas a las plantas, las cuales la mayoría de veces se encuentran muy cerca a las plantas.

**Molienda:** Es la primera etapa del procesamiento. El mineral extraído es molido hasta lograr una granulometría apropiada para que ingrese al quimbalete.

**Quimbalete:** Se trata el mineral con agua y mercurio, siendo molido junto al mercurio para capturar las partículas de oro que tenga el mineral. Este trabajo se hace aproximadamente por 15 a

20 minutos por cada 33 kilos de mineral, dependiendo del tipo y ley que este tenga. El Hg es agregado en porciones de medio kilo, cada vez que se agrega material.

Soplete: El mercurio o amalgama cargada es calentada con un soplete, vaporizando el mercurio y quedando el oro.

Los mineros artesanales no tenían ningún tipo de educación referente a los problemas que les puede traer el Hg para su salud. Ellos manipulan el mercurio con las manos sin tener ninguna prevención en cuanto a su toxicidad.

### ?? **Quebrada Cerro Blanco (Sol de Oro)**

La mina se encuentra abandonada por la compañía, sólo se pudo apreciar la presencia de algunos trabajadores informales a lo largo de toda la quebrada, los cuales trabajaban labores antiguas de la compañía.

El trabajo de los mineros artesanales se caracteriza porque instalan sus viviendas y plantas de tratamiento a lado de las minas. Las plantas de tratamiento están compuestas de quimbaletes y pozas de almacenamiento para el rebose.

La napa freática se encuentra de 8 a 10 metros de profundidad, existe abundante vegetación frente a la mina, en el cauce del río.

El agua del pozo es buena calidad aparentemente, teniendo un pH de 6.5, sin presencia de sólidos suspendidos.

La Compañía Minera de Sol de Oro no trabaja la mina hace más de 10 años, dejando sus bombas para uso de los agricultores que viven en la zona.

La Quebrada Cerro Blanco es la continuación de la quebrada Nasca, pudiéndose apreciar vegetación compuesta principalmente por campos de cultivo. La quebrada adyacente a ésta es completamente seca.

El mineral apilado más cercano se encuentra aproximadamente a 500 metros del río. Se nos informó que entre los meses de enero y marzo hay agua en el río.

### ?? **Quebrada Nueva Esperanza (mina tulin)**

Entrando por Tulin, a la izquierda se encuentra la quebrada de Nueva Esperanza, en la cual se pudo encontrar una mina y planta abandonados. La planta contaba con quimbaletes y molinos aparentemente en buen estado.

Se nos informó que ascendiendo por la Quebrada Nueva Esperanza se encuentra la Compañía Minera Pastora y algunos informales pequeños. Esta zona alta no cuenta con agua superficial ni subterránea, abasteciéndose de agua por medio de camiones que llevan agua en cilindros hasta la mina.

### ?? **Quebrada Ingenio (molinos)**

En el río Ingenio se observa puquios a lo largo de la quebrada. El poblado de Molinos se abastece de agua del puente de Surucuña, hace un año, derivando agua de un río que tiene agua durante todo el año. Anteriormente se abastecían de un pozo. La napa freática en la zona esta a 12 metros de profundidad.

Cerca a Molinos se encuentran varias minas como Huarasaca, Sinchachi, Yanahuarni, Tunales y Otoa.

La población de Molinos vive de la agricultura y trabajo en las minas que se encuentran cerca al poblado.

## ?? **Quebrada Viscas (Saramarca)**

La quebrada tiene abundantes cultivos, teniendo su principal actividad minera centralizada en Saramarca. Las minas más conocidas en la zona son: Apacheta, Uchissa, Apacheta, San Pedro y Española.

La napa freática se encuentra a 9 metros de profundidad y tiene pH 7.66.

En la zona se apreció muchos árboles de algarrobos. Se nos informó que existen algunas minas más avanzando 10 kilómetros. En Ocoña no existen minas.

Pasando la zona conocida como Saramarca se encuentra un centro poblado llamado Lindero, donde se encontraba una planta de tratamiento artesanal. Esta planta es de la minería formal, trabajando material para la compañía Nuevo Horizonte. Esta empresa les compra sus relaves y azogue a los trabajadores que trabajan en Lindero.

## ?? **Quebrada Nasca (Changuillo)**

Se visitó el poblado de Changuillo, informándose que no existe minería artesanal en esta zona. No hay ninguna mina que se esté trabajando formal o informalmente.

De regreso a Nasca se bordeó toda la quebrada Nasca, pasando por las localidades de La Banda, Vicente, Paredones, Tambo de Perro, Agua Salada, Majuelo, Cerro Colorado y Jumana.

Toda esta población de agricultores se abastece de agua de pozo y cuenta principalmente con árboles de algarrobos.

### **5.10. TRABAJO DE CAMPO ICA-AYACUCHO-AREQUIPA**

13/01/97 – 18/01/97 (Frank Arana, Neils Alva y Miguel Wong).

Se visitó Nasca en Ica; Puquio, Cora Cora, Chumpi, Laguna Parinachochas e Incuyo en Ayacucho; y Cahuacho, Caravelí, Atico, Chala y Yauca en Arequipa.

En todo el trayecto se pudo identificar varias actividades mineras y plantas, las cuales se nombran a continuación. :

- Cía. Minera San Juan de Lucanas: Ubicada en Puquio, Lucanas, Ayacucho.
- Inversiones Mineras del Sur (IMINSUR): Ubicada en Caravelí, Arequipa.
- Achanizo : Quebrada Chaparra, Arequipa.
- Inversiones Privadas Kriete: Quebrada Chaparra, Arequipa.
- Minera Belén: Quebrada Chala, Caravelí, Arequipa.

La minería que se practica en la zona es en su mayoría artesanal, consistente de los siguientes pasos:

**Extracción del mineral:** El mineral es extraído utilizando picos, palas y dinamita o anfo dependiendo del lugar. Los socavones son desarrollados por ellos mismos.

**Transporte:** El mineral es transportado por medio de camionetas o acémilas de las minas a las plantas, las cuales la mayoría de veces se encuentran muy cerca a las plantas.

**Molienda:** Es la primera etapa del procesamiento. El mineral extraído es molido hasta lograr una granulometría apropiada para que ingrese al quimbalete.

**Quimbalete:** Se trata el mineral con agua y mercurio, siendo molido junto al mercurio para capturar las partículas de oro que tenga el mineral. Este trabajo se hace aproximadamente por 15 a

20 minutos por cada 33 kilos de mineral, dependiendo del tipo y ley que éste tenga. El Hg es agregado en porciones de medio kilo, cada vez que se agrega material.

Soplete: El mercurio o amalgama cargada es calentada con un soplete, vaporizando el mercurio y quedando el oro.

### Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en recorrer parte de Ica, Ayacucho y Arequipa, con la intención de verificar si existen actividades mineras en la parte alta de las cuencas de los ríos estudiados.

#### ?? Lucanas – Ayacucho

En nuestro recorrido se visitó sólo la Compañía Minera San Juan de Lucanas, la cual se encontraba paralizada por problemas legales de posesión de la empresa.

#### ?? Cia. Minera San Juan de Lucanas

La mina se encuentra abandonada por la compañía, sólo se pudo apreciar la presencia de los trabajadores antiguos de la empresa, que trabajan de manera informal la mina. La propiedad de la compañía se encuentra actualmente en litigio, existiendo tres dueños actuales. Hasta que este problema no se resuelva, la planta estará abandonada sin producir nada.

La unidad cuenta con cuatro canchas de relaves antiguas, las cuales generan polvo en el mes de agosto, perjudicando a los pobladores de Lucanas.

Se visitó la bocamina Yanarumi, apreciándose una considerable descarga de agua que sale de interior mina. Se midió algunos parámetros in-situ y se tomó algunas muestras. Los resultados fueron los siguientes:

<b>Descarga de la bocamina Yanarumi (M1)</b>			
San Juan de Lucanas			
Parámetros	Unidades	LMP <sup>1</sup>	Resultado
t°	°C	---	21.3
pH		6-9	7.96
Potencial redox	MV	NL	-58
Conductividad	Ms/cm	NL	1.20
Plomo (Pb)	Mg/L	0.4	0.02
Cobre (Cu)	Mg/L	1.0	ND
Zinc (Zn)	Mg/L	3.0	0.07
Hierro (Fe)	Mg/L	2.0	0.15
Arsénico (As)	Mg/L	1.0	ND
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	Mg/L	NL	610
Sólidos totales en suspensión (STS)	Mg/L	50	249.6
Sulfatos (SO <sub>4</sub> =)	Mg/L	NL	405.4

Por los resultados obtenidos podemos afirmar que no existe ningún impacto de consideración producida por esta descarga.

<b>Río San José (M2)</b>			
San Juan de Lucanas			
Parámetros	Unidades	LMP <sup>1</sup>	Resultado
t°	°C	NL	16.4
pH		NL	8.09
Potencial redox	MV	NL	-63
Conductividad	Ms/cm	NL	0.10
Plomo (Pb)	Mg/L	0.1	ND

Cobre(Cu)	Mg/L	0.5	ND
Zinc(Zn)	Mg/L	25	0.06
Hierro(Fe)	Mg/L	NL	1.49
Arsénico(As)	Mg/L	0.2	0.02
Dureza total(CaCO <sub>3</sub> )	Mg/L	NL	30.0
Sólidos totales en suspensión(STS)	Mg/L	NL	199.8
Sulfatos(SO <sub>4</sub> =)	Mg/L	NL	22.4

Como se puede apreciar, no se detectó algunos metales y las concentraciones encontradas están por debajo de los límites, quedando confirmado que el río San José no es impactado por la actividad minera cercana.

### ?? Chaviña – Coracora – Ayacucho

En el trayecto de Puquio a Chaviña se pudo observar varias labores abandonadas, inclusive con vestigios de plantas de tratamiento, pero totalmente desmanteladas.

### ?? Mina Abandonada (Chaviña)

Cerca a Chaviña se encontró una mina pequeña abandonada, a una altitud promedio de 3,939 metros.

Se encontró un curso de agua pequeño con una coloración grisácea en el fondo

<b>Mina abandonada (M3)</b>			
Chaviña			
Parámetros	Unidades	LMP <sup>1</sup>	Resultado
t°	°C	NL	6.9
pH		NL	7.35
Potencial redox	MV	NL	-21
Conductividad	Ms/cm	NL	0.80
Plomo (Pb)	Mg/L	0.1	ND
Cobre (Cu)	Mg/L	0.5	ND
Zinc (Zn)	Mg/L	25	0.04
Hierro (Fe)	Mg/L	NL	0.68
Arsénico (As)	Mg/L	0.2	0.02
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	Mg/L	NL	---
Sólidos totales en suspensión (STS)	Mg/L	NL	--
Sulfatos (SO <sub>4</sub> =)	Mg/L	NL	---

El pH casi neutro, la baja conductividad, el no detectar algunos metales y las concentraciones de otros por debajo de los LMP's, nos indica que el agua muestreada es de buena calidad.

### ?? Zona alta camino a Chaviña

Se encontró un ojo de agua o puquial con una coloración verdosa en el fondo.

<b>Puquio de agua cerca a Cora-Cora (M4)</b>			
Parámetros	Unidades	LMP <sup>1</sup>	Resultado
t°	°C	NL	12.3
pH		NL	6.93
Potencial redox	MV	NL	2
Conductividad	Ms/cm	NL	0.6
Plomo (Pb)	Mg/L	0.1	ND
Cobre(Cu)	Mg/L	0.5	ND
Zinc(Zn)	Mg/L	25	0.02

Hierro(Fe)	Mg/L	NL	0.47
Arsénico(As)	Mg/L	0.2	ND
Dureza total(CaCO <sub>3</sub> )	Mg/L	NL	--
Sólidos totales en suspensión(STS)	Mg/L	NL	--
Sulfatos(SO <sub>4</sub> =)	Mg/L	NL	--

Al igual que en el caso anterior, no se detecta algunos metales y otros presentaron concentraciones muy bajas. El pH es casi neutro y la conductividad baja.

En el camino de Coracora a Incuyo no hay ninguna actividad minera.

Al pasar por pampa Parinocochas se pudo apreciar que toda la zona se encuentra cubierta por vegetación de puna. No se apreció ninguna actividad minera.

### ?? **Caravelí – Arequipa**

La ciudad de Caravelí muestra mayor actividad minera, debido principalmente a la planta y mina de IMINSUR y al continuo tráfico de camiones cargados de mineral y relaves que son llevados de minas Eugenia a la planta de Belén en Chala.

### ?? **Inversiones Mineras del Sur (MINSUR)**

La compañía trabaja la mina Ishihuinca cerca a Caravelí y procesa el mineral en la planta ubicada a las afueras de la ciudad de Caravelí. La planta trabaja por el proceso de cianuración.

La cancha de relaves de la planta tiene aproximadamente 200 x 100 x 10m.

La zona se caracteriza por ser desértica. El curso de agua más cercano es el río Caravelí que se encuentra a 400 metros. Durante nuestra visita el río tenía un caudal de 5 L/s.

<b>Río Caravelí (M5)</b>			
Parámetros	Unidades	LMP <sup>1</sup>	Resultado
t°	°C	NL	21.4
pH		NL	7.14
Potencial redox	MV	NL	-11
Conductividad	Ms/cm	NL	1.40
Plomo (Pb)	Mg/L	0.1	0.03
Cobre(Cu)	Mg/L	0.5	ND
Zinc(Zn)	Mg/L	25	0.02
Hierro(Fe)	Mg/L	NL	1.02
Arsénico(As)	Mg/L	0.2	ND
Dureza total(CaCO <sub>3</sub> )	Mg/L	NL	520
Sólidos totales en suspensión(STS)	Mg/L	NL	241.4
Sulfatos(SO <sub>4</sub> =)	Mg/L	NL	281.7

El pH casi neutro, la conductividad moderada y las concentraciones de los parámetros analizados por debajo de los LMP'S; se nos indican que la calidad del agua del río Caravelí en este sector es buena.

### ?? **Caravelí – Atico (Quebrada de Atico)**

De Caravelí a Atico se transitó por la carretera que bordea la quebrada del río Atico y Seco. Se nos informó que por ese camino se va a la mina Calpa, de considerable actividad minera.

### ?? **Cháparra – Arequipa**

Se nos informó que hace 30 años había agua en forma permanente, con presencia de camarones de río.

En esta zona la minería artesanal es muy activa.

#### ?? **Achanizo**

Este poblado de mineros artesanales vende sus relaves a la planta de Chala. Los mineros de este pueblo amalgaman con mercurio y vierten sus relaves en depósitos para que sequen y sean vendidos.

#### ?? **Inversiones Privadas Kriete (Plana Triple K)**

La planta se encuentra instalada en la quebrada del Cháparra. La capacidad instalada y operativa es de 15 TM/día tratando minerales y relaves con contenidos de oro. El sistema de tratamiento que utiliza es el de cianuración con recuperación con carbón activado. Está compuesta por una tolva, un molino de bolas y tres tanques de cianuración. La cosecha del material se hace en Lima.

Los resultados son los siguientes:

<b>Quebrada Cháparra (M6)</b>			
Parámetros	Unidades	LMP <sup>1</sup>	Resultado
t°	°C	NL	27.2
pH		NL	8.46
Potencial redox	MV	NL	-88
Conductividad	Ms/cm	NL	0.90
Plomo (Pb)	Mg/L	0.1	ND
Cobre (Cu)	Mg/L	0.5	0.01
Zinc (Zn)	Mg/L	25	0.03
Hierro (Fe)	Mg/L	NL	0.48
Arsénico (As)	Mg/L	0.2	ND
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	Mg/L	NL	---
Sólidos totales en suspensión (STS)	Mg/L	NL	---
Sulfatos (SO <sub>4</sub> =)	Mg/L	NL	---
Mercurio (Hg)	Mg/L	NL	ND

El pH levemente alcalino es característico del agua de pozo. Algunos metales no fueron detectados y los otros se encontraron muy por debajo de los LIMP's, verificándose la buena calidad del agua.

#### ?? **Minera Belén**

La planta se encuentra en la quebrada de Chala. La capacidad de la planta es de 100 TM/día. El sistema de tratamiento es por amalgamación y cianuración con carbón en pulpa.

Esta planta procesa relaves y minerales provenientes de las minas Eugenia, Bonanza, Pastora y otros cercanas. Se utiliza 300 kg/día de cianuro de sodio (NaCN) y 100 kg/día de hidróxido de sodio (Na OH).

La relavera con la que cuenta la compañía tiene 150x50x15m, acumulados durante 7 años.

#### ?? **Río Quequeña**

La muestra de agua presenta bajos niveles de metales disueltos comparados con otras muestras de agua en esta y otras cuencas y podría satisfacer los criterios para aguas de consumo doméstico y de riego para los parámetros analizados.

?? **Río Yarabamba**

Los datos de química del agua no indican ninguna fuente importante de contaminación ni ningún peligro severo de drenaje ácido. Sin embargo, es evidente que existe un incremento neto en las concentraciones de cobre y arsénico a lo largo del río.

?? **Río Chili**

Los análisis de dos muestras de agua de este río indican que estas aguas satisfacen los criterios para consumo doméstico y riego pero no serían adecuadas para la preservación de fauna acuática. No hay parámetros que se presenten significativamente elevados e indiquen fuentes mayores de metales disueltos y ácido.



## **6. EVALUACION DE POSIBLES IMPACTOS**

### **6.1. OBJETIVOS Y DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO**

El propósito del estudio está relacionado con la Evaluación Ambiental Territorial de las Cuencas de la Costa Sur, 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.

### **6.2. 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 visitado la zona sur del país a fin de detectar cuales son los más importantes respecto a balance de contaminantes.

La siguiente etapa importante ha sido la visita al lugar, donde se efectuaron 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 que otras formas posibles de contaminación pueden existir en la cuenca (minas abandonadas, actividad de pequeño o micro minería, centros poblados, etc.).

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

### **6.3. PLAN DE TRABAJO DE CAMPO**

El trabajo de campo fue entendido para complementar la información sobre la actividad minera y de beneficio que se había obtenido de los documentos entregados por el Cliente.

### **6.4. CALIDAD DEL AGUA**

#### **?? Introducción**

En la evaluación de los impactos ambientales de la minería existen tres áreas principales a considerar:

- impactos en el ambiente como consecuencia de la inestabilidad física
- impactos en el ambiente como consecuencia de la inestabilidad química; e,
- impactos socioeconómicos.

Los impactos de la inestabilidad química son más claramente observados en la química del agua del ambiente receptor.

El programa de muestreo de aguas fue diseñado para evaluar los impactos actuales y potenciales de la actividad minera en el ambiente receptor debidos a los procesos químicos y geoquímicos.

- Efectos de la generación de ácido;
- Efectos de la lixiviación de metales; y,

- Descargas de reactivos y productos químicos utilizados para el procesamiento, principalmente cianuro y mercurio, y el potencial de disolución de mercurio en el proceso de lixiviación con cianuro.

Un aspecto adicional relacionado con la calidad de las aguas, que es más un proceso físico que geoquímico, es la descarga de partículas (sólidos en suspensión) a los cursos de agua provenientes tanto de la erosión natural como de las actividades mineras.

## ?? **Muestras**

Las muestras de agua fueron colectadas en cada una de las cuencas para evaluar el impacto de las actividades mineras en los ríos y cuerpos de agua. Los muestreos fueron realizados en mayo de 1997.

## ?? **Análisis**

Todas las muestras de agua fueron analizadas en Lima, en el laboratorio CERQUIME,. Los parámetros analizados fueron seleccionados en correspondencia con los criterios de calidad de aguas aplicables, es decir, los criterios para cuerpos receptores según la Ley General de Aguas y, los criterios para descargas de efluentes de origen minerometalúrgico según disposiciones de Ministerio de Energía y Minas.

## ?? **Resultados e interpretación**

Se utilizó dos métodos para la evaluación de los datos de química del agua:

- Comparación con los criterios de calidad de agua existentes, de acuerdo a los diferentes usos más probables del agua en la zona.
- Comparación de las muestras aguas arriba y aguas abajo del área minera, para determinar en qué medida la actividad minera afecta la química del agua.

Existen tres principales criterios de calidad de agua (en el ambiente receptor) que han sido considerados en esta valuación:

- Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección (Clase I);
- Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales (Clase III); y
- Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial (Clase IV)

## ?? **Mercurio**

Uno de los principales aspectos de la química del agua es el mercurio, debido a las potenciales pérdidas de mercurio percibidas en las operaciones de amalgamación y el subsecuente procesamiento de los relaves de amalgamación. Para evaluar este aspecto, es importante comprender los mecanismos potenciales de liberación y transporte:

En las operaciones de amalgamación, el mercurio puede estar en forma metálica, la cual tiene baja solubilidad. Sin embargo, si el mercurio es descargado a un cuerpo de agua, existe un potencial de:

- Acumulación de mercurio en los sedimentos,
- Reacciones del mercurio con bacterias y organismos, resultando en la formación de especies orgánicas de mercurio más tóxicas y móviles.

El mercurio asociado con los relaves de amalgamación en lixiviado por el cianuro en el subsecuente proceso:

- En los procesos de lixiviación en pulpa (CIP), el mercurio disuelto tiende a ser removido por el carbón activado y a no permanecer en la solución;

- En los procesos de lixiviación en pilas la solución cargada es pasada a través de una columna de carbón activado u otro proceso de recuperación de oro que tiende a recuperar el mercurio; y
- Algunas especies disueltas permanecen en la pulpa del relave y existe la posibilidad de que el mercurio disuelto permanezca asociado al relave.

En la mayoría de las operaciones informales de amalgamación el oro es recuperado a partir de la amalgama mediante la volatilización del mercurio; el vapor de mercurio precipita rápidamente, extendiendo la contaminación a áreas mayores, comprometiendo suelos y vegetación.

La química, transporte e impactos del mercurio requieren de una detallada comprensión de las fuentes y del ambiente geoquímico local.

## ?? **Discusión de resultados para la región de la costa**

### **Sulfatos, Alcalinidad**

Los contenidos de sulfato y alcalinidad son útiles indicadores de:

- Oxidación de sulfuros y generación de ácido;
- Presencia de soluciones de lixiviación de cobre (sulfato) y de lixiviación de oro (alcalinidad); y,
- Controles para la solubilidad de metales y la capacidad de atenuación en el ambiente receptor.

### **Mercurio**

El mercurio es un parámetro muy importante en agua para consumo humano, y también es de consideración para la protección de la vida acuática y la pesca de consumo. Los resultados son suficientes para demostrar que el mercurio no constituye un problema mayor pero no suficientes como para concluir que no constituye una preocupación ambiental. Se recomienda especialmente el desarrollo de investigación adicional en este tópico.

### **Metales base (Cu, Pb, Zn y Fe disueltos)**

Las concentraciones de plomo son consistentemente elevadas por encima del límite para aguas de consumo humano en los cuerpos de agua naturales aguas arriba (e.g. Río Ingenio) y aguas abajo de las operaciones mineras. Las concentraciones de plomo son consistentemente elevadas en el Río Chala y alcanzan valores pico en Nasca y Río Ingenio. En comparación, las concentraciones de plomo están por debajo del límite de detección en las muestras colectas a lo largo del río Acari.

Las concentraciones de cobre son bajas, a pesar de las operaciones de cianuración y lixiviación de cobre. Las concentraciones de zinc son también bajas comparadas con los requerimientos legales y generalmente consistentes con los valores de base.

## ?? **Otros Metales**

Concentraciones de cromo han sido detectadas en sólo una de las cuencas de la región de costa, el río Yauca. Sin embargo, las concentraciones en dos estaciones son mucho más elevadas que los límites para aguas de consumo humano y para aguas de preservación de vida acuática de 0.4 mg/L. La toxicidad del cromo sin embargo depende de la especie en que se presente.

Las concentraciones de cadmio son también bajas en la mayoría de las muestras de agua. Sin embargo, aproximadamente la mitad de las muestras presenta concentraciones de 0.1 mg/L, lo que se encuentra en el límite para aguas de consumo doméstico.

Discusión de resultados para Yarabamba – Puquina

## **6.5. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **?? Introducción**

En la evaluación del impacto ambiental de la actividad minera hay tres áreas principales a considerar:

- Impactos en el ambiente como resultado de inestabilidad física.
- Impactos en el ambiente como resultado de inestabilidad química; e
- Impactos socio-económicos.

Trata de los impactos potenciales en el ambiente como resultado de procesos químicos y geoquímicos, tales como:

- Efectos de la generación de ácido;
- Efectos de la lixiviación de metales; y,
- Descarga de reactivos químicos usados en el procesamiento, principalmente cianuro y mercurio.

### **?? Generación de ácido y lixiviación de metales.**

El drenaje ácido de rocas (DAR) ocurre como consecuencia de la oxidación de minerales sulfurados reactivos y la subsecuente lixiviación de ácido, sulfato y metales disueltos. El desarrollo del DAR es un proceso dependiente del tiempo, el cual varía con la cantidad y reactividad de los minerales sulfurados, la cantidad y reactividad de los minerales alcalinos y las condiciones climáticas locales.

### **?? Reactivos y productos químicos**

El cianuro y el mercurio son usados en el procesamiento de minerales para la recuperación de oro y, en menor grado, de metales base.

El uso del cianuro representa una potencial preocupación ambiental, tanto en términos de salud como de impacto ambiental. A las concentraciones usadas en el procesamiento de mineral, el cianuro puede ser un producto químico tóxico y debe ser manejado con mucho cuidado y control.

El mercurio ha sido utilizado por mucho tiempo en los procesos de amalgamación de oro, particularmente en operaciones mineras de placeres. Sin embargo, hoy en día el mercurio no es tan comúnmente utilizado debido a preocupaciones ambientales y al elevado costo respecto a su baja recuperación.

La preocupación más inmediata con el mercurio está asociada con la salud y seguridad de los trabajadores que están expuestos al mercurio metálico y a vapores de mercurio que pueden resultar en una variedad de enfermedades agudas y crónicas. En términos de impacto ambiental, la descarga de mercurio en el medio acuático es la mayor preocupación.

## **7. MEDIDAS DE MITIGACION Y DE REHABILITACION**

### **7.1. MITIGACION**

#### **?? Opciones de cierre y/o abandono de las Minas Subterráneas y los Depósitos de Relaves.**

Para la evaluación de las opciones de mitigación, cierre y/o abandono de las minas subterráneas y los depósitos de relaves, han sido considerado los siguientes nueve criterios:

- Factibilidad Técnica.- si es que la opción es un método probado;
- Aplicabilidad.- toma en consideración los factores específicos del lugar que podrían afectar la opción;
- Estabilidad Geotécnica.- si es que la opción tendrá problemas de estabilidad geotécnica en el corto y largo plazo;
- Estabilidad Geoquímica.- si es que la opción tendrá problemas de estabilidad geoquímica en el corto y largo plazo;
- Percepción Pública.- Si es que la opción es política y socialmente aceptable;
- Riesgo.- nivel de riesgo de falla;
- Impacto.- potencial de impacto en el ambiente;
- Desventaja a largo plazo.- considera las desventajas asociadas a la opción en el largo plazo.
- Mantenimiento a largo plazo.- nivel de mantenimiento e inspección requerida.

### **7.2. PLAN DE CIERRE O ABANDONO PARA MINAS SUBTERRÁNEAS**

Las opciones disponibles para el abandono o cierre de las minas subterráneas son:

- Mantener el estado actual.- esta opción consiste en no tomar ninguna acción una vez que se termina de trabajar una mina.
- Clausurar las bocaminas.- consiste en instalar una reja o tapón de concreto en la bocamina para evitar la entrada de personas a la mina.

<b>Criterio</b>	<b>Mantener el Estado Actual</b>	<b>Enrejar o Taponear Bocaminas</b>
Factibilidad Técnica	No es relevante, implica abandono de la labor tal como está.	Factible – no implica mayores problemas su realización.
Aplicabilidad	No es relevante.	No presenta mayores problemas, pero tanto la reja como el cemento, y en algunos casos el agua y los agregados, deberán ser transportados hasta el área.
Estabilidad Geotécnica	No muy significativa, labores no implican mayor peligro.	No muy significativa, labores no implican mayor peligro.
Estabilidad Geoquímica	No muy significativa, labores no presentan drenaje.	No muy significativa, labores no implican mayor peligro.
Percepción Pública	Poco relevantes, las excavaciones son pequeñas, se realizan en lugares de acceso relativamente difícil y de poco tránsito.	Muy poco relevante.
Riesgo	Reducido, sólo para personas que lleguen hasta el lugar.	Extremadamente reducido
Impacto	Mínimo	Mínimo
Mantenimiento a Largo Plazo	Ninguno, no implica gasto alguno.	Reducido, se requeriría inspección periódica para comprobar la integridad de la instalación.

### 7.3. PLAN DE CIERRE O ABANDONO PARA DEPOSITOS DE RELAVES.

Las opciones para el cierre o abandono de los depósitos de relaves son las siguientes:

- Mantener el estado actual o no acción.- esto significa no tomar ninguna acción para el abandono o cierre del depósito o dejar tal como están los depósitos abandonados.
- Cobertura húmeda.- consiste en cubrir los relaves con una capa de agua permanente. Debido a que en la costa la disponibilidad de agua es extremadamente reducida y además se requeriría construir una presa de contención alrededor del depósito, el costo de implementar esta opción sería extremadamente alto, por lo que no se considera esta opción viable para los casos analizados.
- Cobertura seca.- consiste en cubrir el depósito de relaves con una o varias capas de materiales o suelos para evitar la formación de polvo, la erosión de la estructura y reducir el drenaje ácido. En este caso, la cobertura seca es necesaria básicamente para evitar la formación de polvo. Debido a la escasa precipitación no hay mayor riesgo de drenaje ácido. La cobertura consistiría básicamente en la colocación de ripio o grava sobre todo el depósito abandonado
- Reubicación de los relaves.- es una opción poco viable y extremadamente costosa consistente en trasladar los relaves a otra ubicación que presente menos riesgos que la actual. Sería viable solamente si se van a retratar los relaves. No se va a considerar como opción válida para este estudio.

<b>Criterio</b>	<b>Mantener el Estado Actual</b>	<b>Cobertura Seca – Capa de grava o ripio para evitar formación de polvo.</b>
Factibilidad Técnica	No es relevante, implica abandono del depósito tal como está.	Factible- es un procedimiento sencillo.
Aplicabilidad	No es relevante.	Se deberá ubicar canteras con el material adecuado.
Estabilidad Geotécnica	Reducido peligro, la estabilidad debe garantizarse durante la operación del depósito.	Reducido peligro, la estabilidad debe garantizarse durante la operación del depósito.

Estabilidad Geoquímica	No muy significativa, debido a la poca precipitación no hay mayor riesgo de drenaje ácido o de drenaje de cianuro.	Muy poco significativa, debido a la poca precipitación no hay mayor riesgo de drenaje ácido o de drenaje de cianuro. La capa colocada reducirá la ya limitada presencia de agua superficial.
Percepción Pública	Relativamente baja, algunos depósitos están en áreas de tránsito medio y en ciertos casos cerca de centros poblados.	Una vez cubiertos los depósitos tendrán muy poco impacto.
Riesgo	Riesgo medio donde el polvo pueda ser transportado hasta los centros poblados o sembríos.	Riesgo bajo
Impacto	A la salud y a la agricultura	Mínimo a la salud y la agricultura.
Mantenimiento a Largo Plazo	Ninguno, no implica gasto alguno pero hay algo de riesgo sobre la salud humana y la agricultura.	Su costo sería relativamente bajo y se requeriría inspección periódica para comprobar la integridad de la cobertura.

#### 7.4. MERCURIO

Riesgos debido al uso de mercurio en la recuperación de oro.

Durante el proceso de amalgamación se introduce mercurio metálico al medio ambiente en dos formas:

- Como líquido al preparar la amalgama.- el riesgo que esto implica es principalmente la biotransformación del mercurio metálico en metilmercurio, el compuesto de mercurio más dañino para la salud, humana y para el medio ambiente;
- Como gas cuando se refoga la amalgama para recuperar el oro contenido en ésta – el riesgo se presenta cuando la quema de la amalgama se hace al aire libre y no en una retorta. El daño es a la salud humana tanto del trabajador como de la población que vive en las cercanías del área donde se realiza esta labor.

Proceso	Acción	Peligro potencial por el Hg.
Fin de concentración gravimétrica en canal.	Recolección del concentrado de oro (el recipiente dependerá del volumen de producción, pudiendo ser una batea plástica, balde de diversos materiales o cilindro metálico.	Ninguno
Limpieza del concentrado (opcional)	Empleando un platillo se realiza una segunda concentración gravimétrica sobre el concentrado del canal.	Ninguno
Amalgamación	Se agrega Hg al concentrado en relación de 2 a 10 partes Hg por 1 de Au. Una vez que se ha formado la amalgama Hg-Au se la lava con agua limpia.	Contacto del Hg con la piel de los operarios – riesgo mínimo, es muy limitada la absorción del Hg por a piel. Hay mayor peligro si el trabajador tiene una herida abierta que permita al Hg entrar directamente a la corriente sanguínea. Cuando se lava la amalgama hay riesgo de perder Hg en el medio ambiente si es que esta acción no se efectúa en un lugar adecuado. Es común que el lavado se realice en las orillas de un río con agua limpia, no en las áreas de minado.
Exprimido del mercurio en exceso de la amalgama	Una vez realizada la amalgama se coloca la mezcla en un trapo y se exprime para eliminar el Hg en exceso	Los riesgos a la salud humana y el medio ambiente son similares que para la amalgamación.  En caso que el minero no reactive el mercurio usado que ha perdido gran parte de su poder amalgamador, éste terminará siendo arrojado al medio ambiente.
Quema de la amalgama, refogue.	Consiste en someter a la amalgama a una temperatura superior a los 400° C para eliminar el Hg de la aleación y recuperar el Au. Esta acción la realiza el productor, pero el comprador vuelve a quemar el oro.	En caso de no usarse retorta se estará perdiendo en forma de gas por lo menos 2 partes de Hg. Por cada parte de Au. Recuperado. El Hg gaseoso es la forma más perjudicial para la salud humana del Hg metálico.
Manipulación y almacenamiento deficiente del mercurio	El Hg se debe almacenar sumergido en agua, pues el vapor de Hg no puede superar la barrera de agua. Cuando se va a emplear el Hg se debe mantener en lo posible el recipiente cerrado. No se debe almacenar el Hg en el hogar o en lugares de mucho tránsito, tal como tiendas.	En caso de almacenar o manipular el Hg de manera incorrecta se está incrementando la posibilidad de inhalar vapores de Hg metálico, lo que puede causar intoxicación no solo del trabajador sino de las personas que viven o laboran en el lugar donde se almacena o manipula el Hg. Además se incrementa la posibilidad de que ocurran accidentes.
Uso de mercurio sucio (no reactivado)	En caso de usar el Hg no reactivado se requerirá agregar mas Hg al concentrado para recuperar Au.	Se incrementa el riesgo de pérdida de mercurio, amalgama y oro. Se dispone de técnicas sencillas para reactivar el Hg, que evita la disposición del mercurio sucio en el medio ambiente sino también reduce los costos del proceso.

## 7.5. REDUCCION DEL RIESGO DEBIDO AL USO DEL MERCURIO

Las acciones a tomar para reducir las emisiones de mercurio son las siguientes:

Campaña de educación sobre el uso adecuado del mercurio:

- Daños que el mercurio causa a la salud y al medio ambiente.
- Uso del mercurio en “ circuito cerrado”, esto incluye la preparación de la amalgama en un lugar especialmente acondicionado que no sea las orillas de un río, y especialmente uso de la retorta.
- Remarcar que el mercurio es reutilizable y su reactivación es fácil.

- Facilitar equipos o diseños de equipos adecuados, especialmente retortas.

### ?? **Técnicas para reducir riesgos debido al Mercurio**

El mercurio se emplea y seguirá siendo empleado por pequeños mineros de oro, debido a la simplicidad de la técnica y la baja inversión inicial requerida.

El uso de algunos equipos simples puede ayudar a prevenir la emisión de mercurio al ambiente. Para las personas que trabajan sólo por temporadas (Campañas) como mineros de oro, o para personas cuyo concepto de una buena inversión es la de gastar lo menos posible, el uso de estos equipos no es siquiera considerado. Los mineros no toman en cuenta que usando estas herramientas no sólo ahorrarán dinero al reducir el consumo de mercurio que actualmente se pierde, sino que también cuidarán su salud y reducirán el daño que están causando al medio ambiente.

### ?? **Uso de la prensa de amalgamación**

La prensa de amalgamación, es poco empleada. Como ya se ha mencionado anteriormente, los pequeños mineros emplean pedazos de tela, e inclusive ropa que llevan puesta, para eliminar el exceso de mercurio en la amalgama. Debido a que la presión aplicada con la tela no es suficiente como para separar todo el mercurio sobrante, el exceso remanente se evaporará cuando se queme la amalgama.

### ?? **Uso de las trampas de gravedad**

Las trampas de gravedad, o hidráulicas, son empleadas para separar las partículas gruesas de oro de tal manera que éstas no sean molidas o amalgamadas; también para recuperar emisiones líquidas de mercurio y amalgama. A continuación se describen dos tipos de trampas de gravedad fáciles de construir:

La trampa hidráulica de gravedad, trabaja como un pequeño tanque de sedimentación integrado al flujo de material. Este equipo no interrumpe el flujo, y permite que las partículas sólidas se sedimenten. El agua que entra a contracorriente mantiene la cámara de sedimentación libre de partículas ligeras. El concentrado es recuperado abriendo la válvula que se encuentra en el fondo de la trampa.

La trampa de gravedad más simple de todas es hecha con láminas de metal. La pulpa de mineral es forzada a cambiar de dirección varias veces, de manera que las partículas con una gravedad específica más alta sedimentarán en el fondo.

### ?? **Uso de retortas de destilación**

Existen varios tipos de retortas simples y de relativamente bajo precio que pueden ser empleadas por los mineros de oro. La primera es un diseño brasileño para bajos volúmenes de amalgamación, el segundo tipo fue diseñado por un equipo alemán y es ideal para volúmenes mayores:

Las retortas son utilizadas para separar la amalgama en mercurio y el metal precioso (oro y/o palta). La separación de la amalgama en vapor de mercurio y oro es la parte más peligrosa de todo el proceso de amalgamación, pues pone en peligro tanto la salud del minero como al medio ambiente. Se debe tener mucho cuidado en recuperar tanto mercurio como sea posible durante la destilación de la amalgama.

Una retorta consiste en un recipiente semejante a un crisol con un mecanismo de abertura/cerradura, un tubo que permite la salida del vapor del mercurio en la parte superior ubicado sobre la tapa y un cuello en forma de tubo que sirve para condensar el mercurio. El tipo más elemental de condensador consiste en un tubo recto envuelto en telas humedecidas. Diseños más elaborados incluyen una envoltura llena de agua, e incluso enfriadores con agua fluyendo a contracorriente en ciclos abiertos o cerrados. La amalgama a ser separada se coloca en el crisol que

debe estar cubierta de papel, cuyas cenizas formarán una película intermedia no adherente entre el oro y la pared de la retorta. Se consigue aún mejores resultados si se aplica una fina capa de grafito, cal, tiza o talco al crisol antes de ser cargado con la amalgama, pues esto evita que el oro se pegue al fondo de la retorta después de la destilación. No se debe emplear ningún material graso porque se evaporará junto con el mercurio, inactivando su superficie para un subsecuente uso en el proceso. Luego se cierra el crisol y se calienta a temperaturas superiores a 400° C, punto en el cual la amalgama se separa en sus elementos mediante la evaporación del mercurio.

Las retortas pueden ser fabricadas localmente a bajo costo y sin dificultad, siempre y cuando se sigan los siguientes detalles básicos de diseño:

El área de condensación del mercurio debe mantenerse lo más pequeña posible, de tal manera que se minimice las pérdidas de mercurio debido a la cohesión de pequeñas gotas de mercurio en la parte interna de la retorta.

El tubo de condensación debe ser de diámetro pequeño, de hierro o acero, porque el bronce se amalgama con el mercurio. El interior del tubo debe ser extremadamente liso, y todas las soldaduras deben ser hechas desde afuera, de manera que no obstruyan el goteo de mercurio. A pesar de estas precauciones, es posible que pueda quedarse en la retorta hasta 2 gramos de mercurio, los cuales deben ser lavados para ser recuperados.

El mecanismo de cerradura del recipiente es otro detalle crucial. Este no debe tener fugas cuando es calentado. Los acoplamientos y ajustes deben ser herméticos. Si aparecen fugas en la retorta entre el crisol y la tapa, éstas pueden cerrarse antes de la destilación con arcilla húmeda y ceniza. La arcilla debe estar libre de partículas gruesas.

Es muy probable que en las cerraduras de tipo rosca ocurran fugas debido al calentamiento y enfriamiento periódico. La mejor cerradura para una retorta es del tipo a presión. En este caso la tapa tiene un labio sellador invertido y cerradura tipo cuña que presiona la tapa contra el borde del crisol.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales conclusiones a las que se ha arribado son las siguientes:

- ?? Al ser negativo el valor de la precipitación neta, el problema de generación de aguas ácidas en los depósitos de residuos sólidos abandonados (Incluyendo los de relaves), es mínimo. Es decir, el impacto potencial por lixiviación de metales desde estos depósitos no es significativa, lo cual se aprecia en los resultados del monitoreo de calidad de agua que se ha realizado.
- ?? La estabilidad química de los depósitos activos pudiera significar la descarga de efluentes con una carga contaminante mayor que la permitida según la legislación ambiental vigente. Sin embargo, al pertenecer estos depósitos a empresas formalmente constituidas, se asume que el plan de manejo ambiental relacionado a este aspecto debiera estar incluido dentro del correspondiente PAMA y/o EIA.
- ?? Un aspecto de importancia a considerar en la estabilidad física de las canchas, en donde el riesgo mayor está asociado a la eventual licuefacción de las arenas durante sismos, lo cual ocurrió durante el sismo de Nasca de finales de 1996. Conviene señalar sin embargo, que este riesgo está asociado a canchas de relaves en operación, todas las cuales son propiedad de empresas formalmente constituidas y que por lo tanto, el plan de manejo ambiental respectivo debiera estar incluido dentro del correspondiente PAMA y/o EIA.
- ?? El impacto probable relacionado a las canchas de relaves abandonadas está referido a la erosión eólica de las mismas y en consecuencia, la potencial afectación de la calidad de los suelos circundantes. Sin embargo, se observa en general que el impacto en los suelos debido a las actividades mineras es mínimo o nulo.
- ?? La medida de mitigación recomendada para minimizar el impacto mencionado en el párrafo anterior es la colocación de una cobertura seca con material de grava para todos los depósitos abandonados de relaves. El costo aproximado por depósito asciende a US\$ 40 000, lo cual equivale a un total aproximado de US\$ 1.6 millones.
- ?? Otro impacto probable derivado principalmente de las actividades de beneficio en práctica está relacionado a las operaciones de refogado, lo cual podría estar causando perjuicios en la salud de las personas directamente involucradas en ese tipo de trabajo. Lo mismo, aunque en mucho menor escala, ocurre con la gente que trabaja en los quimbaletes.

Entre las recomendaciones de acciones futuras se propone:

- ?? Iniciar un programa completo y continuo de monitoreo de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, al menos en las áreas donde estos recursos se usen a gran escala para otros fines;
- ?? Realizar estudios de estabilidad física en todas las canchas de relaves activas;
- ?? Llevar a cabo una investigación piloto de los posibles efectos en el ambiente en las zonas de mayor concentración de quimbaletes. Se sugiere iniciar en el área de Chala;
- ?? Realizar un programa completo y continuo de monitoreo de la calidad de aire en las áreas donde se concentran las operaciones de refogado. Se sugiere iniciar en la ciudad de Nasca; y,
- ?? Contar con los servicios de un grupo de médicos toxicólogos que pueda determinar los “daños” reales en la salud de los trabajadores debido al manipuleo y/o aspiración de sustancias tóxicas.
- ?? Continuar implementando la adopción de sistemas de recuperación del mercurio que minimicen el “daño” sobre la salud humana causado por las prácticas corrientes de refogado de la amalgama de mercurio.