

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN CAJAMARCA, PERÚ



## **Informe Anual de Monitoreo 2004-2005**

*Preparado para:*

Compliance Advisor/Ombudsman (CAO)  
2121 Pennsylvania Ave., NW  
Washington, DC 20433, USA

y:

La Mesa de Diálogo y Consenso CAO-Cajamarca  
Jr. Los Cerezos 127, Urbanización El Ingenio  
Cajamarca, Perú

*Equipo de Proyecto:*

David Atkins, Gerente de Proyecto  
Carlo Calderon  
Eduardo Montoya  
Elizabeth Morales

**Diciembre de 2005**

# **Evaluación de la Calidad del Agua en Cajamarca, Perú**

## **Informe Anual de Monitoreo, 2004-2005**

### **1. Introducción**

Este reporte describe los objetivos, métodos, resultados y conclusiones de un programa de monitoreo participativo para evaluar la calidad de agua en los alrededores del Distrito Minero de Yanacocha. El Distrito Minero de Yanacocha está ubicado en los Andes del norte del Perú, aproximadamente 15 km al norte de la ciudad de Cajamarca. La mina está ubicada en la Divisoria Continental a una elevación de aproximadamente 4,000 m, y abarca cuatro cuencas, Porcón, Rejo, Honda (Llaucano) y Chonta.

La mina es operada por Minera Yanacocha S.R.L. (de aquí en adelante denominada Minera Yanacocha). Minera Yanacocha es un joint venture de Newmont Perú Limited (51%), Compañía de Minas Buenaventura (44%), y la International Finance Corporation, el brazo prestamista para el sector privado del Banco Mundial o IFC (5%).

El programa de monitoreo está siendo efectuado en nombre de la Mesa de Diálogo y Consenso CAO-Cajamarca (la Mesa). La Mesa es un grupo voluntario de personas comprometidas en las consecuencias económicas, sociales y ambientales de la operación de Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL). La Mesa incluye participantes de comunidades rurales y urbanas, instituciones públicas y privadas, y MYSRL, y fue instituida en Setiembre del 2001 por el Compliance Advisor Ombudsman (CAO), el mecanismo de responsabilidad independiente de las instituciones del sector privado del Banco Mundial, en respuesta a dos quejas presentadas en nombre de ciudadanos en el área de Cajamarca alegando impactos adversos causados por actividades mineras.

El propósito de la Mesa es utilizar enfoques de diálogo, resolución de conflicto y construcción de consenso, para promover la comunicación, mejorar el entendimiento, y promover acciones que eviten y resuelvan problemas entre la comunidad y la mina y facilitar la relación entre la mina y la comunidad. El proceso de la Mesa involucra la participación voluntaria de accionistas clave que se unen para definir y tomar acuerdos acerca de asuntos que son importantes para ellos. Los participantes se reúnen para presentar sus preocupaciones, escuchar y entender las perspectivas de otros, y buscar el consenso en un curso de acción que resuelva el problema. Fue en este espíritu que se desarrolló el programa de monitoreo participativo

La Mesa acordó en forma colectiva durante su reunión de octubre de 2001 que preocupaciones asociadas con impactos potenciales a la calidad y cantidad de agua son los temas de mayor prioridad para las instituciones y comunidades rurales y urbanas. Para tratar con estas preocupaciones, la Mesa decidió comisionar un estudio independiente para evaluar los cambios potenciales en calidad y cantidad de agua, relacionados con actividades

mineras. Stratus Consulting de Boulder, Colorado, USA, junto con los participantes de la Mesa, completaron el estudio independiente en Octubre de 2004.

El estudio independiente recomendó que la Mesa siguiera evaluando calidad y cantidad de agua en Cajamarca con la participación de individuos e instituciones. Para cumplir este objetivo, la Mesa reunió un taller en Cajamarca en abril de 2004 para determinar el alcance del programa participativo propuesto. Los participantes en el taller desarrollaron el siguiente:

- Asegurar en forma constante y participativa que la calidad y cantidad de agua superficial y subterránea en las cuencas adyacentes a Minera Yanacocha provean condiciones adecuadas para usos diferentes (consumo humano, ganado e irrigación) en forma tal que cada institución involucrada asuma responsabilidad.

Para conseguir este amplio objetivo, los participantes en el taller definieron un objetivo para el trabajo de monitoreo:

- Formular un plan de monitoreo participativo y continuo de la cantidad y calidad de agua superficial y subterránea en las cuencas adyacentes a Minera Yanacocha, buscando la credibilidad y confianza de la comunidad.

Generando expectativas específicas para los resultados del programa de monitoreo:

- Aumentar la confianza y asegurar la credibilidad de la información ambiental generada en forma permanente en Cajamarca.
- Continuar la naturaleza colaboradora, participativa y transparente del estudio de agua de la Mesa.
- Estimular la participación de la comunidad en la custodia vigilante de los recursos de agua.

Varios objetivos específicos fueron desarrollados para alcanzar estas expectativas:

- Obtener información sobre la calidad y cantidad de agua superficial y subterránea en las cuencas adyacentes a la operación minera, tomando en cuenta los diferentes usos (consumo humano, ganado e irrigación), y hacer esta información disponible en forma permanente al público en forma participativa y transparente.
- Generar credibilidad y confianza en los resultados de monitoreo.
- Reportar al público sobre la cantidad y calidad de agua.
- Implementar una base de datos geográfica de resultados de monitoreo al inicio del mismo.

Los participantes de la mesa también están preocupados sobre impactos a la vida acuática, estos impactos están siendo tratados en un estudio separado efectuado por consultores de Minera Yanacocha, con la participación y supervisión de la Mesa y sus asesores técnicos.

## 1.1 Visión General de la Investigación

Desde la finalización del estudio independiente del agua realizado por la Mesa en octubre de 2003, varios otros programas participativos han sido implementados para monitorear la calidad y cantidad de agua en forma mensual, incluyendo:

- SEDACAJ, la compañía de suministro de agua municipal para la Ciudad de Cajamarca monitorea las corrientes en la Cuenca de Porcón, y los sistemas de redes dentro de la ciudad de Cajamarca
- COMOCA Sur, monitorea canales de irrigación, en su mayoría en la Cuenca de Porcón.
- COMOCA Este, monitorea canales de irrigación, en la Cuenca de Chonta.
- La Cooperativa de Granja Porcón, monitorea canales y agua superficial en la Cuenca de Rejo.
- El Centro Poblado Yanacancha, monitorea agua superficial y canales en la Cuenca Honda superior.
- El Centro Poblado Llaucán, monitorea agua superficial en la cuenca Honda (Llaucano) inferior.
- Además, Minera Yanacocha efectúa un monitoreo de lugares dentro y cerca del límite de la mina, en las cuatro cuencas, en forma trimestral.

En total, estas instituciones monitorean la calidad y flujo de agua en 114 lugares en las cuatro cuencas que rodean la mina (Porcón, Chonta, Honda, y Rejo).

Minera Yanacocha ha jugado un papel central en el desarrollo, implementación y financiamiento de todos los programas participativos. Cada uno de estos programas enfatiza participación y diseminación de resultados, y comparte algunas similitudes con el estudio de agua original de la Mesa.

Los participantes en el taller reconocieron el valor de los datos recogidos por estas instituciones en abril de 2004, y decidieron formular un programa de monitoreo que complemente en lugar de competir con los programas existentes. Se dieron cuenta que la mesa podía proveer una fuente independiente para fundamentar la validez e interpretar los resultados de monitoreo.

El equipo técnico de la Mesa y veedores acompañan al personal de las instituciones participantes en el monitoreo. La Mesa mide parámetros de campo en cada lugar y recoge muestras dobles en un subconjunto de lugares (aproximadamente 10% del número total de lugares). Los resultados de muestreo son puestos en una base de datos mantenida por el equipo técnico de la Mesa.

El equipo técnico de la Mesa compara los resultados de muestreo de ésta con los resultados de muestreo de instituciones para evaluar la validez y calidad de los datos; luego evalúa la calidad de agua para diferentes usos y los efectos potenciales de la mina, midiendo las concentraciones de metales y otros componentes en el agua, comparándolos con características básicas de agua, con los estándares de calidad de agua Peruanos y guías

internacionales que han sido desarrollados para proteger la salud humana y el medio ambiente.

El equipo técnico de la Mesa y una Comisión Técnica conformada por representantes de instituciones que participan en la Mesa, revisan los datos e interpreta los resultados en forma trimestral, los cuales son emitidos a la comunidad.

## **1.2 Organización del Proyecto**

El Coordinador y la Comisión Técnica de la Mesa proveen supervisión al proyecto. El equipo técnico está compuesto de cuatro miembros:

- Gerente de Proyecto: David Atkins, Consultor Independiente, Boulder, Colorado, USA
- Asesora Técnica: Elizabeth Morales, Consultora Independiente, Lima, Perú
- Coordinador Técnico: Carlo Calderon, personal de la Mesa, Cajamarca Perú
- Asistente Técnico: Eduardo Montoya, personal de la Mesa, Cajamarca Perú

El equipo técnico también trabaja con miembros de la Mesa, veedores de las instituciones participantes que acompañan al coordinador y asistente técnico durante el monitoreo.

## **1.3 Organización del Informe**

El Capítulo 2 presenta una visión general del área de estudio, Capítulo 3 describe la evaluación de calidad de datos que se usó para verificar datos recogidos por las instituciones participantes, Capítulo 4 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua, Capítulo 5 presenta conclusiones y recomendaciones.

Los documentos técnicos que sustentan el reporte están contenidos en los anexos, que están diseñados para ser utilizados por lectores interesados que deseen más información sobre los detalles técnicos del estudio.

Los anexos incluyen tablas que describe los puntos de monitoreo (Anexo A); tablas de datos de calidad de agua (Anexo B); resúmenes estadísticos (Anexo C); gráficos de parámetros de calidad de agua (Anexo D); el plan de muestreo y análisis (Anexo E); resumen y recomendaciones del estudio de agua de la Mesa en 2003 (Anexo F); y mapas y fotos de sitios de muestra (Anexo G).

## 2. Visión General del Estudio

El Distrito Minero de Yanacocha está ubicado en el Departamento de Cajamarca, en los Andes del norte peruano, a una latitud de 7° al sur del Ecuador. Minera Yanacocha opera la mayor operación de tajo abierto y lixiviación de oro en el mundo. El distrito minero está ubicado en la Divisoria Continental, separando corrientes que drenan hacia el este a la Cuenca Amazónica y luego al Océano Atlántico (en las cuencas de Porcón, Llaucano y Honda) de aquellas que drenan hacia el oeste al Océano Pacífico (en la cuenca Rejo).

El terreno de estudio es accidentado y se caracteriza por empinadas pendientes y quebradas. Las instalaciones mineras están ubicadas entre 3,500 y 4,200 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La ciudad de Cajamarca está ubicada en un valle al sur del distrito minero a una altitud de 2,750 m s.n.m.

### 2.1 Visión General Geográfica

El programa de monitoreo participativo fue desarrollado para evaluar las condiciones de cantidad y calidad actuales del agua superficial en las quebradas, ríos y canales y otras aguas corriente abajo del Distrito Minero de Yanacocha. El alcance geográfico de la investigación incluye corrientes y canales en las cuatro cuencas potencialmente influenciadas por actividades e instalaciones mineras:

- **La Cuenca Porcón** drena el lado sur del Distrito Minero de Yanacocha, e incluye dos subcuencas hidrográficas principales, el Río Grande y el Río Porcón. Los dos ríos convergen al norte de Cajamarca para formar el Río Mashcón. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a la ciudad de Cajamarca, una distancia de aproximadamente 12 km.
- **La Cuenca Rejo** drena el lado occidental del distrito minero, y es la única cuenca que fluye hacia el Océano Pacífico. Los tributarios del Río Rejo que fluyen desde la propiedad minera incluyen el Río Shoclla, Quebrada Yanacocha/Shilamayo, Quebrada de la Pajuela, y Quebrada Pampa de Cerro Negro. El Río Tinte se convierte en el Río Rejo justo corriente arriba de la comunidad de Granja Porcón cuando se une a la Quebrada Chacacoma. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a la comunidad de Granja Porcón, una distancia de aproximadamente 10 km.
- **La Cuenca Llaucano** drena la parte norte del distrito minero. Los tributarios perennes del Río Llaucano que fluyen desde el distrito minero incluyen el Río Colorado y Quebrada Pampa Larga. Los dos tributarios convergen para formar Quebrada Honda, la cual fluye hacia Bambamarca y se convierte en el Río Llaucano. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a la comunidad de Yanancancha Baja, una distancia de aproximadamente 20 km.
- **La Cuenca Chonta** drena la parte oriental del distrito minero. El Río Chonta es formado por la convergencia del Río Quinua, Río Azufre, y Río Grande del Chonta en un lugar conocido como Tres Tingos. El Río Chonta fluye a través de la comunidad de Baños del Inca para unirse al Río Mashcón y formar el Río Cajamarca. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a un

punto corriente arriba de la comunidad de Baños del Inca, una distancia de aproximadamente 15 km.

## **2.2 Uso de Agua por la Comunidad**

Tanto comunidades rurales como urbanas están preocupadas acerca de problemas de calidad y cantidad de agua asociados con la mina. El uso de tierra en el área que rodea el Distrito Minero de Yanacocha es principalmente agrícola. Aproximadamente 30,000 personas viven en comunidades campesinas rurales dentro del área que rodea el distrito minero, numerosos canales de irrigación transportan agua para uso agrícola y doméstico sobre terreno accidentado desde corrientes a campos, y algunos de estos canales se originan en propiedad de la mina y fluyen a lo largo de contornos dentro y fuera de la propiedad de la mina.

El área de estudio incluye un gran número de canales. El agua en los canales es usada para irrigación, lavado y bebida de ganado, podría ser usada como fuente de agua potable por algunos pobladores, aunque este uso no está bien documentado. Cultivos en el área de Cajamarca incluyen papas, menestras y granos. Además, muchos pastos son irrigados y cultivados para pastura. Los cultivos son irrigados sólo en la estación seca, en tanto que los pastos requieren alguna irrigación todo el año. Los canales corren a lo largo de pendientes, y están construidos para mantener una gradiente bajo.

Muchas comunidades rurales en el área de estudio tienen suministros de agua potable que han sido construidos por Minera Yanacocha u otras organizaciones. Las fuentes generalmente sirven como fuente para suministro de agua potable rural.

La ciudad de Cajamarca tiene dos plantas de tratamiento de agua: Santa Apolonia y El Milagro que suministran agua a aproximadamente 150,000 residentes.

El agua tratada en Santa Apolonia suministra el 30% del agua para la ciudad de Cajamarca y se origina en el Río Ronquillo (Cuenca Porcón) esta cuenca a la que pertenece este río está fuera del área de influencia de la minera.

El agua tratada en la Planta El Milagro suministra el 70% restante del agua para la ciudad de Cajamarca y se origina en la Cuenca Porcón. Dos grandes captaciones suministran agua a El Milagro, una en el Río Porcón y una en el Río Grande. La captación del Río Grande es actualmente la única captación de agua potable para Cajamarca con instalaciones mineras en su nacimiento. La mayoría de comunidades rurales y urbanas no usan pozos de agua subterránea para agua potable o irrigación.

## **2.3 Uso de Agua por la Mina**

Minera Yanacocha comprende seis minas de tajo abierto: Carachugo, Maqui Maqui, San José, Cerro Yanacocha, La Quinua y Cerro Negro.

Las operaciones mineras en el Distrito Minero de Yanacocha empezaron en 1993 con la construcción de las instalaciones de Carachugo, desde entonces, la mina ha seguido expandiéndose; la construcción de la segunda Maqui Maqui empezó en julio de 1994 y la explotación empezó en octubre de 1994; la tercera mina, San José Sur, empezó a operar en 1996; la cuarta mina, Cerro Yanacocha, empezó sus operaciones en 1997; la quinta mina La

Quinua, empezó su producción en setiembre de 2001 y la sexta mina, Cerro Negro, en el 2004.

La mina Yanacocha tiene tres tipos generales de características de mina e instalaciones como tajos abiertos, pilas de lixiviación y pozas asociadas, y botadero de desmonte. Para mitigar los efectos de estas instalaciones, Minera Yanacocha recoge, trata y descarga el agua en exceso de pilas de lixiviación, agua ácida de pozos de mina y escurrimientos en plantas de tratamiento de agua en exceso (EWTPs) y plantas de tratamiento de agua ácida (AWTPs), respectivamente.

Además, la mina captura residuos de agua de caminos, instalaciones en terrenos descampados y otras áreas, y envía el agua a serpentines, los cuales decantan los sedimentos suspendidos antes de descargar el agua. La mina también ha construido dos presas para retener agua superficial del sitio y permitir que el sedimento se asiente antes de ser liberado. La presa de 35m de alto en Río Rejo y la de 46-m de alto en Río Grande.

Las pilas de lixiviación en Carachugo, Yanacocha, Maqui-Maqui, y La Quinua tienen todas aguas en exceso que necesitan ser recolectadas y tratadas. Las EWTPs de Carachugo y Yanacocha retiran cianuro y metales del agua de proceso en exceso de las pilas de lixiviación, particularmente en la estación lluviosa, y descargan a la Quebrada Pampa Larga en la Cuenca Honda. Así, agua originada en las Cuencas Chonta y Rejo puede ser descargada en la Cuenca Honda, resultando transferencia de agua entre cuencas.

El Distrito Minero de Yanacocha contiene varios pozos abiertos que se extienden por debajo de la napa freática. Estos pozos deben ser desaguados para ser minados. Las dos plantas de tratamiento de agua ácida de la mina (AWTPs Quinua y Yanacocha Norte) tratan agua subterránea ácida del desaguado de pozos así como agua filtrada de escoria elevando el pH y precipitando metales. Agua tratada de los AWTPs es descargada a Quebrada Pampa Larga en Cuenca Honda y Quebrada Callejón en el Río Grande superior en la Cuenca Porcón.

Sigue una breve descripción de instalaciones mineras en cada cuenca:

1. **Cuenca Porcón:** Instalaciones mineras en la Cuenca Porcón incluyen partes de los complejos Yanacocha, Carachugo, San José, y La Quinua, todas las instalaciones mineras existentes en la Cuenca Porcón están en la sub-cuenca del Río Grande. La sub-cuenca Quebrada Encajón contiene las operaciones Carachugo, incluyendo el tajo abierto Carachugo y el botadero de desmonte Carachugo Norte; las operaciones de Yanacocha, incluyen partes del tajo abierto Yanacocha Sur; las operaciones San José, incluye una parte del tajo abierto San José y una parte del botadero de desmonte San José; las instalaciones de La Quinua, incluyen el tajo abierto La Quinua y la parte de la planta de oxidación y botadero de desmonte de La Quinua que están en la sub-cuenca Quebrada Callejón. La AWTP La Quinua descarga agua a la Quebrada Callejón.
2. **Cuenca Rejo:** Operaciones mineras en la Cuenca Rejo incluyen las operaciones Cerro Negro, Quinua, y Yanacocha e instalaciones de mantenimiento. Las operaciones Cerro Negro incluyen el tajo abierto. Las operaciones Quinua en la Cuenca Rejo incluyen una

parte del botadero de desmonte, pila de lixiviación de La Quinua y pozas de procesamiento asociadas. Las operaciones Yanacocha en la Cuenca Rejo incluyen el Tajo Norte Yanacocha, la Plataforma de lixiviación Yanacocha y pozas de procesamiento asociadas, y el botadero de desmonte Yanacocha. El botadero de desmonte de Yanacocha genera filtraciones ácidas que son transportadas vía drenajes, tubos a una laguna de recolección a un serpentín para tratamiento.

3. **Cuenca Honda (Cuenca Llaucano):** Instalaciones mineras ubicadas en la Cuenca Honda incluyen la pila de lixiviación Carachugo (actualmente la más grande pila de lixiviación en el mundo) y la instalación asociada Merrill Crowe para extraer oro y plata, los tajos Maqui Maqui y botaderos de desmonte; la AWTP Yanacocha Norte; y los EWTPs Carachugo y Yanacocha. El flujo de estas plantas de tratamiento es descargado a Quebrada Pampa Larga, y es monitoreado en DCP.

Quebrada Pampa Larga es la única corriente que recibe descarga de agua de EWTP en el distrito minero, las instalaciones de Maqui Maqui en Cuenca Honda incluyen la mayor parte del botadero de desmonte Maqui Maqui, el tajo abierto Norte Maqui Maqui y parte del tajo abierto Sur Maqui Maqui. Los tajos Maqui Maqui son húmedos, es decir que agua subterránea filtra en los tajos abiertos; durante la explotación, los tajos fueron desaguados bombeando el agua subterránea; el agua subterránea ácida fue transportada a la AWTP Yanacocha Norte para tratamiento antes de ser descargada en la Quebrada Pampa Larga. La explotación en Maqui Maqui está ahora terminada, el botadero de desmonte será reforestado, las operaciones de drenado del tajo han cesado, el agua subterránea en los pozos ya no es bombeada y se están formando lagos en el tajo.

4. **Cuenca Chonta:** Instalaciones mineras ubicadas en Cuenca Chonta incluyen parte del tajo abierto Sur Maqui Maqui, una parte del botadero de desmonte Maqui Maqui, y la pila de lixiviación Maqui Maqui, la explotación en Maqui Maqui está terminada.

Other instalaciones in the Cuenca Chonta include a small part of the Carachugo Plataforma de lixiviación, the Chaquicocha Open Pit, y an associated waste rock dump, y the Carachugo South Depósito de Escoria, the San José East y South Depósito de Escorias, y part of the San José Open Pit. Otras instalaciones en la Cuenca Chonta incluyen una pequeña parte de la pila de lixiviación Carachugo, el tajo abierto Chaquicocha y un botadero de desmonte asociado, el botadero de desmonte Carachugo Sur, los botaderos de desmonte San José Este y Sur, y parte del tajo abierto San José.

#### 2.4 **Diseño del Programa de Monitoreo Participativo**

Los equipos técnicos y veedores de la Mesa acompañan al personal de las instituciones participantes en los monitoreos. El equipo técnico de la Mesa mide parámetros de campo (temperatura, pH, conductividad específica y oxígeno disuelto) y mide el flujo en todos los lugares, también recoge muestras dobles para análisis de laboratorio en aproximadamente 10 % del número total de lugares muestreados para verificación y control de calidad.

## 2.5 Puntos de Monitoreo y Análisis de Laboratorio

Desde la finalización del estudio de agua independiente original, otros programas de monitoreo participativo han sido implementados en Cajamarca, la Mesa trabaja con estas instituciones. Las instituciones participantes incluyen programas de usuarios de canales de irrigación (COMOCA Sur y Este), el programa de monitoreo de la planta de tratamiento de agua municipal (SEDACAJ), los Centros Poblados Granja Porcon, Yanacancha y Llaucan, y MYSRL; juntas estas instituciones monitorean un total de 112 lugares, incluyendo:

- 18 ríos y quebradas y 14 canales en un total de 51 lugares en la Cuenca Porcon
- 7 ríos y quebradas y 3 canales en un total de 12 lugares en la Cuenca Rejo
- 6 ríos y quebradas y 3 canales en un total de 16 lugares en la Cuenca Honda
- 5 ríos y quebradas y 11 canales en un total de 18 lugares en la Cuenca Chonta
- 5 lugares en la red SEDACAJ
- 4 pozos de agua subterránea y 2 puntos de descarga.

Sigue una breve descripción de cada programa:

### 1. **SEDACAJ** monitorea mensualmente 31 lugares de agua superficial:

- 18 ríos y quebradas en 26 lugares en la Cuenca Porcon
  - Las muestras son analizadas en el laboratorio de la Universidad Católica en Lima (ICP-PUCP), para metales totales, cianuro-WAD, aceites y grasas; las Total y fecal coliform bacteria are analyzed at NKAP in Cajamarca. bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
- 5 lugares en el sistema de redes y reservorios de almacenamiento del sistema de distribución del agua potables.
  - Las muestras son analizadas en el laboratorio de SEDACAJ para metales totales, cianuro WAD.

### 2. **COMOCA Sur** monitorea mensualmente 28 lugares de agua superficial:

- 14 canales de irrigación en 23 lugares en total en la Cuenca Porcon
- 2 canales de irrigación y 1 quebrada en la Cuenca Rejo
- 1 canal de irrigación y 1 quebrada en la Cuenca Honda Las muestras son analizadas en el laboratorio ICP-PUCP en Lima para cianuro WAD, nitratos, sulfatos, dureza, metales totales y disueltos; las bacterias coliformes fecales y totales son analizadas en NKAP en Cajamarca.

### 3. **COMOCA Este** monitorea mensualmente 12 lugares de agua superficial:

- 10 canales en 12 lugares en total en la Cuenca Chonta
  - Las muestras son analizadas en el laboratorio SGS en Lima para cianuro WAD, nitratos, sulfatos, dureza y metales totales; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.

4. **Centros Poblados Yanacancha Grande y Baja** monitorean mensualmente 3 lugares de agua superficial y en forma eventual 5 lugares
  - 2 canales, 4 ríos y quebradas y 1 manantial en 8 lugares en total
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio Envirolab en Lima para acidez, alcalinidad, carbonatos y bicarbonatos, cloruros, cianuro total y libre, dureza, fluoruros, TDS, sulfatos y metales totales; algunas veces cianuro WAD nitratos y TSS; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
  
5. **Centro Poblado Llaucán** monitorea 3 lugares mensualmente:
  - 3 ríos
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio Envirolab en Lima para acidez, alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, cianuro total y libre, dureza, fluoruro, TDS, sulfatos y metales totales, algunas veces cianuro WAD, nitratos, y TSS; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
  
6. **Cooperative Granja Porcón** monitorea 6 lugares mensualmente
  - 3 ríos y quebradas y 1 canal en 6 lugares en total
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio Envirolab en Lima para acidez, alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, cianuro total y libre, dureza, fluoruro, TDS, sulfatos y metales totales, algunas veces cianuro WAD, nitratos, y TSS; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
  
7. **Minera Yanacocha**
  - 15 ríos y quebradas, 2 puntos de descarga, 4 pozos de agua subterránea y 1 manantial en un total de 24 lugares
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio ALS en Lima para aceites y grasas, acidez, alcalinidad, dureza, amoníaco, nitratos, cloruros, fluoruros, sulfatos, TDS, TSS, cianuro total, WAD y metales totales y disueltos.

La influencia de las actividades mineras en puntos de monitoreo es variable, no todas las quebradas, ríos y canales incluidos en el programa de monitoreo tienen agua que podría ser influenciada por la mina. Las quebradas, ríos y canales con influencia directa de la mina reciben descargas o provienen directamente de las operaciones mineras, incluyendo estructuras de control de sedimentos.

Las quebradas, ríos y canales con influencia indirecta de la mina son considerados por las construcciones, carreteras, exploraciones o aguas abajo lejanas de las operaciones mineras. Consecuentemente, este estudio clasifica la influencia de la mina en lugares de muestreo como “directa”, “indirecta” y “ninguna”. Se ha designado algunos lugares en la cuenca Porcón como influencia “indirecta” dentro o aguas debajo de propiedad minera. Actualmente la mina no tiene actividades de exploración o explotación en la cuenca Porcón.

### **3. Evaluación de la Calidad de Datos**

#### **3.1 Consideraciones Generales**

Uno de los principales propósitos del programa de monitoreo participativo es evaluar la calidad de los datos recolectados por las instituciones participantes en Cajamarca. Esta revisión de la calidad de los datos aumenta la confianza en los datos de calidad de agua recolectados por las instituciones participantes. Hacemos esto de dos formas:

- Primero recolectamos muestras dobles en un subgrupo del número total de lugares que las instituciones participantes monitorean y las enviamos para análisis a un laboratorio que seleccionamos.
- Luego determinamos la calidad de los datos evaluando las muestras de control de calidad. Evaluamos muestras ciegas y dobles recolectadas por las instituciones. También evaluamos referencia ciega, estándar, y muestras dobles que nosotros recolectamos y las mandamos a nuestro propio laboratorio.

Los datos utilizados para sustentar el Monitoreo Anual de muestras de agua, deben tener la calidad suficiente para brindar una base sólida para las conclusiones presentadas.

El aseguramiento y control de calidad (QA/QC) fueron desarrollados e implementados con el fin de garantizar que los datos recogidos sean de calidad aceptable.

El aseguramiento de calidad se refiere a mediciones efectuadas durante la evaluación que nos permiten evaluar la calidad de los datos producidos en el estudio y determinar la eficacia de los procedimientos de control de calidad.

El monitoreo se llevó a cabo entonces en conformidad con los acuerdos establecidos en la Mesa. La recolección en el campo fue supervisada por los veedores participantes, controlando minuciosamente las actividades de muestreo en el campo para confirmar que se realizaran en conformidad con los protocolos de muestreo. Después de la selección de laboratorios analíticos utilizando criterios de selección por cada una de las partes, las muestras se sellaron y enviaron a los laboratorios bajo estrictos procedimientos de cadena de custodia. Los laboratorios analizaron las muestras según el programa de trabajo del laboratorio, se evaluaron, corrigieron (si era necesario) y validaron los resultados analíticos. La Mesa realizó una evaluación del aseguramiento de calidad del monitoreo y análisis de muestras durante la evaluación, así como tomo muestras duplicadas, blancos y preparación de estándares de referencia.

Finalmente, se determinaron las conclusiones referentes a la calidad de los datos en general y su capacidad de utilización y el análisis de las muestras por parte de los laboratorios analíticos.

### **3.2 Métodos**

Los laboratorios analíticos utilizados por las instituciones responsables del monitoreo (SEDACAJ, Minera Yanacocha, COMOCA Este y Sur, Centros poblados de Llaucano, Yanacancha y Porcón) fueron ALS-Environmental, Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP, Envirolab, SGS Environmental y NKAP para muestras microbiológicas.

La Mesa utilizó al laboratorio del Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP y a partir de Agosto del 2005 el laboratorio ALS-Environmental.

Los parámetros a analizar fueron elegidos considerando componentes que se encuentran habitualmente en las minas, así como los que ocurren naturalmente en el agua superficial pero que pueden haberse alterado como resultado de las actividades mineras.

Se analizaron parámetros generales de calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad específica, sólidos suspendidos y disueltos totales y pH); aniones importantes (alcalinidad, cloruro, sulfato y fluoruro); cationes importantes (sodio, calcio, magnesio y potasio); trazas de metales y metaloides (aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, manganeso, mercurio, níquel, selenio, plata, talio y zinc); nitrato + nitrito y amoníaco); cianuro disociable en ácido débil WAD.

**Tabla 3.1. Cuadro de Analitos para evaluación de Calidad del Agua**

Analito	Laboratorio Analítico / Número de Método			
	SGS	ALS	Envirolab	ICP-PUCP
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Arsénico	EPA 200.7	EPA 200.8	ICP-GH	SM3114B
Cadmio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Calcio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Cobre	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Cromo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Hierro	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Magnesio	EPA 200.7	EPA 200.7	--	EPA 200.7
Manganeso	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Níquel	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plata	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plomo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Potasio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 1631E	EPA 200.7
Sodio	EPA 200.7	EPA 200.7	ICP-GH	EPA 200.7
Talio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Zinc	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Mercurio	EPA 7470 A	AA Vapor Frió	EPA 1631E	EPA 245.1
Selenio	SM 3114-C	EPA 200.8	ICP-GH	C/98
TSS	SM 2540-D	Gravimetría	SM 2540-D	SM 2540-C/98
<b>Metales Disueltos</b>				
Aluminio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Arsénico	EPA 200.7	EPA 200.8	ICP-GH	SM3114B
Cadmio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Calcio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Cobre	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Cromo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Hierro	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Magnesio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Manganeso	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Níquel	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plata	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plomo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Potasio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Sodio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Talio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Zinc	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Mercurio	EPA 7470 A	AA Vapor Frió	EPA 1631E	EPA 245.1
Selenio	SM 3114-C	EPA 200.8	ICP-GH	C/98
Carbonatos	AOAC 920.194:2000	Titilación	SM 2320-B	SM 2320 B/98
Amoníaco	SM 4500-NH3-D	Potenciometrico	SM 4500-NH3-F	Hach 8038/92
Cloruro	SM 4500-Cl-B	Titilación	---	SM 4500-Cl-C/98
Flúor	SM 4500-F-C	Potenciometrico	EPA 340.2	EPA 300.0/93
Nitratos	SM 4500	Colorimetría	EPA 352.1	Hach 8171/92
Sulfato	SM 4500-SO4-E	Turbidimetria	EPA 375.4	---
TDS	SM 2540-C	Gravimetría	EPA 160.1	SM 2540-C/98
Cianuro WAD	SM 4500-CN-I-F	DesT Colorimetria	SM 4500-CN-I	---
Coliformes Totales	SM 9221 A.B.C	Lab de Análisis NKAP		
Coliformes Fecales	SM 9221 A.B.C.E1			

SM: APHA.AWWA.WEF

### **3.3 Procedimientos de laboratorio**

Se usaron laboratorios acreditados bajo la Norma 17025 (Norma de Competencia para los Laboratorios de Prueba) y acreditados por el consejo Canadiense de Normas y Estándares; se llevo a cabo una evaluación de desempeño de los procedimientos, métodos y control de calidad interna de cada laboratorio.

También se exige que el laboratorio proporcione protocolos para los métodos analíticos empleados en cada análisis, incluyendo los límites de detección para cada químico analizado.

Los criterios de control de los laboratorios incluyeron el uso de:

- Blancos de método y blancos de calibración continua para evaluar si las muestras se contaminaron durante la preparación y el análisis,
- Muestras duplicadas de laboratorio para comprobar la precisión del análisis,
- Muestras de control de laboratorio y verificación continua de calibración para garantizar la precisión del análisis.

Para cada una de estas muestras, el laboratorio estableció límites específicos de aceptabilidad para los resultados así como acciones correctivas que deben aplicarse en caso de que los resultados de la muestra no cumplan con los límites de aceptabilidad.

Cada laboratorio analítico realizó procedimientos de cadena de custodia de muestras, asegurando la integridad del transporte de muestras, se documentó la hora y la fecha de recepción de las muestras y la temperatura dentro de la hielera. La recepción de cada muestra contenida en envases se verificó en los formularios de cadena de custodia. Las muestras se guardaron en un área segura en el laboratorio analítico según los procedimientos documentados de cada laboratorio.

Además, el laboratorio analítico calificó las muestras en casos donde las concentraciones de las muestras eran menores que el límite de detección del método (LDM).

“U” Los datos menores que el LDM indica “no detectado”.

“B” Valor calculado.

“H” Muestra que paso del tiempo límite de análisis.

“BH” Valor calculado análisis fuera de tiempo

### **3.4 Validación de Datos Analíticos**

La validación de datos se dio en un nivel que corresponde a la evaluación de capacidad de utilización y se basa en el grado general de integridad, precisión y representación de datos (es decir, si los números y tipos de análisis de muestras especificados en el programa se realizaron efectivamente).

## **3.5 Muestras de Aseguramiento de la Calidad (QA/QC)**

### **3.5.1 Datos de las Instituciones**

Se analizaron dos tipos de muestras de QA durante el monitoreo, tomándose muestras blanco y duplicados.

Las muestras duplicadas son tomadas en campo por cada institución considerando todo el perfil analítico (metales totales y disueltos, cianuro, aniones, alcalinidad, nitrato, TDS, TSS y coniformes totales y fecales). Los resultados de los análisis son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.1. Muestras Duplicadas tomadas por las instituciones.

Las muestras blanco fueron preparadas por cada institución, siendo estas muestras debidamente preservadas y conservadas en las mismas condiciones de las muestras tomadas, analizándose el mismo perfil analítico general, las instituciones prepararon una muestra blanco por mes. Los resultados de los análisis son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.2. Muestras Blanco tomadas por las Instituciones

### **3.5.2 Datos de la Mesa**

Se analizaron tres tipos de muestras de aseguramiento de la calidad (QA) durante la evaluación se tomaron; blancos, duplicados y muestras de referencia estándar.

#### **3.5.2.1 Muestras Blanco de Control**

La Mesa recolecto muestras blanco para cada tipo de análisis en diferentes eventos de monitoreo (metales totales y disueltos, cianuro, aniones, alcalinidad, nitrato y TDS/TSS). Se utilizó agua ultrapura para preparar todas las muestras blanco. Los resultados de los análisis son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.3.1 Muestras Blanco detectados y no detectados de la Mesa) Tabla C.1.3.2 Muestras Blanco y Duplicados detectados y no detectados de la Mesa)

En las muestras blanco preparadas por la Mesa, se han detectado algunos metales totales de un total de 3 muestras las que fueron: aluminio 2 de 3, calcio 1 de 3, hierro 3 de 3, potasio 1 de 3, sodio 2 de 3 y zinc 2 de 3, y en parámetros químicos tenemos al amoniaco 1 de 3 y nitro+ nitrato 2 de 3.

Sin embargo, una evaluación minuciosa de los datos demuestra que en la mayoría de estos casos la media de los valores detectados para estos analitos está solamente un poco sobre el límite de detección del método, indicando que el nivel de contaminación es muy bajo. Por ejemplo se tiene, la concentración media detectada de calcio total en muestras blanco igual a 15 µg/L, comparadas con el límite de detección del método de 20 µg/L. Así, aunque hubo algunas sustancias detectadas en numerosas muestras en blanco, los niveles de los mismos en las muestras en blanco generalmente están cerca de los límites de detección, indicando que el nivel de contaminación es bajo.

#### **3.5.2.2 Muestras Duplicadas de Control**

Se tomaron muestras duplicados en campo, las cuales fueron tomadas por las instituciones y por la Mesa, cuyo objetivo es evaluar la constancia y repetibilidad de la toma de muestra y de los procedimientos analíticos, además de verificar la confiabilidad de los

procedimientos de recolección de muestras en campo. Durante el transcurso del monitoreo se recolectó un total de 120 muestras duplicadas tomadas por la Mesa. Los resultados son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.4. Tabla comparativa entre las muestras de las Instituciones y las muestras de la Mesa.

Las concentraciones medidas de sustancias en cada par duplicado se compararon entre sí, expresándose la diferencia entre los dos resultados como porcentaje de diferencia relativa (RPD). El RPD se calcula como la diferencia entre los dos valores divididos por el valor de uno de ellos. Los criterios de aceptación usados para duplicados de campo son 35% de RPD para metales por ICP o ICP MS para valores más de cinco veces mayores que el límite de detección requerido, y 50% de RPD para cianuro por destilación (U.S. EPA, 1994). El mercurio y las sustancias convencionales no tienen valores de RPD establecidos, así es que usamos el criterio del 35% de RPD.

Los resultados en la tabla demuestran que el RPD medio para la mayoría de las sustancias está por debajo del 35%. Esto demuestra que para las sustancias en promedio, los resultados de muestras duplicadas de campo son aceptablemente concordantes. Sin embargo, en algunas de estas sustancias hay pares individuales de muestras duplicadas con valores de RPD mayores que 35%. Por ejemplo, aunque el RPD promedio del Arsénico en 4 pares duplicados es de 34%, un par de muestras duplicadas tiene un RPD de 100%. No obstante, en este ejemplo los pares duplicados con el con el RPD alto tienen valores medidos de 5 y 10  $\mu\text{g/L}$  de Arsénico, estando el primero ligeramente sobre el límite de detección del método de 4  $\mu\text{g/L}$ , en cambio el segundo valor la excede en 100 veces sobre el límite de detección del método que es 0.1  $\mu\text{g/L}$ . Los RPD altos de las otras sustancias también se producen comúnmente en los pares duplicados con bajas concentraciones absolutas de una sustancia, donde la precisión analítica se hace mucho más difícil. Se encuentra un gran porcentaje de no calculados por tenerse concentraciones analíticas por debajo del límite de detección del método. Los resultados son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.5 Porcentaje de diferencia relativa de muestras tomadas por la Mesa y las instituciones (RPD)

Por consiguiente, concluimos que para todas las sustancias, los resultados de duplicados de campo demuestran que la recolección de muestras, la preservación, el almacenamiento, el envío y los procedimientos analíticos de laboratorio producen resultados repetibles y precisos.

Ver Anexo de Información de Control de Calidad de datos (QA/QC). Tabla C.1.5. Información de RPD de Duplicados de Muestras de Campo.

### **3.5.2.3 Muestras de Referencia Estándar**

Como parte del programa de QA/QC, la Mesa proporcionó al laboratorio de control de muestras de referencia estándar; estas muestras fueron preparadas por Environmental Resource Associates (ERA), son muestras con una cantidad conocida de sustancias químicas que son entregadas al laboratorio en forma “ciega”, evitando de esta manera que el laboratorio sepa que está analizando muestras control ni cuáles son las concentraciones reales de las muestras. Los resultados son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.6. Muestras Estándar de Agua de Referencia.

### 3.6 Conclusiones

El aseguramiento y control de calidad (QA/QC) fueron desarrollados e implementados con el fin de garantizar que los datos recogidos sean de calidad aceptable conocida.

La toma de muestras en campo se realizaron de conformidad con el Plan de Monitoreo; se seleccionaron laboratorios analíticos, esta selección estuvo basada en criterios diseñados para asegurar que los laboratorios no tuvieran intereses o estuvieran influenciados en los resultados potenciales del monitoreo continuo y participativo y tuvieran las habilidades técnicas y los procedimientos internos de QA/QC para producir datos válidos y precisos.

Para todas las muestras dobles:

- El agua que muestreó la institución fue la misma que el agua que el equipo técnico de la Mesa muestreó.
- Métodos diferentes de recolección de muestras dieron resultados similares.
- Las muestras no fueron alteradas durante el manejo y el envío al laboratorio.
- Las muestras no fueron alteradas en los laboratorios.
- Los resultados de laboratorio fueron comparables.

Los valores de diferencia relativa de porcentaje generalmente estuvieron dentro de un rango aceptable por cada par de muestras dobles. Basados en esta evaluación, nosotros sabemos que los datos recolectados por la Mesa y las instituciones son válidos. Por lo tanto, nosotros sabemos que podemos confiar en todos los datos recolectados por las instituciones para nuestra evaluación de calidad de agua (mas de 1000 total de muestras).

Los datos generados por los laboratorios en su mayoría pueden ser utilizados para la evaluación, en cuanto a la evaluación de QA/QC se encontraron casos limitados de valores de datos con variabilidad más alta a diferencia de otros valores de datos, por lo que deben considerarse solamente estimaciones de los valores verdaderos.

En conclusión, los datos generados en el estudio son válidos y proyectan las condiciones ambientales y su variabilidad en el tiempo que demandó esta evaluación (Junio 2004 – Agosto 2005).

## **4. Evaluación de Calidad de Agua**

La evaluación de calidad de agua está diseñada para tratar los siguientes objetivos específicos del programa participativo, tal como se describe en el Capítulo 1:

- Reportar al público la calidad del agua en las cuencas adyacentes a las operaciones de Minera Yanacocha.
- Implementar una base de datos geográficos de resultados de monitoreo.

La evaluación toma en cuenta los diferentes usos del agua, incluyendo consumo humano, bebidas de animales e irrigación. El equipo técnico de la Mesa utiliza los datos recogidos por las instituciones participantes para evaluar la calidad del agua para sus diferentes usos y los efectos potenciales de la mina.

Se evalúa si el agua es utilizada para consumo y para la agricultura, de dos maneras: Primero, comparamos concentraciones de constituyentes importantes en cada muestra de agua con los estándares de calidad de agua Peruanos, establecidos por la Ley General de Aguas; luego comparamos las concentraciones medidas con las guías internacionales que han sido desarrolladas para proteger la salud humana y el medio ambiente. Las guías internacionales que utilizamos fueron establecidos por: La Organización Mundial de la Salud (OMS); la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S.EPA); la División de Protección Ambiental del Estado de Nevada de los Estados Unidos, Medioambiente Canadá; y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO).

### **4.1 Calidad de Agua de Línea Base**

La calidad de agua de línea base, es la calidad de agua que habría existido en los ríos y quebradas en ausencia de la mina. La calidad natural del agua es afectada por la composición química y la erosión física y química del lecho rocoso y suelos. En áreas donde las rocas son altamente alteradas y naturalmente mineralizadas tal como en el Distrito Minero de Yanacocha, la meteorización química puede producir agua con concentraciones naturalmente elevadas de metales y pH naturalmente bajo. La calidad natural del agua puede también ser alterada por usos humanos que no están relacionados a la mina, incluyendo construcción de caminos, extracción del lecho del río en busca de grava y piedras y prácticas agrícolas tales como pastoreo y agricultura. Estos usos humanos de la tierra pueden acelerar el ritmo natural de meteorización química y física, y pueden tener efectos adversos sobre la calidad del agua. Procesos relacionados con minería pueden influir en la calidad del agua superficial incluyen perturbaciones físicas y deforestación, los cuales aumentan la erosión de suelos y carga de sedimentos en las corrientes. Cambios químicos en calidad de agua que están relacionados con la minería pueden resultar a partir de descargas de aguas de desecho tratadas y no tratadas, y escurrimientos y filtraciones de instalaciones mineras. Las actividades mineras pueden producir agua con elevadas concentraciones de metales y pH bajo.

Para caracterizar las condiciones de base, en el 2002 y 2003 Stratus Consulting recolectó muestras de calidad de agua de 20 ríos y quebradas que drenaban áreas mineralizadas

(cuerpos de mineral y roca alterada asociada que aún no habían sido explotadas, y de corrientes que drenan áreas no mineralizadas que están sujetas a los tipos de usos de tierra que existían en el área de la mina antes que ésta iniciara sus operaciones.) Se ubicaron trece lugares en ríos y quebradas que drenan roca mineralizada y 7 lugares en ríos y quebradas que no drenan roca mineralizada o que drenan áreas con un pequeño porcentaje de roca mineralizada. Se utilizaron resultados del muestreo de línea base para definir el rango de variabilidad natural en calidad de agua que sería esperado en aguas que drenan el sitio minero, si la mina no existiera.

Algunas aguas naturales tienen menores concentraciones de metales o sedimento y valores de pH neutrales, y algunas aguas naturales tienen mayores concentraciones de metales o sedimentos y menores valores de pH. En forma similar, actividades humanas no mineras pueden causar aumentos en varios analitos o cambios en el pH.

La calidad de agua de línea base fue caracterizada como sigue:

- La mayoría de lugares de ríos y quebradas de línea base no mineralizados eran aguas de tipo calcio-bicarbonato o calcio-bicarbonato/sulfato con valores de pH neutrales, indicando que están drenando terreno con alguna capacidad neutralizante. En contraste, la mayoría de lugares de línea base mineralizados eran aguas de tipo calcio-sulfato con bajos valores de pH, indicando que sus drenajes contienen rocas mineralizadas con poca capacidad neutralizante. Aún cuando las corrientes mineralizadas tenían bajos valores de pH, generalmente éstas no contenían concentraciones elevadas de la mayoría de metales.
- Ninguna de las muestras de línea base no mineralizadas excedía ninguno de los estándares de calidad de agua, con la excepción de coliformes fecales no relacionados con la minería y algunos lugares con pH naturalmente bajo, las condiciones de línea base tanto en lugares mineralizados como no mineralizados sustentaban totalmente para usos agrícolas y domésticos.

En la evaluación efectuada por la Mesa en el 2002-2003, los datos de calidad de agua en lugares aguas abajo de la mina fueron comparados con las condiciones de base para determinar si la mina había cambiado la calidad de agua. Las muestras de calidad de agua de línea base fueron analizadas en un laboratorio que alcanzó límites de detección extremadamente bajos (en algunos casos por debajo de 1 µg/L para metales traza). Los metales tienen concentración naturalmente baja en la región, así que los datos de calidad de agua de línea base tenían muchos valores detectados en concentraciones muy bajas.

Los datos recolectados para los programas participativos fueron analizados en laboratorios que generalmente no eran capaces de lograr estos reducidos límites de detección, y los datos para este estudio tenían muchos valores no detectados a los límites de detección sobre los valores medidos desde el conjunto de datos de línea base. En consecuencia, no fue posible comparar los datos del programa participativo con los datos de línea base y tener resultados significativos. Por lo tanto, todos los datos recolectados para este estudio fueron comparados con los límites de calidad de agua descritos en las secciones siguientes.

## 4.2 Métodos de Evaluación de Calidad de Agua

Utilizamos los siguientes pasos para la evaluación de calidad de agua:

1. El coordinador y asistente técnico reunieron todos los datos de las instituciones en una base de datos. El equipo técnico ingresó los datos según éstos eran recibidos de las instituciones participantes, y utilizó esta base de datos para reuniones con la comisión técnica y para preparar los comunicados trimestrales. Todos los análisis fueron ingresados en la base de datos.
2. Nos concentramos en un subconjunto de los analitos totales ingresados en la base de datos. El subconjunto fue elegido porque estos analitos han sido una preocupación en investigaciones anteriores en Cajamarca y pueden estar relacionados con minería, así como con otras actividades naturales y humanas. Los analitos incluyen: bacterias coniformes fecales, sólidos totales disueltos, nitrato, cianuro, aluminio, arsénico, cadmio, cobre, cromo, manganeso, mercurio, plomo y selenio. Estándares y guías son presentados en las Secciones 4.2.1 y 4.2.2.
3. La mayoría de las instituciones analizan sólo metales totales (no filtrados), así que, aún cuando los metales disueltos están en la base de datos y son presentados en las tablas de datos en este reporte, no los incluimos en el análisis de datos.
4. El gerente técnico preparó un resumen estadístico de los datos para cada analito. El resumen incluyó los valores mínimo, medio y máximo, así como los percentiles 25, 50, 75 y 90 para cada concentración de analitos. Valores que fueron presentados en las hojas de datos del laboratorio como “no detectables” fueron ingresados a la mitad del límite de detección. Para ilustrar el significado de estos percentiles, la concentración del percentil 90 para un analito significa que 90% de las concentraciones medidas fueron menores, y aproximadamente 10% fueron mayores que este valor. Preparamos estos resúmenes estadísticos para todos los datos agregados para cada cuenca y para cada lugar.
5. Comparamos los datos con los estándares de la Ley General de Aguas del Perú, como se describe en la Sección 4.2.1. Preparamos tablas que muestran cuántas de las concentraciones de analitos medidos exceden los estándares de la Ley General de Aguas para cada cuenca y para cada lugar.
6. Luego comparamos los datos con las guías internacionales de calidad de agua, como se describe en la Sección 4.2.2. Preparamos tablas que muestran cuántas de las concentraciones de analitos medidos exceden estas guías.
7. Luego comparamos el percentil 90 del análisis estadístico descrito en el ítem 2 líneas arriba con los estándares y guías. El percentil 90 provee una buena comparación porque las guías que utilizamos son muy protectoras y conservadoras. Por lo tanto, es aceptable si las concentraciones de analitos ocasionalmente exceden estos estándares y guías. Si la concentración de percentil 90 de un analito no excede una guía, entonces el estándar o guía es superado menos de 10% del tiempo.

Las siguientes secciones describen los estándares y guías que usamos para la evaluación de calidad de agua.

#### **4.2.1 Estándares de la Ley General de Aguas del Perú**

Ríos, quebradas y canales en el área del proyecto están divididos en dos clases diferentes de acuerdo con la Ley General de Aguas (Decretos Supremos No 007-83-SA y No. 003-2003-SA) administrados por el Ministerio de Salud (DIGESA). Estas clasificaciones están de acuerdo con el uso predominante del agua. Dos clases son aplicadas a las aguas en este estudio:

1. **Clase II:** Agua cruda usada para propósitos domésticos que se potabiliza tratándola con coagulación, sedimentación, filtración y clorado, según lo aprobado por la autoridad sanitaria del Ministerio de Salud. Los ríos y quebradas en el área de estudio que alimentan a las instalaciones de tratamiento de agua de la Ciudad de Cajamarca están designadas como Clase II, e incluyen:
  - a. Río Grande
  - b. Quebrada Encajon
  - c. Río Quilish
  - d. Río Porcón
  - e. Río Ronquillo.
  
2. **Clase III:** Agua cruda usada para irrigación vegetal y bebida de animales. Los siguientes ríos y quebradas en el estudio están designados como Clase III:
  - a. Río Llaucano
  - b. Río Mashcón
  - c. Río Rejo
  - d. Río Chonta.

Con base en estas designaciones, usamos los siguientes estándares de la Ley General de Aguas del Perú para este estudio:

- **Clase II:** Ríos y quebradas en la Cuenca Porcón, incluyendo las sub-cuencas Porcón y Grande y todos sus tributarios.
- **Clase III:** Ríos y quebradas en las Cuencas Rejo, Chonta y Honda (Llaucano) y todos sus tributarios; canales de las cuencas Porcón, Rejo, Honda y Chonta.

La mina es operada de modo tal que las descargas no hagan que los estándares de calidad de estas aguas sean excedidos.

Estándares para analitos de interés son presentados en la siguiente tabla.

Parámetro	Unidades	Ley General de Aguas 17752	
		Clase II	Clase III
Coliforme fecal	NMP/100 mL	4000	1000
Cianuro	µg/L	200	na
Arsénico	µg/L	100	200
Cadmio	µg/L	10	50
Cromo	µg/L	50	1000
Cobre	µg/L	1000	500
Plomo	µg/L	50	100
Mercurio	µg/L	2	10
Selenio	µg/L	10	50

na: no aplicable

Las operaciones mineras también son efectuadas para cumplir con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), Decreto Supremo No. 011-96-MEM, y las guías establecidas por la Corporación Financiera Internacional del Banco Mundial para descarga de operaciones mineras de tajo abierto. Puntos de cumplimiento de descarga son monitoreados por Minera Yanacocha para evaluar el cumplimiento.

#### 4.2.2 Guías Internacionales para Calidad de Agua para Usos Diferentes

También comparamos datos de calidad de agua con las guías internacionales para consumo humano, consumo de ganado, e irrigación. Las guías internacionales que utilizamos fueron establecidos por: La Organización Mundial de la Salud (OMS); la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA); la División de Protección Ambiental del Estado de Nevada de los Estados Unidos, Mediambiente de Canadá y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO).

##### 4.2.2.1 Guías para Bebida de Animales

Evaluamos datos en comparación con guías para ganado desarrollados por el Estado de Nevada y Medioambiente Canadá. Estas guías son resumidas en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	Estado de Nevada	Environment Canadá
Coliforme fecal	NMP/100mL	1000	na
Sólidos disueltos totales	mg/L	3000	3000
Nitrato	mg/L	na	100
Cianuro WAD	µg/L	na	na
Aluminio	µg/L	na	5000
Arsénico	µg/L	200	25
Cadmio	µg/L	50	80
Cobre	µg/L	500	500
Cromo	µg/L	1000	50
Manganeso	µg/L	na	na
Mercurio	µg/L	10	3
Plomo	µg/L	100	100
Selenio	µg/L	50	50

na: no aplicable

#### 4.2.2.2 Guías para Irrigación

Evaluamos datos en comparación con guías para irrigación desarrollados por el Estado de Nevada y Mediambiente Canada y la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO). Estas guías están resumidas en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	FAO	Estado de Nevada	Mediambiente Canadá
Coliforme fecal	mpn/100mL	Na	na	100
Sólidos disueltos totales	mg/L	450	na	500
Nitrato	mg/L	na	na	na
Cianuro WAD	µg/L	Na	na	na
Aluminio	µg/L	5000	na	5000
Arsénico	µg/L	100	100	100
Cadmio	µg/L	10	10	5
Cobre	µg/L	200	200	200
Cromo	µg/L	100	100	8 (Cr VI)
Manganeso	µg/L	200	200	200
Mercurio	µg/L	Na	na	na
Plomo	µg/L	5000	5000	200
Selenio	µg/L	20	20	20

na: no aplicable

#### 4.2.2.3 Guías para Consumo Humano

Evaluamos datos comparando las guías para agua potable desarrolladas por la Ley General de Aguas del Perú (Clase I para uso de agua doméstico con simple desinfección), la Organización Mundial de la Salud, el Estado de Nevada, y la USEPA. Estas guías están resumidas en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	LGA Clase I	OMS	Estado de Nevada	USEPA
Coliforme fecal	NMP/100mL	0	0	0	0
Sólidos disueltos totales	mg/L	na	na	na	na
Nitrato	mg/L	na	50	10	10
Cianuro WAD	µg/L	80 (tot.)	70	200 (libre)	200 (libre)
Aluminio	µg/L	na	na	na	na
Arsénico	µg/L	100	10	50	10
Cadmio	µg/L	10	3	5	5
Cobre	µg/L	1000	na	na	1300
Cromo	µg/L	50	na	100	100
Manganeso	µg/L	na	na	na	na
Mercurio	µg/L	2	1	2	2
Plomo	µg/L	50	10	na	15
Selenio	µg/L	10	10	50	50

na: no aplicable

Las guías de calidad de agua potable están diseñadas para proteger el agua que es consumida por una persona todos los días de su vida. Consideramos los siguientes aspectos de las guías cuando efectuamos la evaluación:

- Concentraciones en exceso de las guías no significan necesariamente que ocurrirán efectos adversos. Por ejemplo, al describir las guías de agua potable, la Organización Mundial de la Salud declara que “desviaciones de corto plazo sobre los valores de guías no significan necesariamente que el agua no es adecuada para consumo” (Organización Mundial de la Salud, 1996).
- Las agencias reguladoras utilizan las guías para monitorear suministros de agua públicos en busca de problemas de largo plazo con la calidad del agua potable, y consideran los suministros de agua en riesgo cuando las guías son excedidas en forma consistente en el monitoreo de rutina.
- Los guías están calculadas basándose en la suposición de que un individuo bebería el agua cada día durante 70 años.

Por tanto, el exceder estas guías no indica que el agua presente un peligro serio e inminente para las personas, o no sea segura para beber. Sin embargo, la evaluación de los excesos sobre el estándar de agua potable indica si la calidad del agua potable puede estar comprometida, y qué analitos podrían estar causando problemas.

#### **4.3 Resultados de Evaluación de Calidad de Agua**

Evaluamos la calidad de agua agrupando lugares de muestreo por cuenca y por usos diferentes. Luego comparamos el resumen estadístico de los agrupamientos con los estándares y guías de calidad de agua. Para cada cuenca, comparamos:

- El resumen estadístico para todos los datos de calidad de agua de cada cuenca con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y con las Guías Internacionales para consumo humano, bebida de animales e irrigación, para dar una visión general de la calidad de agua en cada cuenca.
- Calidad de agua en lugares específicos de ríos, quebradas y red de tratamiento de agua con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y las Guías Internacionales para agua potable (sólo Cuenca Porcón)
- Calidad de agua en canales específicos con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y Guías Internacionales para bebida de animales e irrigación.
- Calidad de agua en lugares específicos basado en el estudio anterior de la Mesa que fueron identificados con influenciados bajo actividades mineras (“puntos críticos”) según los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y Guías Internacionales para bebida de animales e irrigación.
- Calidad de agua en pozos de agua subterránea en sitios de mina y puntos de cumplimiento de descarga con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y Guías Internacionales para bebida de animales e irrigación.

El análisis estadístico de los datos de calidad de agua y su comparación con los estándares nos ayudan a determinar la calidad total del agua y su adecuación para usos

diferentes. Las Tablas en las siguientes secciones contienen los siguientes tipos de información:

- El valor de percentil 90<sup>th</sup> para cada analito de importancia para cada cuenca. Utilizamos el percentil 90<sup>th</sup> para estas comparaciones debido a que el exceder ocasionalmente un estándar es generalmente aceptable. El valor del percentil 90<sup>th</sup> significa que 9 de cada 10 muestras tendrá una concentración por debajo de este valor.
- Si el valor del percentil 90<sup>th</sup> excede un estándar o guía de calidad de agua para cada lugar de muestreo. Donde hay múltiples guías para un cierto uso, comparamos con el valor más bajo (más conservador).
- El número de veces que el estándar o guía fue excedido para cada lugar de muestreo (frecuencia de excedencia).

#### 4.3.1 Cuenca Porcón

Un total de aproximadamente 675 muestras fueron recolectadas en la Cuenca Porcón entre Julio de 2004 y Agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración del percentil 90<sup>th</sup> para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la Ley General de Aguas del Perú y las Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.1: Resumen Estadístico de la Cuenca Porcón**

Analito	Unidades	90 <sup>th</sup> %	¿Excede los Estándares de la Ley General de Aguas?			¿Excede las Guías Internacionales?		
			Clase I	Clase II	Clase III	Humano	Ganado	Irrigación
Coliformes fecales	mpn/100mL	5000	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cianuro WAD	µg/L	2.5	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	202	-	-	-	-	No	No
Nitrato	mg/L	0.3	No	No	No	No	No	No
Arsénico	µg/L	5	No	No	No	No	No	No
Cadmio	µg/L	0.5	No	No	No	No	No	No
Cobre	µg/L	104	No	No	No	No	No	No
Cromo	µg/L	1	No	No	No	No	No	No
Manganeso	µg/L	344	-	-	-	-	-	Sí
Mercurio	µg/L	0.2	No	No	No	No	No	No
Plomo	µg/L	5	No	No	No	No	No	No
Selenio	µg/L	5	No	No	No	No	No	No

Con la excepción de bacterias coliformes fecales, la calidad de agua en la Cuenca de Porcón cumple con los estándares de Clase II y Clase III de la Ley General de Aguas del Perú. Los resultados indican que el problema de calidad de agua más extendido en la cuenca son las bacterias coliformes. El anterior estudio de la Mesa determinó que las bacterias no son resultado de las operaciones mineras, puesto que las concentraciones de bacterias eran más bajas cerca del límite de la mina y aumentaban corriente abajo al aumentar las actividades agrícolas y humanas. Las concentraciones de manganeso en la cuenca Porcón también excedían los guías internacionales para irrigación.

#### 4.3.1.1 Calidad de Agua para Consumo Humano

La siguiente tabla presenta una comparación de las concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para corrientes con los estándares de Clase II de la Ley General de Aguas de Perú (las corrientes en la Cuenca Porcón están designadas como Clase II por DIGESA debido a que éstas proveen la fuente de agua cruda para la planta de tratamiento que abastece a la ciudad de Cajamarca). También comparamos la concentración del percentil 90 con los Guías Internacionales para agua potable *tratada*.

**Tabla 4.3.1.1.a: Agua para Consumo Humano en la Cuenca Porcón**

Corriente	Ley de Aguas del Perú			Guías Internacionales		
	Clase II			Consumo humano		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<u>No influencia de la mina</u>						
Qda Quishuar Corral	No	-	-	No	-	-
Qda Santa Rosa	No	-	-	No	-	-
Qda Tual	No	-	-	No	-	-
Río Chilincaga	No	-	-	No	-	-
Río Hornamayo	No	-	-	No	-	-
Río Porcon	No	-	-	No	-	-
Río Purhuay (Quengorio)	No	-	-	No	-	-
Río Quilis	No	-	-	No	-	-
Río Ronquillo	No	-	-	No	-	-
<u>Influencia indirecta de mina</u>						
Qda Corral Blanco	No	-	-	No	-	-
Qda China Linda	No	-	-	No	-	-
Qda Hunigan	No	-	-	No	-	-
Qda Quilish	No	-	-	No	-	-
Qda Quilish La Paccha	No	-	-	No	-	-
Qda Vizcachayoc	No	-	-	No	-	-
<u>Influencia directa de mina</u>						
Qda Encajon	No	-	-	Sí	Cd	4/16
Qda Callejón	No	-	-	Sí	Pb	1/12
Alto Río Grande	No	-	-	No	-	-
Bajo Río Grande	No	-	-	Sí	Pb	2/13
Cámara de Mezcla Rápida	No	-	-	No	-	-

Calidad de agua en la Cuenca Porcón cumple con los estándares Clase II de la Ley General de Aguas. Lugares de monitoreo en la parte alta del Río Grande ocasionalmente excedían las Guías Internacionales para agua potable en cadmio y plomo (Esta comparación es sólo para referencia, el agua en estos lugares no pasa por una planta de tratamiento - potabilización). Estos contaminantes son removidos en la planta de tratamiento de El Milagro y la calidad del agua que llega a la Ciudad de Cajamarca cumple con los Guías Internacionales como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4.3.1.1b: Red de Agua Potable de la Ciudad de Cajamarca**

	<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías Internacionales</i>		
	<b>SUNASS</b>			<b>Consumo Humano</b>		
<b>Punto de monitoreo</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>
Salida El Milagro	No	-	-	No	-	-
Salida Santa Apolonia	No	-	-	No	-	-
Reservorio de Abastecimiento	No	-	-	No	-	-
Redes	No	-	-	No	-	-

Además evaluamos el percentil 90 de muestras tomadas en la red de agua tratada de SEDACAJ.

Todas las muestras recolectadas cumplen con los estándares de la Ley General de Aguas así como con los Guías Internacionales para calidad de agua potable tratada.

### 4.3.1.2 Calidad del Agua de los Canales

	<i>Ley de General de Aguas</i>			<i>Guías Internacionales</i>						
	<b>Clase III</b>			<b>Ganado</b>			<b>Irrigación</b>			
<b>Canales</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	
<i>Sin influencia de la Mina</i>										
	Carhuaquero Yacuchilla	No	-	-	No	-	-	No	-	-
<i>Influencia indirecta de la mina</i>										
	Arcuyoc Potrero	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Atunmayo	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	2/9
	Cinco de las Vizcachas	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Colpa	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Hermanos Cueva	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Hermanos Cueva Derecha	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Hermanos Cueva Izquierda	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Quilish	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Salvador Coremayo	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/9
<i>Influencia directa de la mina</i>										
	Tual	No	-	-	No	-	-	Sí	Cu, Mn	3/10
	Encajon Collatan	Sí	Pb	2/14	Sí	As, Pb	2/14	Sí	Cu	8/14
	Llagamarca	No	-	-	No	-	-	Sí	Cu, Mn	5/14
	Quishuar	No	-	-	Sí	As	2/14	Sí	Cu, Mn	5/14

La tabla arriba presenta una comparación de concentraciones de parámetros de calidad del agua al percentil 90<sup>th</sup> para canales con los estándares de Clase III de la Ley General de Aguas (los canales están clasificados como Clase III por la DIGESA), También comparamos la concentración al percentil 90<sup>th</sup> con las Guías Internacionales para uso ganadero y de irrigación.

Ocasionalmente el plomo excede los estándares de Clase III de la Ley general de Aguas en Canal Encajón Collotán. Como se vé en la evaluación de calidad de agua en general para la cuenca (Tabla 4.3.1), el manganeso excede las guías internacionales en varios canales con influencia minera limitada (Atunmayo y Salvador Coremayo) y en puntos donde la mina descarga agua directamente (Tual, Encajón Collotán, Llagamarca y Quishuar). Además, canales con descarga directa en mina excedieron las guías de irrigación internacionales para cobre, arsénico y ocasionalmente plomo excedieron los guías internacionales para ganado en dos canales con descarga directa de mina.

### 4.3.1.3 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

“Puntos Críticos” en la cuenca Porcón incluyen corrientes cercanas al límite de la mina que tienen instalaciones mineras corriente arriba (Qda Encajón) y/o descarga directa de agua tratada (Qda Callejón y alto Río Grande).

**Tabla 4.3.1.3 Puntos Críticos Cuenca Porcón**

		<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías Internacionales</i>					
		Clase II			Ganado			Irrigación		
Corriente		90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
	Qda Encajon	No	-	-	No	-	-	Sí	TDS, Mn	14/16
	Qda Callejon	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	7/12
	Alto Río Grande	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	5/14

Estos lugares cumplieron con los estándares Clase II de la Ley General de Aguas, y frecuentemente excedieron los guías internacionales para manganeso en agua de irrigación.

### 4.3.2 Cuenca Rejo

Un total de aproximadamente 120 muestras fueron recogidas en la Cuenca Rejo entre julio de 2004 y agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración al percentil 90 para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la Ley General de Aguas y las Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.2 Resumen Estadístico Cuenca Rejo Todos los Lugares**

			¿Excede la Ley de Aguas del Perú?			¿Excede los Guías Internacionales		
						Consumo		Irrigación
Analito	Unidades	90 <sup>th</sup> %	Clase I	Clase II	Clase III	Humano	Ganado	
Coliforme fecal	mpn/100mL	280	Sí	No	No	Sí	No	Sí
Cianuro	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	476	-	-	-	-	No	No
Nitrato	mg/L	0,3	No	No	No	No	No	No
Arsénico	ug/L	11,4	No	No	No	No	No	No
Cadmio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No
Cobre	ug/L	34,5	No	No	No	No	No	No
Cromo	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Manganeso	ug/L	295	-	-	-	-	-	Sí
Mercurio	ug/L	0,3	No	No	No	No	No	No
Plomo	ug/L	13	No	No	No	Sí	No	No
Selenio	ug/L	1	No	No	No	No	No	No

La calidad de agua en la Cuenca Rejo cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas del Perú. Los resultados indican que el problema de calidad de agua más extendido en la cuenca son las bacterias coliformes. El estudio anterior de la Mesa se determinó que las bacterias no resultan de las operaciones mineras, puesto que las concentraciones de bacterias eran más bajas cerca del límite de la mina y aumentaban corriente abajo al aumentar las actividades agrícolas y humanas. Las concentraciones de manganeso en la Cuenca Rejo excedieron ligeramente las guías internacionales para agua de irrigación; el plomo excedió ligeramente los guías internacionales para agua potable *tratada* (el agua que monitoreamos en esta cuenca no está tratada y hacemos esta comparación simplemente para referencia).

#### 4.3.2.1 Calidad de Agua de los Canales

La siguiente tabla presenta una comparación de concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para canales con los estándares de Clase III de la Ley General de Aguas (los canales están clasificados como Clase III por la DIGESA). También comparamos la concentración del percentil 90 con las Guías Internacionales para uso de ganado e irrigación.

**Tabla 4.3.2.1 Canales Cuenca Rejo**

Canal	<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<i>Influencia directa de mina</i>									
Tual	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/6
Capa Rosa	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Chorro Blanco	No	-	-	No	-	-	No	-	-

La calidad de agua en los canales cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas, así como con las guías internacionales para agua de ganado. Sólo manganeso en 1 de 6 muestras en el Canal Tual excedió los guías internacionales para irrigación.

#### 4.3.2.2 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

“Puntos Críticos” en la cuenca Rejo incluyen corrientes cercanas al límite de la mina que tienen instalaciones mineras corriente arriba (incluyendo la nueva presa de control de sedimentos).

**Tabla 4.3.2.2 Puntos Críticos Cuenca Rejo**

Corriente	<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
Qda Shoclla	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	3/11
Río Tinte	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Río Rejo	No	-	-	No	-	-	No	-	-

La calidad de agua en los puntos críticos cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas, así como con las guías internacionales para agua de ganado. Sólo manganeso en 3 de 11 muestras en la Qda Shoclla excedió los guías internacionales para irrigación.

#### 4.3.3 Cuenca Honda

Un total de aproximadamente 110 muestras fueron recogidas en la Cuenca Honda entre julio de 2004 y agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración al percentil 90 para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la Ley General de Aguas y las Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.3 Resumen Estadístico Cuenca Honda**

			Excede Ley de Aguas del Perú?			Excede Guías Internacionales?		
						Consumo		
Analito	Unidades	90 <sup>th</sup> %	Clase I	Clase II	Clase III	Humano	Ganado	Irrigación
Coliforme fecal	mpn/100mL	500	Sí	No	No	Sí	No	Sí
Cianuro	ug/L	20	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	1043	-	-	-	-	No	Sí
Nitrato	mg/L	21	No	No	No	Sí	No	No
Arsénico	ug/L	7	No	No	No	No	No	No
Cadmio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No
Cobre	ug/L	100	No	No	No	No	No	No
Cromo	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Manganeso	ug/L	133	-	-	-	-	-	No
Mercurio	ug/L	0,6	No	No	No	No	No	No
Plomo	ug/L	37	No	No	No	Sí	No	No
Selenio	ug/L	11	Sí	Sí	No	Sí	No	No

La calidad de agua en la Cuenca Honda cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas del Perú. La concentración al percentil 90 excedió los estándares internacionales para plomo y selenio para agua potable y sólidos disueltos totales (TDS) para agua de irrigación.

#### 4.3.3.1 Calidad de Agua en los Canales

La siguiente tabla presenta una comparación de concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para canales con los estándares de Clase III de la Ley General de Aguas (los canales están clasificados como Clase III por la DIGESA). También comparamos la concentración del percentil 90 con las Guías Internacionales para uso de ganado e irrigación.

**Tabla 4.3.3.1 Canales Cuenca Honda**

		Ley de Aguas del Perú			Guías internacionales					
		Clase III			Ganado			Irrigación		
Canal		90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<i>Influencia directa de mina</i>										
	Tual	No	-	-	No	-	-	Sí	TDS, Cu, Se	4/14
<i>Influencia indirecta de la mina</i>										
	Campanario	Sí	Pb	1/6	Sí	As, Pb	1/6	Sí	As, Mn	1/6
	Piedra Gacha	No	-	-	No	-	-	No	-	-

La calidad de agua en los canales Tual y Piedra Gacha cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas, así como con las guías internacionales para agua de ganado. Los estándares internacionales para agua de irrigación fueron excedidos en el Canal Tual para TDS, cobre y selenio. Los estándares nacionales y guías internacionales para ganado e irrigación de calidad de agua fueron excedidos en el Canal Campanario en 1 de 6 veces

### 4.3.3.2 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

“Puntos Críticos” en la Cuenca Honda incluyen el lugar de descarga de agua tratada en Qda Pampa Larga y la parte alta de la Qda Honda.

**Tabla 4.3.3.2 Puntos Críticos Cuenca Honda**

		<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
		<b>Clase III</b>			<b>Ganado</b>			<b>Irrigación</b>		
<b>Corriente</b>		<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>
	Qda Pampa Larga	Sí	Pb	2/5	Sí	As	1/5	Sí	TDS, Pb, Mn, Se	2/6
	Qda Honda	No	-	-	No	-	-	No	-	-

La calidad de agua en la Qda Pampa Larga excedió los estándares de la Clase III de la LGA para Plomo. Además, los guías de irrigación internacionales fueron excedidos para sólidos disueltos totales, plomo, manganeso y selenio en 2 de 6 veces. La calidad de agua de Qda Honda cumplió con todos los estándares y guías.

### 4.3.4 Cuenca Chonta

Un total de aproximadamente 110 muestras fueron recogidas en la Cuenca Honda entre julio de 2004 y agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración al percentil 90 para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la LGA y los Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.4 Resumen Estadístico Cuenca Chonta**

			<b>Excede Ley de Aguas del Perú?</b>			<b>Excede Guías Internacionales?</b>		
			<i>Clase I</i>	<i>Clase II</i>	<i>Clase III</i>	<b>Consumo</b>		
<b>Analito</b>	<i>unidades</i>	<i>90<sup>th</sup> %</i>				<i>Humano</i>	<i>Ganado</i>	<i>Irrigación</i>
Coliforme fecal	mpn/100mL	300	Sí	No	No	Sí	No	Sí
Cianuro	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	355	-	-	-	-	No	No
Nitrato	mg/L	1	No	No	No	No	No	No
Arsénico	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Cadmio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No
Cobre	ug/L	37	No	No	No	No	No	No
Cromo	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Manganeso	ug/L	524	-	-	-	-	-	Sí
Mercurio	ug/L	0,5	No	No	No	No	No	No
Plomo	ug/L	22	No	No	No	Sí	No	No
Selenio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No

La calidad de agua en la Cuenca Rejo cumple con los estándares Clase III de la LGA. Las concentraciones de manganeso en la Cuenca Chonta excedieron los guías internacionales para agua de irrigación, y el plomo y arsénico excedieron ligeramente los guías internacionales para agua potable *tratada* (el agua que muestreamos en esta cuenca no está tratada y hacemos esta comparación simplemente para referencia).

#### 4.3.4.1 Calidad de Agua en los Canales

La siguiente tabla presenta una comparación de concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para canales con los estándares de Clase III de la Ley de Aguas del Perú (los canales están designados como Clase III por DIGESA). También comparamos la concentración del percentil 90 con los Guías Internacionales para uso de ganado e irrigación.

**Tabla 4.3.4.1 Canales Cuenca Chonta**

Canal	<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<i>No influencia de mina</i>									
Cocan	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Quihuila Quecher Pabellón	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Unigan Tornuyoc	No	-	-	No	-	-	No	-	-
<i>Influencia indirecta de mina</i>									
Azufre Ventanilla	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Azufre Ahidero	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Tres Tingos	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	4/10
<i>Influencia directa de mina</i>									
La Sacsha	No	-	-	No	-	-	Sí	Al, Mn	12/13
Azufre Atonconga	No	-	-	No	-	-	Sí	Al, Mn	1/9
Sacas Unigan	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/4
Tomaducho	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/4

La calidad de agua en la Cuenca Chonta cumple con los estándares Clase III de la Ley de Aguas del Perú y con los guías internacionales para ganado. El agua de irrigación en el Canal La Sacsha excedió los guías internacionales para aluminio y manganeso la mayor parte del tiempo.

#### 4.3.4.2 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

Puntos críticos en la Cuenca Chonta incluyen corrientes directamente corriente debajo de las operaciones mineras.

**Tabla 4.3.3.2 Puntos Críticos Cuenca Chonta**

Corriente	Ley de Aguas del Perú			Guías internacionales					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
Qda Arnacocha	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/5
Qda Chaquicocha	Sí	Pb	1/3	Sí	Al, As, Pb	2/3	Sí	Al	2/3
Qda Ocucha Machay	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Qda San Jose	Sí	Cu	1/5	Sí	Al, Cu	4/5	Sí	TDS, Al, Cu, Mn	4/5

La calidad de agua en las Qda Arnacocha y Qda Ocucha Machay cumple con los estándares Clase III de la Ley de Aguas del Perú, así como con los guías internacionales para agua de ganado. Qda Chaquicocha y Qda San José ocasionalmente excedieron los estándares de la Ley de Aguas del Perú para plomo y cobre, respectivamente. Estas dos corrientes también excedieron los guías internacionales para ganado e irrigación la mayor parte del tiempo.

#### 4.3.5 Puntos de Monitoreo de Mina

Minera Yanacocha recolecta datos de tres pozos de monitoreo de agua subterránea (Pozo Maqui Maqui, Pozo Cerro Yanacocha, y Pozo La Quinua) en forma trimestral. Minera Yanacocha también monitorea dos puntos de descarga de agua tratada (Punto Descarga La Quinua en la Cuenca Porcon y Punto Descarga Pampa Larga en la Cuenca Honda).

**Tabla 4.3.5 Puntos de Monitoreo por la Mina**

	Ley de Aguas del Perú			Guías internacionales					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<i>Pozos de Agua Subterránea</i>									
Pozo Maqui Maqui	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	2/5
Pozo Cerro Yanacocha	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn, TDS	3/5
Pozo La Quinua	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/5
<i>Puntos de Descarga</i>									
La Quinua	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn, TDS	4/5
Pampa Larga	Sí	Cu	1/5	Sí	Cu	1/5	Sí	Se, Cu, TDS	2/5

## 5. Resumen, Conclusiones y Recomendaciones

Desde Julio del 2004 la Mesa de Diálogo y Consenso CAO-Cajamarca (la Mesa) ha estado realizando un programa de monitoreo participativo para evaluar la calidad del agua en la vecindad del Distrito Minero de Yanacocha cerca de Cajamarca, Perú. El programa de monitoreo es una respuesta a las recomendaciones de una evaluación independiente del agua realizada a favor de la Mesa y completada en 2003.

El diseño básico del estudio fue preparado en Abril 2004 durante un taller compuesto por participantes de la Mesa y profesionales de instituciones en Cajamarca. El taller definió los siguientes objetivos específicos:

- Obtener información sobre la calidad y cantidad de las aguas superficiales y subterráneas en las cuencas adyacentes a la operación minera, tomando en cuenta los diferentes usos (consumo humano, ganado e irrigación).
- Implementar una base de datos geográficos de los resultados.
- Hacer que esta información este disponible permanentemente al público en una manera participativa y transparente.
- Generar confianza en los resultados del monitoreo y mejorar la credibilidad de la interpretación de los datos.
- Informar al público sobre la calidad del agua en Cajamarca.

Para lograr estos objetivos, el equipo técnico de la Mesa trabaja con otras instituciones que monitorean la calidad y cantidad de agua en Cajamarca, incluyendo SEDACAJ (la compañía municipal de suministro de agua para la ciudad), COMOCA Sur y Este (las asociaciones de usuarios de canales), Minera Yanacocha, la comunidad de Granja Porcón y los Centros Poblados Yanacancha y Llaucán. Juntas, estas instituciones monitorean la calidad y el flujo de agua mensualmente en más de 100 lugares en las cuatro cuencas que rodean la mina (Porcón, Chonta, Honda, y Rejo). La Mesa complementa y fortalece estos esfuerzos de monitoreo al brindar una fuente independiente de financiamiento, validación e interpretación de los resultados del monitoreo.

Este informe anual de monitoreo presenta los resultados y la interpretación de los datos de calidad de agua recolectados mensualmente entre Julio del 2004 y Agosto del 2005. Los datos de calidad de agua fueron recolectados y evaluados en más de 100 lugares, incluyendo:

- 18 arroyos y 14 canales en un total de 51 lugares en la Cuenca del río Porcón
- 7 arroyos y 3 canales en un total de 12 lugares en la Cuenca del río Rejo
- 6 arroyos y 3 canales en un total de 16 lugares en la Cuenca del río Honda
- 5 arroyos y 11 canales en un total de 18 lugares en la Cuenca del río Chonta
- 5 lugares en la red de SEDACAJ de agua tratada para beber
- 4 pozos de aguas subterráneas y 2 puntos de descarga en el lugar de la mina.

El equipo técnico de la Mesa y los veedores que representan a instituciones en la Mesa acompañan al personal de las instituciones participantes mientras muestrean. La Mesa

toma mediciones de campo en cada lugar y recolecta muestras dobles en un subgrupo de lugares (aproximadamente 10% del número total de muestras recolectadas). El equipo técnico de la Mesa compara los resultados de la muestra de la Mesa con los resultados de la muestra de la institución para evaluar la validez y calidad de los datos.

El equipo técnico entonces evalúa si el agua se puede usar para beber y para la agricultura, en dos formas. Primero, comparamos las concentraciones de importantes constituyentes en cada muestra de agua con los estándares peruanos de calidad de agua establecidos por la Ley General de Agua como sigue:

- **Clase II** – El agua cruda usada para propósitos domésticos que se convierte en potable al tratarla con coagulación, sedimentación, filtración y clorinación, según lo aprobado por el Ministerio de Salud
  - Arroyos en la Cuenca del río Porcón, incluyendo las sub-cuencas Porcón y Grande y todos los tributarios.
- **Clase III** – Agua cruda usada para irrigación vegetal y consumo animal (ganado).
  - Arroyos en las cuencas de los ríos Rejo, Chonta y Honda (Llaucano) y todos los tributarios; Canales en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda y Chonta.

Luego comparamos las concentraciones medidas con los valores guías internacionales que han sido desarrollados para proteger el agua de beber y los recursos agrícolas cuando el agua es usada todos los días. Los valores guías internacionales que usamos fueron establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS); la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA); la División de Protección Ambiental del Estado de Nevada, Estados Unidos; Canadá Ambiental; y la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO).

Cuando las concentraciones exceden estos valores guías, eso no necesariamente significa que habrá problemas. Por ejemplo, al describir sus estándares para el agua de beber, la Organización Mundial de la Salud declara que “las desviaciones de corto plazo sobre los valores guías no necesariamente significan que el agua no es apta para el consumo.” Cuando evaluamos si debemos preocuparnos sobre la calidad del agua en un lugar, determinamos:

- Qué analitos exceden un estándar o valor guía porque diferentes elementos afectan el agua de diferentes maneras.
- El percentil 90<sup>th</sup> de la concentración por una excedencia ocasional de un estándar generalmente es aceptable. El valor del percentil 90<sup>th</sup> significa que 9 de 10 muestras tendrán una concentración por debajo de este valor.
- La cantidad en que una concentración excede el estándar o valor guía.
- El número de veces que la concentración en un lugar excede un estándar o valor guía.

La Comisión Técnica que consiste en representantes de instituciones con experiencias técnicas, conjuntamente con el equipo técnico de la mesa revisan los datos de la Mesa y

relizan la interpretación trimestralmente y estos resultados se dan a conocer a la comunidad. El equipo técnico de la Mesa preparó este informe que resume los datos recolectados entre Julio del 2004 y Agosto del 2005.

Para este informe anual de monitoreo, evaluamos mas de 1000 muestras individuales de calidad de agua recolectadas por las instituciones participantes y analizadas en los laboratorios analíticos que eligieron, y 120 muestras dobles recolectadas por el equipo técnico de la Mesa y analizadas en los laboratorios seleccionados por el personal de la Mesa y la Comisión Técnica.

## **5.1 Resumen de Evaluación de Datos**

Uno de los principales propósitos del programa de monitoreo participativo es evaluar la calidad de los datos recolectados por las instituciones participantes en Cajamarca. Esta revisión de la calidad de los datos aumenta la confianza en los datos de calidad de agua recolectados por las instituciones participantes. Hacemos esto de dos formas:

- Primero recolectamos muestras dobles en un subgrupo del número total de lugares que las instituciones participantes monitorean y las enviamos para análisis a un laboratorio que seleccionamos.
- Luego determinamos la calidad de los datos evaluando las muestras de control de calidad. Evaluamos muestras ciegas y dobles recolectadas por las instituciones. También evaluamos referencia ciega, estándar, y muestras dobles que nosotros recolectamos y las mandamos a nuestro propio laboratorio.

### **5.1.1 Muestras Dobles de la Mesa Comparadas con las Muestras de Instituciones**

Nosotros recolectamos 120 muestras dobles para este estudio. Nosotros acompañamos a las instituciones participantes en sus salidas de muestreo y recolectamos una muestra en el mismo lugar y momento que la institución. Usamos nuestros propios procedimientos de recolección y nuestras propias botellas y damos a la muestra un nombre diferente que la institución, para que solo el equipo técnico de la Mesa sepa de qué lugar recolectamos las muestras dobles.

Después que recibimos los datos analíticos del laboratorio, comparamos las concentraciones de cada analito en nuestra muestras doble con la concentración en la muestra de la institución y calculamos la diferencia relativa en porcentaje. La diferencia relativa en porcentaje es la diferencia entre los resultados de las dos muestras dividida entre el valor promedio. De esta manera, comparamos las dos muestras y determinamos:

- Si las muestras han sido cambiadas de cualquier manera por las instituciones o el laboratorio
- Si la calidad de los datos es aceptable para los propósitos del estudio.

Evaluamos las diferencias relativas de porcentaje por cada analito en cada muestra. Para todas las muestras dobles:

- El agua que muestreó la institución fue la misma que el agua que el equipo técnico de la Mesa muestreó.
- Métodos diferentes de recolección de muestras dieron resultados similares.
- Las muestras no fueron alteradas durante el manejo y el envío al laboratorio.
- Las muestras no fueron alteradas en los laboratorios.
- Los resultados de laboratorio fueron comparables.

Los valores de diferencia relativa de porcentaje generalmente estuvieron dentro de un rango aceptable por cada par de muestras dobles. Basados en esta evaluación, nosotros sabemos que los datos recolectados por la Mesa y las instituciones son válidos. Por lo tanto, nosotros sabemos que podemos confiar en todos los datos recolectados por las instituciones para nuestra evaluación de calidad de agua (mas de 1000 muestras en tota).

### **5.1.2 Muestras de Control de Calidad**

Cada institución recolecta muestras dobles y muestras ciegas para evaluar cómo se toman las muestras y la calidad de los datos del laboratorio. Las dos muestras para la doble se recolectan de la misma manera, se les da un nombre diferente, y son analizadas en el mismo laboratorio. Los resultados de estas dos muestras son comparadas una con otra. Las muestras ciegas son agua pura que se pone en botellas y se etiquetan como una muestra regular y se manda al laboratorio. Estas muestras deben tener concentraciones muy bajas o no detectadas.

El equipo técnico de la Mesa también recolecta muestras dobles y ciegas. Además, preparamos una muestra estándar de referencia. Esta muestra tiene una concentración conocida de cada elemento analizado por el laboratorio. Comparamos los resultados del análisis del laboratorio con las concentraciones conocidas.

Todas las muestras de control de calidad son enviadas al laboratorio “ciega” para que el laboratorio no sepa que esta analizando muestras ciegas, dobles, o estándar de referencia. Las diferencias relativas de porcentaje para todas las muestras dobles estuvieron dentro de un rango aceptable. Todas las muestras ciegas tuvieron concentraciones muy bajas o no detectadas de los analitos que el laboratorio midió. Las diferencias relativas de porcentaje entre las concentraciones de la muestra estándar de referencia y las concentraciones conocidas también estuvieron dentro de un rango aceptable. Por lo tanto, nosotros concluimos de los resultados de las muestras de control de calidad que todos los datos recolectados por el equipo técnico de la Mesa y las instituciones pueden ser usados para la evaluación de calidad del agua.

## **5.2 Resumen de la Evaluación de Calidad de Agua**

En esta sección presentamos un resumen de nuestra evaluación de calidad de agua para cada cuenca y para diferentes usos (consumo humano, bebida de animales e irrigación).

También resumimos la calidad del agua en los “puntos críticos” que identificamos en el estudio de la Mesa del 2003 y en las aguas subterráneas y puntos de descarga de la mina.

### **5.2.1 Cuenca Porcón**

La evaluación de los resultados analíticos del agua de todas las muestras recolectadas en la Sub Cuenca Río Porcón y Sub Cuenca Río Grande, cumple con los requerimientos de la Clase II de la Ley General de Aguas, con excepción de una muestra recolectada en el canal Encajón Collotán que presenta plomo por encima de los límites máximos permisibles.

#### **5.2.1.1 Calidad del Agua para Consumo Humano**

La evaluación de los resultados analíticos del agua de todas las muestras recolectadas para consumo humano en la Sub Cuenca Río Porcón y Sub Cuenca Río Grande, cumplen con requerimientos de la Clase III de la Ley General de Aguas, con excepción de bacterias coliformes fecales las que no son resultado de las operaciones mineras, estas pueden deberse a las actividades agrícolas y humanas de la zona.

La calidad del agua potable a la Salida de la Planta El Milagro, Salida de la Planta Santa Apolonia, Reservorio de Abastecimiento y Redes cumplen con los estándares de la SUNASS y las guías internacionales (OMS, USEPA) para agua potable tratada.

#### **5.2.1.2 Calidad del Agua para Agricultura**

Al evaluar la calidad del agua, utilizando las guías internacionales para irrigación de los canales de la cuenca sin influencia minera (Carhuaquero Yacuchilla), cumplen con los requerimientos de las guías internacionales.

La calidad de las aguas de los canales con influencia indirecta de la mina (Arcuyoc Potrero, Atunmayo, Capa Rosa, Colpa, Hermanos Cueva, Hermanos Cueva derecha, Hermanos Cueva izquierda, Salvador Coremayo, Cince de las Vizcachas y Quillish) cumplen con los requerimientos de calidad de las guías internacionales para bebida de animales e irrigación, con excepción del parámetro manganeso que excede las guías internacionales para irrigación en el canal Atunmayo (2 de 9 muestras) y en el canal Salvador Coremayo (1 de 9 muestras).

La calidad de los canales con influencia directa de la mina (Tual, Encajón Collotán, Quishuar y Llagamarca) excedieron las guías internacionales para irrigación en manganeso y cobre; ocasionalmente excedieron las guías internacionales para bebida de animales en arsénico y plomo en los canales Encajón Collotán y Quishuar.

#### **5.2.1.3 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado 3 puntos críticos (Qda Encajón, Qda Callejón y Alto Río Grande) estos puntos incluyen corrientes cercanas al límite de la mina en los que frecuentemente se han

excedido los valores de las guías internacionales para irrigación en TDS y manganeso para la Qda. Encajón; manganeso para la Qda Callejón y alto Río Grande.

### **5.2.2 Cuenca Rejo**

La evaluación de los resultados analíticos de las muestras de agua recolectadas cumplen con los requerimientos de la Clase III de la Ley General de Aguas, con excepción de bacterias coliformes fecales, estas no son resultado de las operaciones mineras, ya que las concentraciones encontradas son bajas cerca del límite de la mina y aumentan corriente abajo.

La calidad del agua con relación a las guías internacionales para bebida de animales e irrigación para el canal sin influencia Minera (Chorro Blanco) cumple con las guías internacionales.

La calidad del agua con relación a las guías internacionales para bebida de animales e irrigación para el canal con influencia indirecta de la mina (Capa Rosa) cumplen con las guías internacionales a excepción del canal Tual (el canal Tual ya no capta agua en esta cuenca, el agua la trae desde la cuenca Honda) que excedió ligeramente las guías internacionales de irrigación para manganeso (1 de 6 muestras).

La calidad del agua cumple con las guías internacionales para bebida de animales para el canal con influencia directa de la mina (Tual), excedió ligeramente las guías internacionales de irrigación para manganeso (1 de 6 muestras).

#### **5.2.2.1 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado 3 puntos críticos (Qda Shoella, Río Tinte y Río Rejo), la calidad del agua en estos puntos cumplen con las guías internacionales para agua de bebida de animales; sólo manganeso excede las guías internacionales para irrigación en la Qda Shoella (3 de 11 muestras).

### **5.2.3 Cuenca Honda**

La calidad del agua de la cuenca cumple con los estándares de la Ley General de Aguas Clase III. A excepción del canal Campanario que excede ligeramente el estándar nacional para plomo (1 de 6 muestras) y la Qda Pampa Larga (2 de 5 muestras).

La calidad del agua con relación a las guías internacionales para bebida de animales e irrigación para los canales Tual y Piedra Gacha cumplen con las guías internacionales para bebida de animales excepto la presentan arsénico y plomo en el canal Campanario (1 de 6 muestras). Las guías internacionales para agua de irrigación excedieron para TDS, cobre y selenio en el canal Tual (4 de 14 muestras); arsénico y manganeso en el canal campanario (1 de 6 muestras).

### **5.2.3.1 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado como puntos críticos de esta cuenca (Qda Pampa Larga y Qda Honda). La calidad del agua en la Qda Pampa Larga excedió las guías internacionales para sólidos disueltos totales, plomo, manganeso y selenio (2 de 6 muestras). Los resultados de análisis de las muestras de agua en la quebrada Honda muestran que el agua satisfizo los requerimientos de calidad establecidos por las guías internacionales.

### **5.2.4 Cuenca Chonta**

La calidad del agua de esta cuenca cumple con los estándares de la Ley General de Aguas Clase III, ocasionalmente excedieron los estándares de la Ley para plomo en la Qda Chaquicocha (1 de 3 muestras) y cobre en la Qda San José (1 de 5 muestras)

Al evaluar la calidad del agua bajo las guías internacionales para irrigación de los canales de la cuenca que no tienen influencia minera (Cocán, Quihuila Quecher Pabellón y Uñigán Tornuyoc), satisfacen los requerimientos de las guías internacionales.

La calidad de las aguas de los canales con influencia indirecta de la mina (Tres Tingos, Azufre Ventanilla y Azufre Ahijadero) se encuentran por debajo de los valores guías internacionales para bebida de animales e irrigación a excepción de manganeso que excede la guía internacional para riego en el canal Tres Tingos (4 de 10 muestras).

La calidad de los canales con influencia directa de la mina (La Shacsha, azufre Atunconga, Shacsha Uñigán y Tomacucho) excedieron las guías internacionales para irrigación en manganeso y aluminio en el canal La Shacsha (12 de 13 muestras) y en el canal Azufre Atunconga (1 de 9 muestras); manganeso en el canal Shacsha Uñigan (1 de 4 muestras) y en el canal Tomacucho (1 de 4 muestras).

#### **5.2.4.1 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado 4 puntos críticos de esta cuenca (Qda Arnacocha, Qda Chaquicocha, Qda Ocucha Machay y Qda San José). La concentración de manganeso excede ocasionalmente las guías internacionales para irrigación en la Qda. Arnacocha (1 de 5 muestras), en la Qda San José excedieron TDS, aluminio, cobre y manganeso (4 de 5 muestras). Para las guías internacionales de bebida de animales se encontró aluminio, arsénico y plomo sobre la guía en la Qda Chaquicocha (2 de 3 muestras) y aluminio y cobre en la Qda San José (4 de 5 muestras). La calidad de las aguas de la Qda Ocucha Machay se encuentra dentro de los valores de las guías internacionales.

### **5.2.5 Puntos de Monitoreo por la Mina**

Minera Yanacocha toma muestras de tres pozos de monitoreo de agua subterránea (Pozo Maqui Maqui, Pozo Cerro Yanacocha y Pozo La Quinua) en forma trimestral; también monitorea dos puntos de descarga de agua tratada (Punto de descarga La Quinua y punto de descarga Pampa Larga). La calidad de agua en estos pozos y descargas cumplen con la Ley

General de Aguas Clase III a excepción de la presencia ocasional de cobre en Pampa Larga (1 de 5 muestras)

Al evaluar la calidad del agua de los puntos de la mina bajo las guías internacionales para irrigación se encontró manganeso en el Pozo Maqui Maqui (2 de 5 muestras) y en el Pozo la Quinua, manganeso y TDS en el Pozo Cerro Yanacocha (3 de 5 muestras) y La Quinua (4 de 5 muestras), selenio, cobre y TDS en Pampa Larga (2 de 5 muestras).

### **5.3 Conclusiones**

#### **Validación y Calificación de datos**

Entre Julio del 2004 y Agosto del 2005, el equipo técnico de la Mesa evaluó más de 1,000 muestras recolectadas por las instituciones participantes (COMOCA Sur y Este, SEDACAJ, Minera Yanacocha, la comunidad de Granja Porcón y los Centros Poblados, Yanacancha y Llaucán) de 112 lugares en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda y Chonta. Recolectamos 120 muestras dobles para realizar una revisión extensa de la validez y calidad de los datos recolectados por las instituciones participantes. De este análisis, nosotros concluimos que los datos recolectados por las instituciones son validos y pueden ser usados por la evaluación de la calidad del agua.

#### **Evaluación de la Calidad de Agua para sus Diferentes Usos**

Primero, comparamos los resultados de muestras para aguas superficiales en la Cuenca de Porcón con los:

*Estándares de la Ley General de Aguas del Perú* para aguas crudas que suministran a los sistemas de agua para beber (Clase II). Luego comparamos resultados de muestras en los canales y en las aguas superficiales en las cuencas de los ríos Chonta, Honda, y Rejo con los: Estándares de la Ley General de Agua del Perú para agua agrícola (Clase III). Finalmente, comparamos la calidad de agua existente en las dos plantas de agua para beber con el criterio de agua potable de SUNASS. Encontramos que:

1. Para la Cuenca del río Porcón:
  - Todos los 20 arroyos cumplen con los estándares de la Clase II.
  - Catorce de los 15 canales cumplen con los estándares de la Clase III.
  - El agua potable para la ciudad de Cajamarca cumple con los estándares de la SUNASS.
  
2. Para la cuenca del río Rejo:
  - La calidad del agua superficial en los arroyos y en los tres canales que evaluamos cumple con los estándares de la Clase III.

3. Para la cuenca del río Honda:
  - La calidad de las aguas superficiales cumple con los estándares de la Clase III.
  - La calidad del agua en dos de los tres canales cumple con los estándares de la Clase III.
4. Para la cuenca del río Chonta:
  - La calidad de las aguas superficiales en los arroyos y en los 10 canales que evaluamos cumple con los estándares de la Clase III.
  -
5. La bacteria Coliforme Fecal que resulta del desperdicio humano y animal con frecuencia excede los estándares de las Clases II y III y es una preocupación en todas las cuencas.

Comparamos los resultados de las muestras con los valores *Guías Internacionales* desarrollados para el consumo humano, ganado e irrigación. Aunque estos valores guía no son obligatorios, la comparación con ellos nos permite determinar si podría haber cualquier preocupación a corto o a largo plazo por la calidad del agua. Concluimos que:

1. No hay riesgos inminentes para las personas, los animales o las plantas para la bebida, el ganado o la irrigación.
2. La calidad del *agua potable* que sale de las plantas de tratamiento para la ciudad de Cajamarca no excede los valores guías internacionales para agua para beber tratada (OMS y U.S. EPA).
3. Cuando evaluamos todos los arroyos y canales juntos, la calidad del agua en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda y Chonta generalmente no excede los valores guía internacionales para la *irrigación*.
  - El Manganeso excede estos valores guía en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo y Chonta en arroyos y canales con y sin influencia de la minería.
  - Los sólidos totales disueltos exceden estos valores guía en la cuenca del río Honda.
  - Con la excepción del manganeso, la calidad del agua excede los valores guía en unos pocos lugares específicos:
    - Cuatro de los 15 canales en la cuenca del río Porcón (Tual, Encajón Collotán, Quishuar y Ilagamarca)
    - Ninguno de los 3 canales en la cuenca del río Rejo
    - Dos de los 3 canales en la cuenca del río Honda (Tual y Campanario)
    - Uno de los 10 canales en la cuenca del río Chonta. (La Shacsha)
4. Cuando evaluamos todos los ríos, quebradas y canales juntos, la calidad del agua en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda, y Chonta generalmente no excede los valores guía internacionales para el *ganado*.
  - La calidad del agua excede los valores guías en algunos lugares específicos, incluyendo:
    - Dos de los 15 canales en la cuenca del río Porcón (Encjón Collotán y Quishuar)
    - Ninguno de los 3 canales en la cuenca del río Rejo

- Uno de los 3 canales en la cuenca del río Honda (Campanario)
  - Ninguno de los 10 canales en la cuenca del río Chonta.
5. Minera Yanacocha ha implementado medidas para mejorar la calidad del agua desde que se completó el estudio de calidad de agua de la Mesa en el 2003, incluyendo la instalación del tratamiento de osmosis reversa para la descarga de agua de la mina en la Quebrada Pampa Larga y la instalación de diques para el control de sedimento en el Río Rejo y el Río Grande. La calidad del agua en las cuencas de los ríos Honda, Rejo, y Grande sub-cuenca de la cuenca del río Porción generalmente ha mejorado después de la implementación de esas instalaciones.
6. Las áreas donde tenemos preocupación sobre la calidad del agua incluyen:
- La parte alta de la Quebrada Honda (Quebrada Pampa Larga, Canal Tual).
    - A pesar de que la calidad del agua de descarga de la mina en la Quebrada Honda ha mejorado desde el 2003 (después de la implementación del tratamiento de osmosis reversa), algunos elementos excedieron los valores guía internacionales para el ganado y la irrigación.
  - La parte alta del Río Grande en la cuenca del río Porción (Quebrada Encajón, Quebrada Callejón, Canales Tual, Encajón Collatán, Quishuar y Llagamarca).
  - La parte alta del Río San José en la cuenca del río Chonta (Río San José y Canal La Shacsha).

Describimos nuestras recomendaciones para tratar estas preocupaciones en la sección siguiente.

#### **5.4 Recomendaciones**

Nuestra participación a lo largo del último año en los esfuerzos de monitoreo de agua de instituciones en Cajamarca ha sido muy positiva. Las instituciones con las que hemos trabajado (COMOCA Este y Sur, SEDACAJ, MYSRL, la comunidad de la Granja Porcon, y los Centros Poblados Yanacancha y Llaucan) han hecho una gran contribución al entendimiento de la calidad de agua en Cajamarca.

#### **Recomendaciones para Preocupaciones Específicas de la Calidad del Agua.**

Sobre todo nosotros hemos visto mejoras en la calidad del agua desde que el estudio previo de la Mesa fue completado en el 2003. Hemos identificado preocupaciones específicas de la calidad del agua en este informe; nosotros damos las siguientes recomendaciones para enfocarnos en estas preocupaciones.

- **Calidad de agua para la agricultura:**
  1. Evaluar las preocupaciones de calidad de agua en arroyos y canales en la parte alta del Río Grande en la Cuenca del río Porcón. Esto incluiría una evaluación más frecuente de la calidad del agua en el punto de descarga de la mina, Punto de Descarga La Quinoa, así como una evaluación de otras fuentes potenciales.

2. Evaluar las preocupaciones sobre la calidad del agua en los arroyos y los canales en la parte alta de la Quebrada Honda. Esto incluiría una evaluación más frecuente de la calidad del agua en el punto de descarga de la mina, Punto de Descarga Pampa Larga, así como una evaluación de otras fuentes potenciales de metales.
  3. Evaluar las preocupaciones sobre la calidad del agua en la parte alta del Río San José y el Canal La Shacsha en la Cuenta del Chonta.
  4. Determinar si el manganeso es una preocupación significativa para la irrigación. Esta evaluación podría incluir:
    - o Determinación de las concentraciones de manganeso en tierras agrícolas y química de suelos.
    - o Determinación de si los cultivos que crecen en la región son sensibles al manganeso.
  5. Desarrollar procedimientos para mitigar y mejorar la calidad del agua si fuera necesario.
- **Calidad del agua para consumo humano:**
    1. Encuestar poblaciones rurales dentro de las cuatro cuencas para determinar qué pueblos no tienen acceso a las fuentes de agua potable.
    2. Si no hay disponible una fuente de agua potable, determinar si la calidad del agua en canales y arroyos específicos que puedan ser usados para consumo humano cumplen con los estándares y guías valores para calidad de agua (incluyendo aquellos para bacteria de coliformes fecales).
    3. Si la calidad del agua no cumple con los estándares y valores guías, determinar fuentes alternativas.

### **Recomendaciones para un Futuro Monitoreo de Agua**

1. Como la cantidad del agua es una preocupación mayor, desarrollar estándares precisos y procedimientos para medir el flujo de los arroyos a los que se adhieren los equipos de muestreo. Sobre todo, se necesita que haya mas enfoque en temas de cantidad de agua.
2. Evaluar tendencias en los datos de mes a mes e incorporar los gráficos que muestren cambios en la calidad de agua a través del tiempo en la presentación de resultados.
3. Mejorar la revelación y diseminación de la información al público en las áreas urbana y rural.
4. Animar la participación activa de los veedores, especialmente personas que viven en las áreas donde se realiza el monitoreo. Posibles maneras de animar la participación incluyen:
  - o Desarrollar un cronograma para el monitoreo que acomode mejor a los participantes.
  - o Informar a la gente en el campo sobre el propósito y los procedimientos del monitoreo.
  - o Informar a la gente en el campo dónde y cuándo puede obtener información sobre los resultados del monitoreo.
5. Desarrollar procedimientos de control de calidad de datos estandarizados entre los programas de monitoreo, incluyendo el criterio para recolectar y analizar muestras dobles, ciegas y estándares de referencia e informar los resultados.
6. Mejorar la coordinación y cooperación entre las instituciones que monitorean el agua.

Esperamos que estas recomendaciones brinden un camino hacia adelante para un futuro monitoreo del agua y el mejoramiento de los recursos de agua en Cajamarca.

Para más información sobre temas específicos sobre calidad del agua, por favor contactar a:

Ing. Luís Ara Valera, Coordinador  
Carlo Calderón Coronado, Coordinador Técnico

La Mesa de Diálogo y Consenso CAO – Cajamarca  
Jr. Los Cerezos 127, Urbanización El Ingenio  
Cajamarca  
Teléfonos: (076) 36-5946, 34-3271  
E-mail: [mesadialogcao@hotmail.com](mailto:mesadialogcao@hotmail.com), [calderoncarlo@yahoo.com](mailto:calderoncarlo@yahoo.com)

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN CAJAMARCA, PERÚ



## **Informe Anual de Monitoreo 2004-2005**

*Preparado para:*

Compliance Advisor/Ombudsman (CAO)  
2121 Pennsylvania Ave., NW  
Washington, DC 20433, USA

y:

La Mesa de Diálogo y Consenso CAO-Cajamarca  
Jr. Los Cerezos 127, Urbanización El Ingenio  
Cajamarca, Perú

*Equipo de Proyecto:*

David Atkins, Gerente de Proyecto  
Carlo Calderon  
Eduardo Montoya  
Elizabeth Morales

**Diciembre de 2005**

# Evaluación de la Calidad del Agua en Cajamarca, Perú

## Informe Anual de Monitoreo, 2004-2005

### Contenido

<b>1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Visión General de la Investigación .....	3
1.2	Organización de Proyecto .....	4
1.3	Organización del Informe .....	4
<b>2.</b>	<b>Visión General del Estudio.....</b>	<b>5</b>
2.1	Visión General Geográfica .....	5
2.2	Uso de Agua por la Comunidad.....	6
2.3	Uso de Agua por la Mina .....	6
2.4	Diseño del Programa de Monitoreo Participativo.....	8
2.5	Puntos de Monitoreo y Análisis de Laboratorio .....	9
<b>3.</b>	<b>Evaluación de Calidad de Datos .....</b>	<b>11</b>
3.1	Consideraciones Generales .....	11
3.2	Métodos.....	12
3.3	Procedimientos de Laboratorio .....	14
3.4	Validación de Datos Analíticos .....	14
3.5	Muestras de Aseguramiento de la Calidad (QA/QC) .....	15
3.5.1	Datos de las Instituciones.....	15
3.5.2	Muestras de la Mesa.....	15
3.5.2.1	Muestras Blanco de Control.....	15
3.5.2.2	Muestras Duplicadas de Control.....	15
3.5.2.3	Muestras de Referencia Estándar.....	16
3.6	Conclusiones .....	17
<b>4.</b>	<b>Evaluación de Calidad de Agua.....</b>	<b>18</b>
4.1	Calidad de Agua de Línea Base .....	18
4.2	Métodos de Evaluación de Calidad de Agua .....	20
4.2.1	Estándares de la Ley General de Aguas del Perú .....	21
4.2.2	Guías Internacionales para Calidad de Agua para Usos Diferentes .....	22
4.2.2.1	Guías para Bebida de Animales.....	22
4.2.2.2	Guías para Irrigación.....	23
4.2.2.3	Guías para Consumo Humano .....	23
4.3	Resultados de Evaluación de Calidad de Agua.....	24
<b>4.3.1</b>	<b><i>Cuenca Porcón</i>.....</b>	<b>25</b>
4.3.1.1	Calidad de Agua para Consumo Humano.....	26
4.3.1.2	Calidad de Agua de los Canales.....	28
4.3.1.3	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	29

<b>4.3.2</b>	<b><i>Cuenca Rejo</i></b> .....	<b>29</b>
4.3.2.1	Calidad de Agua de los Canales.....	30
4.3.2.2	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	31
<b>4.3.3</b>	<b><i>Cuenca Honda</i></b> .....	<b>31</b>
4.3.3.1	Calidad de Agua de los Canales.....	32
4.3.3.2	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	33
<b>4.3.4</b>	<b><i>Cuenca Chonta</i></b> .....	<b>33</b>
4.3.4.1	Calidad de Agua de los Canales.....	34
4.3.4.2	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	35
<b>4.3.5</b>	<b><i>Puntos de Monitoreo por la Mina</i></b> .....	<b>35</b>
<b>5.</b>	<b>Resumen, Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>36</b>
5.1	Resumen de Evaluación de Datos.....	38
5.1.1	Muestras Dobles de la Mesa Comparadas con las Muestras de Instituciones .....	38
5.1.2	Muestras de Control de Calidad.....	39
5.2	Resumen de la Evaluación de Calidad de Agua .....	39
<b>5.2.1</b>	<b><i>Cuenca Porcón</i></b> .....	<b>40</b>
5.2.1.1	Calidad del Agua para Consumo Humano.....	40
5.2.1.2	Calidad del Agua para Agricultura .....	40
5.2.1.3	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	40
<b>5.2.2</b>	<b><i>Cuenca Rejo</i></b> .....	<b>41</b>
5.2.2.1	Calidad del Agua en los Puntos Críticos.....	41
<b>5.2.3</b>	<b><i>Cuenca Honda</i></b> .....	<b>41</b>
5.2.3.1	Calidad del Agua en los Puntos Críticos.....	42
<b>5.2.4</b>	<b><i>Cuenca Chonta</i></b> .....	<b>42</b>
5.2.4.1	Calidad del Agua en los Puntos Críticos.....	42
<b>5.2.5</b>	<b><i>Puntos de Monitoreo por la Mina</i></b> .....	<b>42</b>
5.3	Conclusiones .....	43
5.4	Recomendaciones .....	45

## ANEXOS

- A. Lugares de Muestreo**
- B. Tablas de Datos de Calidad de Agua**
- C. Estadísticas de Resúmenes de Datos (Calidad y Evaluación de Datos)**
- D. Gráficos de Parámetros de Calidad de Agua**
- E. Plan de Muestreo**
- F. Resumen y Recomendaciones del Estudio de Agua de la Mesa 2003**
- G. Fotografías y Mapas del Sitio de Muestreo**

# **Evaluación de la Calidad del Agua en Cajamarca, Perú**

## **Informe Anual de Monitoreo, 2004-2005**

### **1. Introducción**

Este reporte describe los objetivos, métodos, resultados y conclusiones de un programa de monitoreo participativo para evaluar la calidad de agua en los alrededores del Distrito Minero de Yanacocha. El Distrito Minero de Yanacocha está ubicado en los Andes del norte del Perú, aproximadamente 15 km al norte de la ciudad de Cajamarca. La mina está ubicada en la Divisoria Continental a una elevación de aproximadamente 4,000 m, y abarca cuatro cuencas, Porcón, Rejo, Honda (Llaucano) y Chonta.

La mina es operada por Minera Yanacocha S.R.L. (de aquí en adelante denominada Minera Yanacocha). Minera Yanacocha es un joint venture de Newmont Perú Limited (51%), Compañía de Minas Buenaventura (44%), y la International Finance Corporation, el brazo prestamista para el sector privado del Banco Mundial o IFC (5%).

El programa de monitoreo está siendo efectuado en nombre de la Mesa de Diálogo y Consenso CAO-Cajamarca (la Mesa). La Mesa es un grupo voluntario de personas comprometidas en las consecuencias económicas, sociales y ambientales de la operación de Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL). La Mesa incluye participantes de comunidades rurales y urbanas, instituciones públicas y privadas, y MYSRL, y fue instituida en Setiembre del 2001 por el Compliance Advisor Ombudsman (CAO), el mecanismo de responsabilidad independiente de las instituciones del sector privado del Banco Mundial, en respuesta a dos quejas presentadas en nombre de ciudadanos en el área de Cajamarca alegando impactos adversos causados por actividades mineras.

El propósito de la Mesa es utilizar enfoques de diálogo, resolución de conflicto y construcción de consenso, para promover la comunicación, mejorar el entendimiento, y promover acciones que eviten y resuelvan problemas entre la comunidad y la mina y facilitar la relación entre la mina y la comunidad. El proceso de la Mesa involucra la participación voluntaria de accionistas clave que se unen para definir y tomar acuerdos acerca de asuntos que son importantes para ellos. Los participantes se reúnen para presentar sus preocupaciones, escuchar y entender las perspectivas de otros, y buscar el consenso en un curso de acción que resuelva el problema. Fue en este espíritu que se desarrolló el programa de monitoreo participativo

La Mesa acordó en forma colectiva durante su reunión de octubre de 2001 que preocupaciones asociadas con impactos potenciales a la calidad y cantidad de agua son los temas de mayor prioridad para las instituciones y comunidades rurales y urbanas. Para tratar con estas preocupaciones, la Mesa decidió comisionar un estudio independiente para evaluar los cambios potenciales en calidad y cantidad de agua, relacionados con actividades

mineras. Stratus Consulting de Boulder, Colorado, USA, junto con los participantes de la Mesa, completaron el estudio independiente en Octubre de 2004.

El estudio independiente recomendó que la Mesa siguiera evaluando calidad y cantidad de agua en Cajamarca con la participación de individuos e instituciones. Para cumplir este objetivo, la Mesa reunió un taller en Cajamarca en abril de 2004 para determinar el alcance del programa participativo propuesto. Los participantes en el taller desarrollaron el siguiente:

- Asegurar en forma constante y participativa que la calidad y cantidad de agua superficial y subterránea en las cuencas adyacentes a Minera Yanacocha provean condiciones adecuadas para usos diferentes (consumo humano, ganado e irrigación) en forma tal que cada institución involucrada asuma responsabilidad.

Para conseguir este amplio objetivo, los participantes en el taller definieron un objetivo para el trabajo de monitoreo:

- Formular un plan de monitoreo participativo y continuo de la cantidad y calidad de agua superficial y subterránea en las cuencas adyacentes a Minera Yanacocha, buscando la credibilidad y confianza de la comunidad.

Generando expectativas específicas para los resultados del programa de monitoreo:

- Aumentar la confianza y asegurar la credibilidad de la información ambiental generada en forma permanente en Cajamarca.
- Continuar la naturaleza colaboradora, participativa y transparente del estudio de agua de la Mesa.
- Estimular la participación de la comunidad en la custodia vigilante de los recursos de agua.

Varios objetivos específicos fueron desarrollados para alcanzar estas expectativas:

- Obtener información sobre la calidad y cantidad de agua superficial y subterránea en las cuencas adyacentes a la operación minera, tomando en cuenta los diferentes usos (consumo humano, ganado e irrigación), y hacer esta información disponible en forma permanente al público en forma participativa y transparente.
- Generar credibilidad y confianza en los resultados de monitoreo.
- Reportar al público sobre la cantidad y calidad de agua.
- Implementar una base de datos geográfica de resultados de monitoreo al inicio del mismo.

Los participantes de la mesa también están preocupados sobre impactos a la vida acuática, estos impactos están siendo tratados en un estudio separado efectuado por consultores de Minera Yanacocha, con la participación y supervisión de la Mesa y sus asesores técnicos.

## 1.1 Visión General de la Investigación

Desde la finalización del estudio independiente del agua realizado por la Mesa en octubre de 2003, varios otros programas participativos han sido implementados para monitorear la calidad y cantidad de agua en forma mensual, incluyendo:

- SEDACAJ, la compañía de suministro de agua municipal para la Ciudad de Cajamarca monitorea las corrientes en la Cuenca de Porcón, y los sistemas de redes dentro de la ciudad de Cajamarca
- COMOCA Sur, monitorea canales de irrigación, en su mayoría en la Cuenca de Porcón.
- COMOCA Este, monitorea canales de irrigación, en la Cuenca de Chonta.
- La Cooperativa de Granja Porcón, monitorea canales y agua superficial en la Cuenca de Rejo.
- El Centro Poblado Yanacancha, monitorea agua superficial y canales en la Cuenca Honda superior.
- El Centro Poblado Llaucán, monitorea agua superficial en la cuenca Honda (Llaucano) inferior.
- Además, Minera Yanacocha efectúa un monitoreo de lugares dentro y cerca del límite de la mina, en las cuatro cuencas, en forma trimestral.

En total, estas instituciones monitorean la calidad y flujo de agua en 114 lugares en las cuatro cuencas que rodean la mina (Porcón, Chonta, Honda, y Rejo).

Minera Yanacocha ha jugado un papel central en el desarrollo, implementación y financiamiento de todos los programas participativos. Cada uno de estos programas enfatiza participación y diseminación de resultados, y comparte algunas similitudes con el estudio de agua original de la Mesa.

Los participantes en el taller reconocieron el valor de los datos recogidos por estas instituciones en abril de 2004, y decidieron formular un programa de monitoreo que complemente en lugar de competir con los programas existentes. Se dieron cuenta que la mesa podía proveer una fuente independiente para fundamentar la validez e interpretar los resultados de monitoreo.

El equipo técnico de la Mesa y veedores acompañan al personal de las instituciones participantes en el monitoreo. La Mesa mide parámetros de campo en cada lugar y recoge muestras dobles en un subconjunto de lugares (aproximadamente 10% del número total de lugares). Los resultados de muestreo son puestos en una base de datos mantenida por el equipo técnico de la Mesa.

El equipo técnico de la Mesa compara los resultados de muestreo de ésta con los resultados de muestreo de instituciones para evaluar la validez y calidad de los datos; luego evalúa la calidad de agua para diferentes usos y los efectos potenciales de la mina, midiendo las concentraciones de metales y otros componentes en el agua, comparándolos con características básicas de agua, con los estándares de calidad de agua Peruanos y guías

internacionales que han sido desarrollados para proteger la salud humana y el medio ambiente.

El equipo técnico de la Mesa y una Comisión Técnica conformada por representantes de instituciones que participan en la Mesa, revisan los datos e interpreta los resultados en forma trimestral, los cuales son emitidos a la comunidad.

## **1.2 Organización del Proyecto**

El Coordinador y la Comisión Técnica de la Mesa proveen supervisión al proyecto. El equipo técnico está compuesto de cuatro miembros:

- Gerente de Proyecto: David Atkins, Consultor Independiente, Boulder, Colorado, USA
- Asesora Técnica: Elizabeth Morales, Consultora Independiente, Lima, Perú
- Coordinador Técnico: Carlo Calderon, personal de la Mesa, Cajamarca Perú
- Asistente Técnico: Eduardo Montoya, personal de la Mesa, Cajamarca Perú

El equipo técnico también trabaja con miembros de la Mesa, veedores de las instituciones participantes que acompañan al coordinador y asistente técnico durante el monitoreo.

## **1.3 Organización del Informe**

El Capítulo 2 presenta una visión general del área de estudio, Capítulo 3 describe la evaluación de calidad de datos que se usó para verificar datos recogidos por las instituciones participantes, Capítulo 4 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua, Capítulo 5 presenta conclusiones y recomendaciones.

Los documentos técnicos que sustentan el reporte están contenidos en los anexos, que están diseñados para ser utilizados por lectores interesados que deseen más información sobre los detalles técnicos del estudio.

Los anexos incluyen tablas que describe los puntos de monitoreo (Anexo A); tablas de datos de calidad de agua (Anexo B); resúmenes estadísticos (Anexo C); gráficos de parámetros de calidad de agua (Anexo D); el plan de muestreo y análisis (Anexo E); resumen y recomendaciones del estudio de agua de la Mesa en 2003 (Anexo F); y mapas y fotos de sitios de muestra (Anexo G).

## 2. Visión General del Estudio

El Distrito Minero de Yanacocha está ubicado en el Departamento de Cajamarca, en los Andes del norte peruano, a una latitud de 7° al sur del Ecuador. Minera Yanacocha opera la mayor operación de tajo abierto y lixiviación de oro en el mundo. El distrito minero está ubicado en la Divisoria Continental, separando corrientes que drenan hacia el este a la Cuenca Amazónica y luego al Océano Atlántico (en las cuencas de Porcón, Llaucano y Honda) de aquellas que drenan hacia el oeste al Océano Pacífico (en la cuenca Rejo).

El terreno de estudio es accidentado y se caracteriza por empinadas pendientes y quebradas. Las instalaciones mineras están ubicadas entre 3,500 y 4,200 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La ciudad de Cajamarca está ubicada en un valle al sur del distrito minero a una altitud de 2,750 m s.n.m.

### 2.1 Visión General Geográfica

El programa de monitoreo participativo fue desarrollado para evaluar las condiciones de cantidad y calidad actuales del agua superficial en las quebradas, ríos y canales y otras aguas corriente abajo del Distrito Minero de Yanacocha. El alcance geográfico de la investigación incluye corrientes y canales en las cuatro cuencas potencialmente influenciadas por actividades e instalaciones mineras:

- **La Cuenca Porcón** drena el lado sur del Distrito Minero de Yanacocha, e incluye dos subcuencas hidrográficas principales, el Río Grande y el Río Porcón. Los dos ríos convergen al norte de Cajamarca para formar el Río Mashcón. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a la ciudad de Cajamarca, una distancia de aproximadamente 12 km.
- **La Cuenca Rejo** drena el lado occidental del distrito minero, y es la única cuenca que fluye hacia el Océano Pacífico. Los tributarios del Río Rejo que fluyen desde la propiedad minera incluyen el Río Shoclla, Quebrada Yanacocha/Shilamayo, Quebrada de la Pajuela, y Quebrada Pampa de Cerro Negro. El Río Tinte se convierte en el Río Rejo justo corriente arriba de la comunidad de Granja Porcón cuando se une a la Quebrada Chacacoma. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a la comunidad de Granja Porcón, una distancia de aproximadamente 10 km.
- **La Cuenca Llaucano** drena la parte norte del distrito minero. Los tributarios perennes del Río Llaucano que fluyen desde el distrito minero incluyen el Río Colorado y Quebrada Pampa Larga. Los dos tributarios convergen para formar Quebrada Honda, la cual fluye hacia Bambamarca y se convierte en el Río Llaucano. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a la comunidad de Yanancancha Baja, una distancia de aproximadamente 20 km.
- **La Cuenca Chonta** drena la parte oriental del distrito minero. El Río Chonta es formado por la convergencia del Río Quinua, Río Azufre, y Río Grande del Chonta en un lugar conocido como Tres Tingos. El Río Chonta fluye a través de la comunidad de Baños del Inca para unirse al Río Mashcón y formar el Río Cajamarca. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la mina a un

punto corriente arriba de la comunidad de Baños del Inca, una distancia de aproximadamente 15 km.

## **2.2 Uso de Agua por la Comunidad**

Tanto comunidades rurales como urbanas están preocupadas acerca de problemas de calidad y cantidad de agua asociados con la mina. El uso de tierra en el área que rodea el Distrito Minero de Yanacocha es principalmente agrícola. Aproximadamente 30,000 personas viven en comunidades campesinas rurales dentro del área que rodea el distrito minero, numerosos canales de irrigación transportan agua para uso agrícola y doméstico sobre terreno accidentado desde corrientes a campos, y algunos de estos canales se originan en propiedad de la mina y fluyen a lo largo de contornos dentro y fuera de la propiedad de la mina.

El área de estudio incluye un gran número de canales. El agua en los canales es usada para irrigación, lavado y bebida de ganado, podría ser usada como fuente de agua potable por algunos pobladores, aunque este uso no está bien documentado. Cultivos en el área de Cajamarca incluyen papas, menestras y granos. Además, muchos pastos son irrigados y cultivados para pastura. Los cultivos son irrigados sólo en la estación seca, en tanto que los pastos requieren alguna irrigación todo el año. Los canales corren a lo largo de pendientes, y están construidos para mantener una gradiente bajo.

Muchas comunidades rurales en el área de estudio tienen suministros de agua potable que han sido construidos por Minera Yanacocha u otras organizaciones. Las fuentes generalmente sirven como fuente para suministro de agua potable rural.

La ciudad de Cajamarca tiene dos plantas de tratamiento de agua: Santa Apolonia y El Milagro que suministran agua a aproximadamente 150,000 residentes.

El agua tratada en Santa Apolonia suministra el 30% del agua para la ciudad de Cajamarca y se origina en el Río Ronquillo (Cuenca Porcón) esta cuenca a la que pertenece este río está fuera del área de influencia de la minera.

El agua tratada en la Planta El Milagro suministra el 70% restante del agua para la ciudad de Cajamarca y se origina en la Cuenca Porcón. Dos grandes captaciones suministran agua a El Milagro, una en el Río Porcón y una en el Río Grande. La captación del Río Grande es actualmente la única captación de agua potable para Cajamarca con instalaciones mineras en su nacimiento. La mayoría de comunidades rurales y urbanas no usan pozos de agua subterránea para agua potable o irrigación.

## **2.3 Uso de Agua por la Mina**

Minera Yanacocha comprende seis minas de tajo abierto: Carachugo, Maqui Maqui, San José, Cerro Yanacocha, La Quinua y Cerro Negro.

Las operaciones mineras en el Distrito Minero de Yanacocha empezaron en 1993 con la construcción de las instalaciones de Carachugo, desde entonces, la mina ha seguido expandiéndose; la construcción de la segunda Maqui Maqui empezó en julio de 1994 y la explotación empezó en octubre de 1994; la tercera mina, San José Sur, empezó a operar en 1996; la cuarta mina, Cerro Yanacocha, empezó sus operaciones en 1997; la quinta mina La

Quinua, empezó su producción en setiembre de 2001 y la sexta mina, Cerro Negro, en el 2004.

La mina Yanacocha tiene tres tipos generales de características de mina e instalaciones como tajos abiertos, pilas de lixiviación y pozas asociadas, y botadero de desmonte. Para mitigar los efectos de estas instalaciones, Minera Yanacocha recoge, trata y descarga el agua en exceso de pilas de lixiviación, agua ácida de pozos de mina y escurrimientos en plantas de tratamiento de agua en exceso (EWTPs) y plantas de tratamiento de agua ácida (AWTPs), respectivamente.

Además, la mina captura residuos de agua de caminos, instalaciones en terrenos descampados y otras áreas, y envía el agua a serpentines, los cuales decantan los sedimentos suspendidos antes de descargar el agua. La mina también ha construido dos presas para retener agua superficial del sitio y permitir que el sedimento se asiente antes de ser liberado. La presa de 35m de alto en Río Rejo y la de 46-m de alto en Río Grande.

Las pilas de lixiviación en Carachugo, Yanacocha, Maqui-Maqui, y La Quinua tienen todas aguas en exceso que necesitan ser recolectadas y tratadas. Las EWTPs de Carachugo y Yanacocha retiran cianuro y metales del agua de proceso en exceso de las pilas de lixiviación, particularmente en la estación lluviosa, y descargan a la Quebrada Pampa Larga en la Cuenca Honda. Así, agua originada en las Cuencas Chonta y Rejo puede ser descargada en la Cuenca Honda, resultando transferencia de agua entre cuencas.

El Distrito Minero de Yanacocha contiene varios pozos abiertos que se extienden por debajo de la napa freática. Estos pozos deben ser desaguados para ser minados. Las dos plantas de tratamiento de agua ácida de la mina (AWTPs Quinua y Yanacocha Norte) tratan agua subterránea ácida del desaguado de pozos así como agua filtrada de escoria elevando el pH y precipitando metales. Agua tratada de los AWTPs es descargada a Quebrada Pampa Larga en Cuenca Honda y Quebrada Callejón en el Río Grande superior en la Cuenca Porcón.

Sigue una breve descripción de instalaciones mineras en cada cuenca:

1. **Cuenca Porcón:** Instalaciones mineras en la Cuenca Porcón incluyen partes de los complejos Yanacocha, Carachugo, San José, y La Quinua, todas las instalaciones mineras existentes en la Cuenca Porcón están en la sub-cuenca del Río Grande. La sub-cuenca Quebrada Encajón contiene las operaciones Carachugo, incluyendo el tajo abierto Carachugo y el botadero de desmonte Carachugo Norte; las operaciones de Yanacocha, incluyen partes del tajo abierto Yanacocha Sur; las operaciones San José, incluye una parte del tajo abierto San José y una parte del botadero de desmonte San José; las instalaciones de La Quinua, incluyen el tajo abierto La Quinua y la parte de la planta de oxidación y botadero de desmonte de La Quinua que están en la sub-cuenca Quebrada Callejón. La AWTP La Quinua descarga agua a la Quebrada Callejón.
2. **Cuenca Rejo:** Operaciones mineras en la Cuenca Rejo incluyen las operaciones Cerro Negro, Quinua, y Yanacocha e instalaciones de mantenimiento. Las operaciones Cerro Negro incluyen el tajo abierto. Las operaciones Quinua en la Cuenca Rejo incluyen una

parte del botadero de desmonte, pila de lixiviación de La Quinua y pozas de procesamiento asociadas. Las operaciones Yanacocha en la Cuenca Rejo incluyen el Tajo Norte Yanacocha, la Plataforma de lixiviación Yanacocha y pozas de procesamiento asociadas, y el botadero de desmonte Yanacocha. El botadero de desmonte de Yanacocha genera filtraciones ácidas que son transportadas vía drenajes, tubos a una laguna de recolección a un serpentín para tratamiento.

3. **Cuenca Honda (Cuenca Llaucano):** Instalaciones mineras ubicadas en la Cuenca Honda incluyen la pila de lixiviación Carachugo (actualmente la más grande pila de lixiviación en el mundo) y la instalación asociada Merrill Crowe para extraer oro y plata, los tajos Maqui Maqui y botaderos de desmonte; la AWTP Yanacocha Norte; y los EWTPs Carachugo y Yanacocha. El flujo de estas plantas de tratamiento es descargado a Quebrada Pampa Larga, y es monitoreado en DCP.

Quebrada Pampa Larga es la única corriente que recibe descarga de agua de EWTP en el distrito minero, las instalaciones de Maqui Maqui en Cuenca Honda incluyen la mayor parte del botadero de desmonte Maqui Maqui, el tajo abierto Norte Maqui Maqui y parte del tajo abierto Sur Maqui Maqui. Los tajos Maqui Maqui son húmedos, es decir que agua subterránea filtra en los tajos abiertos; durante la explotación, los tajos fueron desaguados bombeando el agua subterránea; el agua subterránea ácida fue transportada a la AWTP Yanacocha Norte para tratamiento antes de ser descargada en la Quebrada Pampa Larga. La explotación en Maqui Maqui está ahora terminada, el botadero de desmonte será reforestado, las operaciones de drenado del tajo han cesado, el agua subterránea en los pozos ya no es bombeada y se están formando lagos en el tajo.

4. **Cuenca Chonta:** Instalaciones mineras ubicadas en Cuenca Chonta incluyen parte del tajo abierto Sur Maqui Maqui, una parte del botadero de desmonte Maqui Maqui, y la pila de lixiviación Maqui Maqui, la explotación en Maqui Maqui está terminada.

Other instalaciones in the Cuenca Chonta include a small part of the Carachugo Plataforma de lixiviación, the Chaquicocha Open Pit, y an associated waste rock dump, y the Carachugo South Depósito de Escoria, the San José East y South Depósito de Escorias, y part of the San José Open Pit. Otras instalaciones en la Cuenca Chonta incluyen una pequeña parte de la pila de lixiviación Carachugo, el tajo abierto Chaquicocha y un botadero de desmonte asociado, el botadero de desmonte Carachugo Sur, los botaderos de desmonte San José Este y Sur, y parte del tajo abierto San José.

#### **2.4 Diseño del Programa de Monitoreo Participativo**

Los equipos técnicos y veedores de la Mesa acompañan al personal de las instituciones participantes en los monitoreos. El equipo técnico de la Mesa mide parámetros de campo (temperatura, pH, conductividad específica y oxígeno disuelto) y mide el flujo en todos los lugares, también recoge muestras dobles para análisis de laboratorio en aproximadamente 10 % del número total de lugares muestreados para verificación y control de calidad.

## 2.5 Puntos de Monitoreo y Análisis de Laboratorio

Desde la finalización del estudio de agua independiente original, otros programas de monitoreo participativo han sido implementados en Cajamarca, la Mesa trabaja con estas instituciones. Las instituciones participantes incluyen programas de usuarios de canales de irrigación (COMOCA Sur y Este), el programa de monitoreo de la planta de tratamiento de agua municipal (SEDACAJ), los Centros Poblados Granja Porcon, Yanacancha y Llaucan, y MYSRL; juntas estas instituciones monitorean un total de 112 lugares, incluyendo:

- 18 ríos y quebradas y 14 canales en un total de 51 lugares en la Cuenca Porcon
- 7 ríos y quebradas y 3 canales en un total de 12 lugares en la Cuenca Rejo
- 6 ríos y quebradas y 3 canales en un total de 16 lugares en la Cuenca Honda
- 5 ríos y quebradas y 11 canales en un total de 18 lugares en la Cuenca Chonta
- 5 lugares en la red SEDACAJ
- 4 pozos de agua subterránea y 2 puntos de descarga.

Sigue una breve descripción de cada programa:

### 1. **SEDACAJ** monitorea mensualmente 31 lugares de agua superficial:

- 18 ríos y quebradas en 26 lugares en la Cuenca Porcon
  - Las muestras son analizadas en el laboratorio de la Universidad Católica en Lima (ICP-PUCP), para metales totales, cianuro-WAD, aceites y grasas; las Total y fecal coliform bacteria are analyzed at NKAP in Cajamarca. bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
- 5 lugares en el sistema de redes y reservorios de almacenamiento del sistema de distribución del agua potables.
  - Las muestras son analizadas en el laboratorio de SEDACAJ para metales totales, cianuro WAD.

### 2. **COMOCA Sur** monitorea mensualmente 28 lugares de agua superficial:

- 14 canales de irrigación en 23 lugares en total en la Cuenca Porcon
- 2 canales de irrigación y 1 quebrada en la Cuenca Rejo
- 1 canal de irrigación y 1 quebrada en la Cuenca Honda Las muestras son analizadas en el laboratorio ICP-PUCP en Lima para cianuro WAD, nitratos, sulfatos, dureza, metales totales y disueltos; las bacterias coliformes fecales y totales son analizadas en NKAP en Cajamarca.

### 3. **COMOCA Este** monitorea mensualmente 12 lugares de agua superficial:

- 10 canales en 12 lugares en total en la Cuenca Chonta
  - Las muestras son analizadas en el laboratorio SGS en Lima para cianuro WAD, nitratos, sulfatos, dureza y metales totales; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.

4. **Centros Poblados Yanacancha Grande y Baja** monitorean mensualmente 3 lugares de agua superficial y en forma eventual 5 lugares
  - 2 canales, 4 ríos y quebradas y 1 manantial en 8 lugares en total
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio Envirolab en Lima para acidez, alcalinidad, carbonatos y bicarbonatos, cloruros, cianuro total y libre, dureza, fluoruros, TDS, sulfatos y metales totales; algunas veces cianuro WAD nitratos y TSS; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
  
5. **Centro Poblado Llaucán** monitorea 3 lugares mensualmente:
  - 3 ríos
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio Envirolab en Lima para acidez, alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, cianuro total y libre, dureza, fluoruro, TDS, sulfatos y metales totales, algunas veces cianuro WAD, nitratos, y TSS; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
  
6. **Cooperative Granja Porcón** monitorea 6 lugares mensualmente
  - 3 ríos y quebradas y 1 canal en 6 lugares en total
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio Envirolab en Lima para acidez, alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, cianuro total y libre, dureza, fluoruro, TDS, sulfatos y metales totales, algunas veces cianuro WAD, nitratos, y TSS; las bacterias coliformes totales y fecales son analizadas en NKAP en Cajamarca.
  
7. **Minera Yanacocha**
  - 15 ríos y quebradas, 2 puntos de descarga, 4 pozos de agua subterránea y 1 manantial en un total de 24 lugares
    - Las muestras son analizadas en el laboratorio ALS en Lima para aceites y grasas, acidez, alcalinidad, dureza, amoníaco, nitratos, cloruros, fluoruros, sulfatos, TDS, TSS, cianuro total, WAD y metales totales y disueltos.

La influencia de las actividades mineras en puntos de monitoreo es variable, no todas las quebradas, ríos y canales incluidos en el programa de monitoreo tienen agua que podría ser influenciada por la mina. Las quebradas, ríos y canales con influencia directa de la mina reciben descargas o provienen directamente de las operaciones mineras, incluyendo estructuras de control de sedimentos.

Las quebradas, ríos y canales con influencia indirecta de la mina son considerados por las construcciones, carreteras, exploraciones o aguas abajo lejanas de las operaciones mineras. Consecuentemente, este estudio clasifica la influencia de la mina en lugares de muestreo como “directa”, “indirecta” y “ninguna”. Se ha designado algunos lugares en la cuenca Porcón como influencia “indirecta” dentro o aguas debajo de propiedad minera. Actualmente la mina no tiene actividades de exploración o explotación en la cuenca Porcón.

### **3. Evaluación de la Calidad de Datos**

#### **3.1 Consideraciones Generales**

Uno de los principales propósitos del programa de monitoreo participativo es evaluar la calidad de los datos recolectados por las instituciones participantes en Cajamarca. Esta revisión de la calidad de los datos aumenta la confianza en los datos de calidad de agua recolectados por las instituciones participantes. Hacemos esto de dos formas:

- Primero recolectamos muestras dobles en un subgrupo del número total de lugares que las instituciones participantes monitorean y las enviamos para análisis a un laboratorio que seleccionamos.
- Luego determinamos la calidad de los datos evaluando las muestras de control de calidad. Evaluamos muestras ciegas y dobles recolectadas por las instituciones. También evaluamos referencia ciega, estándar, y muestras dobles que nosotros recolectamos y las mandamos a nuestro propio laboratorio.

Los datos utilizados para sustentar el Monitoreo Anual de muestras de agua, deben tener la calidad suficiente para brindar una base sólida para las conclusiones presentadas.

El aseguramiento y control de calidad (QA/QC) fueron desarrollados e implementados con el fin de garantizar que los datos recogidos sean de calidad aceptable.

El aseguramiento de calidad se refiere a mediciones efectuadas durante la evaluación que nos permiten evaluar la calidad de los datos producidos en el estudio y determinar la eficacia de los procedimientos de control de calidad.

El monitoreo se llevó a cabo entonces en conformidad con los acuerdos establecidos en la Mesa. La recolección en el campo fue supervisada por los veedores participantes, controlando minuciosamente las actividades de muestreo en el campo para confirmar que se realizaran en conformidad con los protocolos de muestreo. Después de la selección de laboratorios analíticos utilizando criterios de selección por cada una de las partes, las muestras se sellaron y enviaron a los laboratorios bajo estrictos procedimientos de cadena de custodia. Los laboratorios analizaron las muestras según el programa de trabajo del laboratorio, se evaluaron, corrigieron (si era necesario) y validaron los resultados analíticos. La Mesa realizó una evaluación del aseguramiento de calidad del monitoreo y análisis de muestras durante la evaluación, así como tomo muestras duplicadas, blancos y preparación de estándares de referencia.

Finalmente, se determinaron las conclusiones referentes a la calidad de los datos en general y su capacidad de utilización y el análisis de las muestras por parte de los laboratorios analíticos.

### **3.2 Métodos**

Los laboratorios analíticos utilizados por las instituciones responsables del monitoreo (SEDACAJ, Minera Yanacocha, COMOCA Este y Sur, Centros poblados de Llaucano, Yanacancha y Porcón) fueron ALS-Environmental, Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP, Envirolab, SGS Environmental y NKAP para muestras microbiológicas.

La Mesa utilizó al laboratorio del Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP y a partir de Agosto del 2005 el laboratorio ALS-Environmental.

Los parámetros a analizar fueron elegidos considerando componentes que se encuentran habitualmente en las minas, así como los que ocurren naturalmente en el agua superficial pero que pueden haberse alterado como resultado de las actividades mineras.

Se analizaron parámetros generales de calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad específica, sólidos suspendidos y disueltos totales y pH); aniones importantes (alcalinidad, cloruro, sulfato y fluoruro); cationes importantes (sodio, calcio, magnesio y potasio); trazas de metales y metaloides (aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, manganeso, mercurio, níquel, selenio, plata, talio y zinc); nitrato + nitrito y amoníaco); cianuro disociable en ácido débil WAD.

**Tabla 3.1. Cuadro de Analitos para evaluación de Calidad del Agua**

Analito	Laboratorio Analítico / Número de Método			
	SGS	ALS	Envirolab	ICP-PUCP
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Arsénico	EPA 200.7	EPA 200.8	ICP-GH	SM3114B
Cadmio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Calcio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Cobre	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Cromo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Hierro	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Magnesio	EPA 200.7	EPA 200.7	--	EPA 200.7
Manganeso	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Níquel	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plata	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plomo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Potasio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 1631E	EPA 200.7
Sodio	EPA 200.7	EPA 200.7	ICP-GH	EPA 200.7
Talio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Zinc	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Mercurio	EPA 7470 A	AA Vapor Frió	EPA 1631E	EPA 245.1
Selenio	SM 3114-C	EPA 200.8	ICP-GH	C/98
TSS	SM 2540-D	Gravimetría	SM 2540-D	SM 2540-C/98
<b>Metales Disueltos</b>				
Aluminio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Arsénico	EPA 200.7	EPA 200.8	ICP-GH	SM3114B
Cadmio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Calcio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Cobre	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Cromo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Hierro	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Magnesio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Manganeso	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Níquel	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plata	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Plomo	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Potasio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Sodio	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Talio	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Zinc	EPA 200.7	EPA 200.8	EPA 200.7	EPA 200.7
Mercurio	EPA 7470 A	AA Vapor Frió	EPA 1631E	EPA 245.1
Selenio	SM 3114-C	EPA 200.8	ICP-GH	C/98
Carbonatos	AOAC 920.194:2000	Titilación	SM 2320-B	SM 2320 B/98
Amoníaco	SM 4500-NH3-D	Potenciometrico	SM 4500-NH3-F	Hach 8038/92
Cloruro	SM 4500-Cl-B	Titilación	---	SM 4500-Cl-C/98
Flúor	SM 4500-F-C	Potenciometrico	EPA 340.2	EPA 300.0/93
Nitratos	SM 4500	Colorimetría	EPA 352.1	Hach 8171/92
Sulfato	SM 4500-SO4-E	Turbidimetria	EPA 375.4	---
TDS	SM 2540-C	Gravimetría	EPA 160.1	SM 2540-C/98
Cianuro WAD	SM 4500-CN-I-F	DesT Colorimetria	SM 4500-CN-I	---
Coliformes Totales	SM 9221 A.B.C	Lab de Análisis NKAP		
Coliformes Fecales	SM 9221 A.B.C.E1			

SM: APHA.AWWA.WEF

### **3.3 Procedimientos de laboratorio**

Se usaron laboratorios acreditados bajo la Norma 17025 (Norma de Competencia para los Laboratorios de Prueba) y acreditados por el consejo Canadiense de Normas y Estándares; se llevo a cabo una evaluación de desempeño de los procedimientos, métodos y control de calidad interna de cada laboratorio.

También se exige que el laboratorio proporcione protocolos para los métodos analíticos empleados en cada análisis, incluyendo los límites de detección para cada químico analizado.

Los criterios de control de los laboratorios incluyeron el uso de:

- Blancos de método y blancos de calibración continua para evaluar si las muestras se contaminaron durante la preparación y el análisis,
- Muestras duplicadas de laboratorio para comprobar la precisión del análisis,
- Muestras de control de laboratorio y verificación continua de calibración para garantizar la precisión del análisis.

Para cada una de estas muestras, el laboratorio estableció límites específicos de aceptabilidad para los resultados así como acciones correctivas que deben aplicarse en caso de que los resultados de la muestra no cumplan con los límites de aceptabilidad.

Cada laboratorio analítico realizó procedimientos de cadena de custodia de muestras, asegurando la integridad del transporte de muestras, se documentó la hora y la fecha de recepción de las muestras y la temperatura dentro de la hielera. La recepción de cada muestra contenida en envases se verificó en los formularios de cadena de custodia. Las muestras se guardaron en un área segura en el laboratorio analítico según los procedimientos documentados de cada laboratorio.

Además, el laboratorio analítico calificó las muestras en casos donde las concentraciones de las muestras eran menores que el límite de detección del método (LDM).

“U” Los datos menores que el LDM indica “no detectado”.

“B” Valor calculado.

“H” Muestra que paso del tiempo límite de análisis.

“BH” Valor calculado análisis fuera de tiempo

### **3.4 Validación de Datos Analíticos**

La validación de datos se dio en un nivel que corresponde a la evaluación de capacidad de utilización y se basa en el grado general de integridad, precisión y representación de datos (es decir, si los números y tipos de análisis de muestras especificados en el programa se realizaron efectivamente).

## **3.5 Muestras de Aseguramiento de la Calidad (QA/QC)**

### **3.5.1 Datos de las Instituciones**

Se analizaron dos tipos de muestras de QA durante el monitoreo, tomándose muestras blanco y duplicados.

Las muestras duplicadas son tomadas en campo por cada institución considerando todo el perfil analítico (metales totales y disueltos, cianuro, aniones, alcalinidad, nitrato, TDS, TSS y coniformes totales y fecales). Los resultados de los análisis son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.1. Muestras Duplicadas tomadas por las instituciones.

Las muestras blanco fueron preparadas por cada institución, siendo estas muestras debidamente preservadas y conservadas en las mismas condiciones de las muestras tomadas, analizándose el mismo perfil analítico general, las instituciones prepararon una muestra blanco por mes. Los resultados de los análisis son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.2. Muestras Blanco tomadas por las Instituciones

### **3.5.2 Datos de la Mesa**

Se analizaron tres tipos de muestras de aseguramiento de la calidad (QA) durante la evaluación se tomaron; blancos, duplicados y muestras de referencia estándar.

#### **3.5.2.1 Muestras Blanco de Control**

La Mesa recolecto muestras blanco para cada tipo de análisis en diferentes eventos de monitoreo (metales totales y disueltos, cianuro, aniones, alcalinidad, nitrato y TDS/TSS). Se utilizó agua ultrapura para preparar todas las muestras blanco. Los resultados de los análisis son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.3.1 Muestras Blanco detectados y no detectados de la Mesa) Tabla C.1.3.2 Muestras Blanco y Duplicados detectados y no detectados de la Mesa)

En las muestras blanco preparadas por la Mesa, se han detectado algunos metales totales de un total de 3 muestras las que fueron: aluminio 2 de 3, calcio 1 de 3, hierro 3 de 3, potasio 1 de 3, sodio 2 de 3 y zinc 2 de 3, y en parámetros químicos tenemos al amoniaco 1 de 3 y nitro+ nitrato 2 de 3.

Sin embargo, una evaluación minuciosa de los datos demuestra que en la mayoría de estos casos la media de los valores detectados para estos analitos está solamente un poco sobre el límite de detección del método, indicando que el nivel de contaminación es muy bajo. Por ejemplo se tiene, la concentración media detectada de calcio total en muestras blanco igual a 15 µg/L, comparadas con el límite de detección del método de 20 µg/L. Así, aunque hubo algunas sustancias detectadas en numerosas muestras en blanco, los niveles de los mismos en las muestras en blanco generalmente están cerca de los límites de detección, indicando que el nivel de contaminación es bajo.

#### **3.5.2.2 Muestras Duplicadas de Control**

Se tomaron muestras duplicados en campo, las cuales fueron tomadas por las instituciones y por la Mesa, cuyo objetivo es evaluar la constancia y repetibilidad de la toma de muestra y de los procedimientos analíticos, además de verificar la confiabilidad de los

procedimientos de recolección de muestras en campo. Durante el transcurso del monitoreo se recolecto un total de 120 muestras duplicadas tomadas por la Mesa. Los resultados son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.4. Tabla comparativa entre las muestras de las Instituciones y las muestras de la Mesa.

Las concentraciones medidas de sustancias en cada par duplicado se compararon entre sí, expresándose la diferencia entre los dos resultados como porcentaje de diferencia relativa (RPD). El RPD se calcula como la diferencia entre los dos valores divididos por el valor de uno de ellos. Los criterios de aceptación usados para duplicados de campo son 35% de RPD para metales por ICP o ICP MS para valores más de cinco veces mayores que el límite de detección requerido, y 50% de RPD para cianuro por destilación (U.S. EPA, 1994). El mercurio y las sustancias convencionales no tienen valores de RPD establecidos, así es que usamos el criterio del 35% de RPD.

Los resultados en la tabla demuestran que el RPD medio para la mayoría de las sustancias está por debajo del 35%. Esto demuestra que para las sustancias en promedio, los resultados de muestras duplicadas de campo son aceptablemente concordantes. Sin embargo, en algunas de estas sustancias hay pares individuales de muestras duplicadas con valores de RPD mayores que 35%. Por ejemplo, aunque el RPD promedio del Arsénico en 4 pares duplicados es de 34%, un par de muestras duplicadas tiene un RPD de 100%. No obstante, en este ejemplo los pares duplicados con el con el RPD alto tienen valores medidos de 5 y 10  $\mu\text{g/L}$  de Arsénico, estando el primero ligeramente sobre el límite de detección del método de 4  $\mu\text{g/L}$ , en cambio el segundo valor la excede en 100 veces sobre el límite de detección del método que es 0.1  $\mu\text{g/L}$ . Los RPD altos de las otras sustancias también se producen comúnmente en los pares duplicados con bajas concentraciones absolutas de una sustancia, donde la precisión analítica se hace mucho más difícil. Se encuentra un gran porcentaje de no calculados por tenerse concentraciones analíticas por debajo del límite de detección del método. Los resultados son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.5 Porcentaje de diferencia relativa de muestras tomadas por la Mesa y las instituciones (RPD)

Por consiguiente, concluimos que para todas las sustancias, los resultados de duplicados de campo demuestran que la recolección de muestras, la preservación, el almacenamiento, el envío y los procedimientos analíticos de laboratorio producen resultados repetibles y precisos.

Ver Anexo de Información de Control de Calidad de datos (QA/QC). Tabla C.1.5. Información de RPD de Duplicados de Muestras de Campo.

### **3.5.2.3 Muestras de Referencia Estándar**

Como parte del programa de QA/QC, la Mesa proporciono al laboratorio de control de muestras de referencia estándar; estas muestras fueron preparadas por Environmental Resource Associates (ERA), son muestras con una cantidad conocida de sustancias químicas que son entregadas al laboratorio en forma “ciega”, evitando de esta manera que el laboratorio sepa que está analizando muestras control ni cuales son las concentraciones reales de las muestras. Los resultados son presentados en el Anexo C: Tabla C.1.6. Muestras Estándar de Agua de Referencia.

### 3.6 Conclusiones

El aseguramiento y control de calidad (QA/QC) fueron desarrollados e implementados con el fin de garantizar que los datos recogidos sean de calidad aceptable conocida.

La toma de muestras en campo se realizaron de conformidad con el Plan de Monitoreo; se seleccionaron laboratorios analíticos, esta selección estuvo basada en criterios diseñados para asegurar que los laboratorios no tuvieran intereses o estuvieran influenciados en los resultados potenciales del monitoreo continuo y participativo y tuvieran las habilidades técnicas y los procedimientos internos de QA/QC para producir datos válidos y precisos.

Para todas las muestras dobles:

- El agua que muestreó la institución fue la misma que el agua que el equipo técnico de la Mesa muestreó.
- Métodos diferentes de recolección de muestras dieron resultados similares.
- Las muestras no fueron alteradas durante el manejo y el envío al laboratorio.
- Las muestras no fueron alteradas en los laboratorios.
- Los resultados de laboratorio fueron comparables.

Los valores de diferencia relativa de porcentaje generalmente estuvieron dentro de un rango aceptable por cada par de muestras dobles. Basados en esta evaluación, nosotros sabemos que los datos recolectados por la Mesa y las instituciones son válidos. Por lo tanto, nosotros sabemos que podemos confiar en todos los datos recolectados por las instituciones para nuestra evaluación de calidad de agua (mas de 1000 total de muestras).

Los datos generados por los laboratorios en su mayoría pueden ser utilizados para la evaluación, en cuanto a la evaluación de QA/QC se encontraron casos limitados de valores de datos con variabilidad más alta a diferencia de otros valores de datos, por lo que deben considerarse solamente estimaciones de los valores verdaderos.

En conclusión, los datos generados en el estudio son válidos y proyectan las condiciones ambientales y su variabilidad en el tiempo que demandó esta evaluación (Junio 2004 – Agosto 2005).

## **4. Evaluación de Calidad de Agua**

La evaluación de calidad de agua está diseñada para tratar los siguientes objetivos específicos del programa participativo, tal como se describe en el Capítulo 1:

- Reportar al público la calidad del agua en las cuencas adyacentes a las operaciones de Minera Yanacocha.
- Implementar una base de datos geográficos de resultados de monitoreo.

La evaluación toma en cuenta los diferentes usos del agua, incluyendo consumo humano, bebidas de animales e irrigación. El equipo técnico de la Mesa utiliza los datos recogidos por las instituciones participantes para evaluar la calidad del agua para sus diferentes usos y los efectos potenciales de la mina.

Se evalúa si el agua es utilizada para consumo y para la agricultura, de dos maneras: Primero, comparamos concentraciones de constituyentes importantes en cada muestra de agua con los estándares de calidad de agua Peruanos, establecidos por la Ley General de Aguas; luego comparamos las concentraciones medidas con las guías internacionales que han sido desarrolladas para proteger la salud humana y el medio ambiente. Las guías internacionales que utilizamos fueron establecidos por: La Organización Mundial de la Salud (OMS); la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S.EPA); la División de Protección Ambiental del Estado de Nevada de los Estados Unidos, Medioambiente Canadá; y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO).

### **4.1 Calidad de Agua de Línea Base**

La calidad de agua de línea base, es la calidad de agua que habría existido en los ríos y quebradas en ausencia de la mina. La calidad natural del agua es afectada por la composición química y la erosión física y química del lecho rocoso y suelos. En áreas donde las rocas son altamente alteradas y naturalmente mineralizadas tal como en el Distrito Minero de Yanacocha, la meteorización química puede producir agua con concentraciones naturalmente elevadas de metales y pH naturalmente bajo. La calidad natural del agua puede también ser alterada por usos humanos que no están relacionados a la mina, incluyendo construcción de caminos, extracción del lecho del río en busca de grava y piedras y prácticas agrícolas tales como pastoreo y agricultura. Estos usos humanos de la tierra pueden acelerar el ritmo natural de meteorización química y física, y pueden tener efectos adversos sobre la calidad del agua. Procesos relacionados con minería pueden influir en la calidad del agua superficial incluyen perturbaciones físicas y deforestación, los cuales aumentan la erosión de suelos y carga de sedimentos en las corrientes. Cambios químicos en calidad de agua que están relacionados con la minería pueden resultar a partir de descargas de aguas de desecho tratadas y no tratadas, y escurrimientos y filtraciones de instalaciones mineras. Las actividades mineras pueden producir agua con elevadas concentraciones de metales y pH bajo.

Para caracterizar las condiciones de base, en el 2002 y 2003 Stratus Consulting recolectó muestras de calidad de agua de 20 ríos y quebradas que drenaban áreas mineralizadas

(cuerpos de mineral y roca alterada asociada que aún no habían sido explotadas, y de corrientes que drenan áreas no mineralizadas que están sujetas a los tipos de usos de tierra que existían en el área de la mina antes que ésta iniciara sus operaciones.) Se ubicaron trece lugares en ríos y quebradas que drenan roca mineralizada y 7 lugares en ríos y quebradas que no drenan roca mineralizada o que drenan áreas con un pequeño porcentaje de roca mineralizada. Se utilizaron resultados del muestreo de línea base para definir el rango de variabilidad natural en calidad de agua que sería esperado en aguas que drenan el sitio minero, si la mina no existiera.

Algunas aguas naturales tienen menores concentraciones de metales o sedimento y valores de pH neutrales, y algunas aguas naturales tienen mayores concentraciones de metales o sedimentos y menores valores de pH. En forma similar, actividades humanas no mineras pueden causar aumentos en varios analitos o cambios en el pH.

La calidad de agua de línea base fue caracterizada como sigue:

- La mayoría de lugares de ríos y quebradas de línea base no mineralizados eran aguas de tipo calcio-bicarbonato o calcio-bicarbonato/sulfato con valores de pH neutrales, indicando que están drenando terreno con alguna capacidad neutralizante. En contraste, la mayoría de lugares de línea base mineralizados eran aguas de tipo calcio-sulfato con bajos valores de pH, indicando que sus drenajes contienen rocas mineralizadas con poca capacidad neutralizante. Aún cuando las corrientes mineralizadas tenían bajos valores de pH, generalmente éstas no contenían concentraciones elevadas de la mayoría de metales.
- Ninguna de las muestras de línea base no mineralizadas excedía ninguno de los estándares de calidad de agua, con la excepción de coliformes fecales no relacionados con la minería y algunos lugares con pH naturalmente bajo, las condiciones de línea base tanto en lugares mineralizados como no mineralizados sustentaban totalmente para usos agrícolas y domésticos.

En la evaluación efectuada por la Mesa en el 2002-2003, los datos de calidad de agua en lugares aguas abajo de la mina fueron comparados con las condiciones de base para determinar si la mina había cambiado la calidad de agua. Las muestras de calidad de agua de línea base fueron analizadas en un laboratorio que alcanzó límites de detección extremadamente bajos (en algunos casos por debajo de 1 µg/L para metales traza). Los metales tienen concentración naturalmente baja en la región, así que los datos de calidad de agua de línea base tenían muchos valores detectados en concentraciones muy bajas.

Los datos recolectados para los programas participativos fueron analizados en laboratorios que generalmente no eran capaces de lograr estos reducidos límites de detección, y los datos para este estudio tenían muchos valores no detectados a los límites de detección sobre los valores medidos desde el conjunto de datos de línea base. En consecuencia, no fue posible comparar los datos del programa participativo con los datos de línea base y tener resultados significativos. Por lo tanto, todos los datos recolectados para este estudio fueron comparados con los límites de calidad de agua descritos en las secciones siguientes.

## 4.2 Métodos de Evaluación de Calidad de Agua

Utilizamos los siguientes pasos para la evaluación de calidad de agua:

1. El coordinador y asistente técnico reunieron todos los datos de las instituciones en una base de datos. El equipo técnico ingresó los datos según éstos eran recibidos de las instituciones participantes, y utilizó esta base de datos para reuniones con la comisión técnica y para preparar los comunicados trimestrales. Todos los análisis fueron ingresados en la base de datos.
2. Nos concentramos en un subconjunto de los analitos totales ingresados en la base de datos. El subconjunto fue elegido porque estos analitos han sido una preocupación en investigaciones anteriores en Cajamarca y pueden estar relacionados con minería, así como con otras actividades naturales y humanas. Los analitos incluyen: bacterias coniformes fecales, sólidos totales disueltos, nitrato, cianuro, aluminio, arsénico, cadmio, cobre, cromo, manganeso, mercurio, plomo y selenio. Estándares y guías son presentados en las Secciones 4.2.1 y 4.2.2.
3. La mayoría de las instituciones analizan sólo metales totales (no filtrados), así que, aún cuando los metales disueltos están en la base de datos y son presentados en las tablas de datos en este reporte, no los incluimos en el análisis de datos.
4. El gerente técnico preparó un resumen estadístico de los datos para cada analito. El resumen incluyó los valores mínimo, medio y máximo, así como los percentiles 25, 50, 75 y 90 para cada concentración de analitos. Valores que fueron presentados en las hojas de datos del laboratorio como “no detectables” fueron ingresados a la mitad del límite de detección. Para ilustrar el significado de estos percentiles, la concentración del percentil 90 para un analito significa que 90% de las concentraciones medidas fueron menores, y aproximadamente 10% fueron mayores que este valor. Preparamos estos resúmenes estadísticos para todos los datos agregados para cada cuenca y para cada lugar.
5. Comparamos los datos con los estándares de la Ley General de Aguas del Perú, como se describe en la Sección 4.2.1. Preparamos tablas que muestran cuántas de las concentraciones de analitos medidos exceden los estándares de la Ley General de Aguas para cada cuenca y para cada lugar.
6. Luego comparamos los datos con las guías internacionales de calidad de agua, como se describe en la Sección 4.2.2. Preparamos tablas que muestran cuántas de las concentraciones de analitos medidos exceden estas guías.
7. Luego comparamos el percentil 90 del análisis estadístico descrito en el ítem 2 líneas arriba con los estándares y guías. El percentil 90 provee una buena comparación porque las guías que utilizamos son muy protectoras y conservadoras. Por lo tanto, es aceptable si las concentraciones de analitos ocasionalmente exceden estos estándares y guías. Si la concentración de percentil 90 de un analito no excede una guía, entonces el estándar o guía es superado menos de 10% del tiempo.

Las siguientes secciones describen los estándares y guías que usamos para la evaluación de calidad de agua.

#### **4.2.1 Estándares de la Ley General de Aguas del Perú**

Ríos, quebradas y canales en el área del proyecto están divididos en dos clases diferentes de acuerdo con la Ley General de Aguas (Decretos Supremos No 007-83-SA y No. 003-2003-SA) administrados por el Ministerio de Salud (DIGESA). Estas clasificaciones están de acuerdo con el uso predominante del agua. Dos clases son aplicadas a las aguas en este estudio:

1. **Clase II:** Agua cruda usada para propósitos domésticos que se potabiliza tratándola con coagulación, sedimentación, filtración y clorado, según lo aprobado por la autoridad sanitaria del Ministerio de Salud. Los ríos y quebradas en el área de estudio que alimentan a las instalaciones de tratamiento de agua de la Ciudad de Cajamarca están designadas como Clase II, e incluyen:
  - a. Río Grande
  - b. Quebrada Encajon
  - c. Río Quilish
  - d. Río Porcón
  - e. Río Ronquillo.
  
2. **Clase III:** Agua cruda usada para irrigación vegetal y bebida de animales. Los siguientes ríos y quebradas en el estudio están designados como Clase III:
  - a. Río Llaucano
  - b. Río Mashcón
  - c. Río Rejo
  - d. Río Chonta.

Con base en estas designaciones, usamos los siguientes estándares de la Ley General de Aguas del Perú para este estudio:

- **Clase II:** Ríos y quebradas en la Cuenca Porcón, incluyendo las sub-cuencas Porcón y Grande y todos sus tributarios.
- **Clase III:** Ríos y quebradas en las Cuencas Rejo, Chonta y Honda (Llaucano) y todos sus tributarios; canales de las cuencas Porcón, Rejo, Honda y Chonta.

La mina es operada de modo tal que las descargas no hagan que los estándares de calidad de estas aguas sean excedidos.

Estándares para analitos de interés son presentados en la siguiente tabla.

Parámetro	Unidades	Ley General de Aguas 17752	
		Clase II	Clase III
Coliforme fecal	NMP/100 mL	4000	1000
Cianuro	µg/L	200	na
Arsénico	µg/L	100	200
Cadmio	µg/L	10	50
Cromo	µg/L	50	1000
Cobre	µg/L	1000	500
Plomo	µg/L	50	100
Mercurio	µg/L	2	10
Selenio	µg/L	10	50

na: no aplicable

Las operaciones mineras también son efectuadas para cumplir con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), Decreto Supremo No. 011-96-MEM, y las guías establecidas por la Corporación Financiera Internacional del Banco Mundial para descarga de operaciones mineras de tajo abierto. Puntos de cumplimiento de descarga son monitoreados por Minera Yanacocha para evaluar el cumplimiento.

#### 4.2.2 Guías Internacionales para Calidad de Agua para Usos Diferentes

También comparamos datos de calidad de agua con las guías internacionales para consumo humano, consumo de ganado, e irrigación. Las guías internacionales que utilizamos fueron establecidos por: La Organización Mundial de la Salud (OMS); la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA); la División de Protección Ambiental del Estado de Nevada de los Estados Unidos, Mediambiente de Canadá y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO).

##### 4.2.2.1 Guías para Bebida de Animales

Evaluamos datos en comparación con guías para ganado desarrollados por el Estado de Nevada y Medioambiente Canadá. Estas guías son resumidas en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	Estado de Nevada	Environment Canadá
Coliforme fecal	NMP/100mL	1000	na
Sólidos disueltos totales	mg/L	3000	3000
Nitrato	mg/L	na	100
Cianuro WAD	µg/L	na	na
Aluminio	µg/L	na	5000
Arsénico	µg/L	200	25
Cadmio	µg/L	50	80
Cobre	µg/L	500	500
Cromo	µg/L	1000	50
Manganeso	µg/L	na	na
Mercurio	µg/L	10	3
Plomo	µg/L	100	100
Selenio	µg/L	50	50

na: no aplicable

#### 4.2.2.2 Guías para Irrigación

Evaluamos datos en comparación con guías para irrigación desarrollados por el Estado de Nevada y Mediambiente Canada y la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO). Estas guías están resumidas en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	FAO	Estado de Nevada	Mediambiente Canadá
Coliforme fecal	mpn/100mL	Na	na	100
Sólidos disueltos totales	mg/L	450	na	500
Nitrato	mg/L	na	na	na
Cianuro WAD	µg/L	Na	na	na
Aluminio	µg/L	5000	na	5000
Arsénico	µg/L	100	100	100
Cadmio	µg/L	10	10	5
Cobre	µg/L	200	200	200
Cromo	µg/L	100	100	8 (Cr VI)
Manganeso	µg/L	200	200	200
Mercurio	µg/L	Na	na	na
Plomo	µg/L	5000	5000	200
Selenio	µg/L	20	20	20

na: no aplicable

#### 4.2.2.3 Guías para Consumo Humano

Evaluamos datos comparando las guías para agua potable desarrolladas por la Ley General de Aguas del Perú (Clase I para uso de agua doméstico con simple desinfección), la Organización Mundial de la Salud, el Estado de Nevada, y la USEPA. Estas guías están resumidas en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	LGA Clase I	OMS	Estado de Nevada	USEPA
Coliforme fecal	NMP/100mL	0	0	0	0
Sólidos disueltos totales	mg/L	na	na	na	na
Nitrato	mg/L	na	50	10	10
Cianuro WAD	µg/L	80 (tot.)	70	200 (libre)	200 (libre)
Aluminio	µg/L	na	na	na	na
Arsénico	µg/L	100	10	50	10
Cadmio	µg/L	10	3	5	5
Cobre	µg/L	1000	na	na	1300
Cromo	µg/L	50	na	100	100
Manganeso	µg/L	na	na	na	na
Mercurio	µg/L	2	1	2	2
Plomo	µg/L	50	10	na	15
Selenio	µg/L	10	10	50	50

na: no aplicable

Las guías de calidad de agua potable están diseñadas para proteger el agua que es consumida por una persona todos los días de su vida. Consideramos los siguientes aspectos de las guías cuando efectuamos la evaluación:

- Concentraciones en exceso de las guías no significan necesariamente que ocurrirán efectos adversos. Por ejemplo, al describir las guías de agua potable, la Organización Mundial de la Salud declara que “desviaciones de corto plazo sobre los valores de guías no significan necesariamente que el agua no es adecuada para consumo” (Organización Mundial de la Salud, 1996).
- Las agencias reguladoras utilizan las guías para monitorear suministros de agua públicos en busca de problemas de largo plazo con la calidad del agua potable, y consideran los suministros de agua en riesgo cuando las guías son excedidas en forma consistente en el monitoreo de rutina.
- Los guías están calculadas basándose en la suposición de que un individuo bebería el agua cada día durante 70 años.

Por tanto, el exceder estas guías no indica que el agua presente un peligro serio e inminente para las personas, o no sea segura para beber. Sin embargo, la evaluación de los excesos sobre el estándar de agua potable indica si la calidad del agua potable puede estar comprometida, y qué analitos podrían estar causando problemas.

#### **4.3 Resultados de Evaluación de Calidad de Agua**

Evaluamos la calidad de agua agrupando lugares de muestreo por cuenca y por usos diferentes. Luego comparamos el resumen estadístico de los agrupamientos con los estándares y guías de calidad de agua. Para cada cuenca, comparamos:

- El resumen estadístico para todos los datos de calidad de agua de cada cuenca con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y con las Guías Internacionales para consumo humano, bebida de animales e irrigación, para dar una visión general de la calidad de agua en cada cuenca.
- Calidad de agua en lugares específicos de ríos, quebradas y red de tratamiento de agua con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y las Guías Internacionales para agua potable (sólo Cuenca Porcón)
- Calidad de agua en canales específicos con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y Guías Internacionales para bebida de animales e irrigación.
- Calidad de agua en lugares específicos basado en el estudio anterior de la Mesa que fueron identificados con influenciados bajo actividades mineras (“puntos críticos”) según los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y Guías Internacionales para bebida de animales e irrigación.
- Calidad de agua en pozos de agua subterránea en sitios de mina y puntos de cumplimiento de descarga con los Estándares de la Ley General de Aguas del Perú y Guías Internacionales para bebida de animales e irrigación.

El análisis estadístico de los datos de calidad de agua y su comparación con los estándares nos ayudan a determinar la calidad total del agua y su adecuación para usos

diferentes. Las Tablas en las siguientes secciones contienen los siguientes tipos de información:

- El valor de percentil 90<sup>th</sup> para cada analito de importancia para cada cuenca. Utilizamos el percentil 90<sup>th</sup> para estas comparaciones debido a que el exceder ocasionalmente un estándar es generalmente aceptable. El valor del percentil 90<sup>th</sup> significa que 9 de cada 10 muestras tendrá una concentración por debajo de este valor.
- Si el valor del percentil 90<sup>th</sup> excede un estándar o guía de calidad de agua para cada lugar de muestreo. Donde hay múltiples guías para un cierto uso, comparamos con el valor más bajo (más conservador).
- El número de veces que el estándar o guía fue excedido para cada lugar de muestreo (frecuencia de excedencia).

#### 4.3.1 Cuenca Porcón

Un total de aproximadamente 675 muestras fueron recolectadas en la Cuenca Porcón entre Julio de 2004 y Agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración del percentil 90<sup>th</sup> para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la Ley General de Aguas del Perú y las Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.1: Resumen Estadístico de la Cuenca Porcón**

Analito	Unidades	90 <sup>th</sup> %	¿Excede los Estándares de la Ley General de Aguas?			¿Excede las Guías Internacionales?		
			Clase I	Clase II	Clase III	Humano	Ganado	Irrigación
Coliformes fecales	mpn/100mL	5000	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cianuro WAD	µg/L	2.5	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	202	-	-	-	-	No	No
Nitrato	mg/L	0.3	No	No	No	No	No	No
Arsénico	µg/L	5	No	No	No	No	No	No
Cadmio	µg/L	0.5	No	No	No	No	No	No
Cobre	µg/L	104	No	No	No	No	No	No
Cromo	µg/L	1	No	No	No	No	No	No
Manganeso	µg/L	344	-	-	-	-	-	Sí
Mercurio	µg/L	0.2	No	No	No	No	No	No
Plomo	µg/L	5	No	No	No	No	No	No
Selenio	µg/L	5	No	No	No	No	No	No

Con la excepción de bacterias coliformes fecales, la calidad de agua en la Cuenca de Porcón cumple con los estándares de Clase II y Clase III de la Ley General de Aguas del Perú. Los resultados indican que el problema de calidad de agua más extendido en la cuenca son las bacterias coliformes. El anterior estudio de la Mesa determinó que las bacterias no son resultado de las operaciones mineras, puesto que las concentraciones de bacterias eran más bajas cerca del límite de la mina y aumentaban corriente abajo al aumentar las actividades agrícolas y humanas. Las concentraciones de manganeso en la cuenca Porcón también excedían los guías internacionales para irrigación.

#### 4.3.1.1 Calidad de Agua para Consumo Humano

La siguiente tabla presenta una comparación de las concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para corrientes con los estándares de Clase II de la Ley General de Aguas de Perú (las corrientes en la Cuenca Porcón están designadas como Clase II por DIGESA debido a que éstas proveen la fuente de agua cruda para la planta de tratamiento que abastece a la ciudad de Cajamarca). También comparamos la concentración del percentil 90 con los Guías Internacionales para agua potable *tratada*.

**Tabla 4.3.1.1.a: Agua para Consumo Humano en la Cuenca Porcón**

Corriente	Ley de Aguas del Perú			Guías Internacionales		
	Clase II			Consumo humano		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<u>No influencia de la mina</u>						
Qda Quishuar Corral	No	-	-	No	-	-
Qda Santa Rosa	No	-	-	No	-	-
Qda Tual	No	-	-	No	-	-
Río Chilincaga	No	-	-	No	-	-
Río Hornamayo	No	-	-	No	-	-
Río Porcon	No	-	-	No	-	-
Río Purhuay (Quengorio)	No	-	-	No	-	-
Río Quilis	No	-	-	No	-	-
Río Ronquillo	No	-	-	No	-	-
<u>Influencia indirecta de mina</u>						
Qda Corral Blanco	No	-	-	No	-	-
Qda China Linda	No	-	-	No	-	-
Qda Hunigan	No	-	-	No	-	-
Qda Quilish	No	-	-	No	-	-
Qda Quilish La Paccha	No	-	-	No	-	-
Qda Vizcachayoc	No	-	-	No	-	-
<u>Influencia directa de mina</u>						
Qda Encajon	No	-	-	Sí	Cd	4/16
Qda Callejón	No	-	-	Sí	Pb	1/12
Alto Río Grande	No	-	-	No	-	-
Bajo Río Grande	No	-	-	Sí	Pb	2/13
Cámara de Mezcla Rápida	No	-	-	No	-	-

Calidad de agua en la Cuenca Porcón cumple con los estándares Clase II de la Ley General de Aguas. Lugares de monitoreo en la parte alta del Río Grande ocasionalmente excedían las Guías Internacionales para agua potable en cadmio y plomo (Esta comparación es sólo para referencia, el agua en estos lugares no pasa por una planta de tratamiento - potabilización). Estos contaminantes son removidos en la planta de tratamiento de El Milagro y la calidad del agua que llega a la Ciudad de Cajamarca cumple con los Guías Internacionales como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4.3.1.1b: Red de Agua Potable de la Ciudad de Cajamarca**

	<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías Internacionales</i>		
	<b>SUNASS</b>			<b>Consumo Humano</b>		
<b>Punto de monitoreo</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>
Salida El Milagro	No	-	-	No	-	-
Salida Santa Apolonia	No	-	-	No	-	-
Reservorio de Abastecimiento	No	-	-	No	-	-
Redes	No	-	-	No	-	-

Además evaluamos el percentil 90 de muestras tomadas en la red de agua tratada de SEDACAJ.

Todas las muestras recolectadas cumplen con los estándares de la Ley General de Aguas así como con los Guías Internacionales para calidad de agua potable tratada.

### 4.3.1.2 Calidad del Agua de los Canales

	<i>Ley de General de Aguas</i>			<i>Guías Internacionales</i>					
	<b>Clase III</b>			<b>Ganado</b>			<b>Irrigación</b>		
<b>Canales</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>excede 90<sup>th</sup>%</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>
<i>Sin influencia de la Mina</i>									
Carhuaquero Yacuchilla	No	-	-	No	-	-	No	-	-
<i>Influencia indirecta de la mina</i>									
Arcuyoc Potrero	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Atunmayo	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	2/9
Cinco de las Vizcachas	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Colpa	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Hermanos Cueva	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Hermanos Cueva Derecha	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Hermanos Cueva Izquierda	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Quilish	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Salvador Coremayo	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/9
<i>Influencia directa de la mina</i>									
Tual	No	-	-	No	-	-	Sí	Cu, Mn	3/10
Encajon Collatan	Sí	Pb	2/14	Sí	As, Pb	2/14	Sí	Cu	8/14
Llagamarca	No	-	-	No	-	-	Sí	Cu, Mn	5/14
Quishuar	No	-	-	Sí	As	2/14	Sí	Cu, Mn	5/14

La tabla arriba presenta una comparación de concentraciones de parámetros de calidad del agua al percentil 90<sup>th</sup> para canales con los estándares de Clase III de la Ley General de Aguas (los canales están clasificados como Clase III por la DIGESA), También comparamos la concentración al percentil 90<sup>th</sup> con las Guías Internacionales para uso ganadero y de irrigación.

Ocasionalmente el plomo excede los estándares de Clase III de la Ley general de Aguas en Canal Encajón Collotán. Como se vé en la evaluación de calidad de agua en general para la cuenca (Tabla 4.3.1), el manganeso excede las guías internacionales en varios canales con influencia minera limitada (Atunmayo y Salvador Coremayo) y en puntos donde la mina descarga agua directamente (Tual, Encajón Collotán, Llagamarca y Quishuar). Además, canales con descarga directa en mina excedieron las guías de irrigación internacionales para cobre, arsénico y ocasionalmente plomo excedieron los guías internacionales para ganado en dos canales con descarga directa de mina.

### 4.3.1.3 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

“Puntos Críticos” en la cuenca Porcón incluyen corrientes cercanas al límite de la mina que tienen instalaciones mineras corriente arriba (Qda Encajón) y/o descarga directa de agua tratada (Qda Callejón y alto Río Grande).

**Tabla 4.3.1.3 Puntos Críticos Cuenca Porcón**

		<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías Internacionales</i>					
		<b>Clase II</b>			<b>Ganado</b>			<b>Irrigación</b>		
<b>Corriente</b>		<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>
	Qda Encajon	No	-	-	No	-	-	Sí	TDS, Mn	14/16
	Qda Callejon	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	7/12
	Alto Río Grande	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	5/14

Estos lugares cumplieron con los estándares Clase II de la Ley General de Aguas, y frecuentemente excedieron los guías internacionales para manganeso en agua de irrigación.

### 4.3.2 Cuenca Rejo

Un total de aproximadamente 120 muestras fueron recogidas en la Cuenca Rejo entre julio de 2004 y agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración al percentil 90 para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la Ley General de Aguas y las Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.2 Resumen Estadístico Cuenca Rejo Todos los Lugares**

			¿Excede la Ley de Aguas del Perú?			¿Excede los Guías Internacionales		
						Consumo		Irrigación
Analito	Unidades	90 <sup>th</sup> %	Clase I	Clase II	Clase III	Humano	Ganado	
Coliforme fecal	mpn/100mL	280	Sí	No	No	Sí	No	Sí
Cianuro	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	476	-	-	-	-	No	No
Nitrato	mg/L	0,3	No	No	No	No	No	No
Arsénico	ug/L	11,4	No	No	No	No	No	No
Cadmio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No
Cobre	ug/L	34,5	No	No	No	No	No	No
Cromo	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Manganeso	ug/L	295	-	-	-	-	-	Sí
Mercurio	ug/L	0,3	No	No	No	No	No	No
Plomo	ug/L	13	No	No	No	Sí	No	No
Selenio	ug/L	1	No	No	No	No	No	No

La calidad de agua en la Cuenca Rejo cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas del Perú. Los resultados indican que el problema de calidad de agua más extendido en la cuenca son las bacterias coliformes. El estudio anterior de la Mesa se determinó que las bacterias no resultan de las operaciones mineras, puesto que las concentraciones de bacterias eran más bajas cerca del límite de la mina y aumentaban corriente abajo al aumentar las actividades agrícolas y humanas. Las concentraciones de manganeso en la Cuenca Rejo excedieron ligeramente las guías internacionales para agua de irrigación; el plomo excedió ligeramente los guías internacionales para agua potable *tratada* (el agua que monitoreamos en esta cuenca no está tratada y hacemos esta comparación simplemente para referencia).

#### 4.3.2.1 Calidad de Agua de los Canales

La siguiente tabla presenta una comparación de concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para canales con los estándares de Clase III de la Ley General de Aguas (los canales están clasificados como Clase III por la DIGESA). También comparamos la concentración del percentil 90 con las Guías Internacionales para uso de ganado e irrigación.

**Tabla 4.3.2.1 Canales Cuenca Rejo**

Canal	<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<i>Influencia directa de mina</i>									
Tual	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/6
Capa Rosa	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Chorro Blanco	No	-	-	No	-	-	No	-	-

La calidad de agua en los canales cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas, así como con las guías internacionales para agua de ganado. Sólo manganeso en 1 de 6 muestras en el Canal Tual excedió los guías internacionales para irrigación.

#### 4.3.2.2 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

“Puntos Críticos” en la cuenca Rejo incluyen corrientes cercanas al límite de la mina que tienen instalaciones mineras corriente arriba (incluyendo la nueva presa de control de sedimentos).

**Tabla 4.3.2.2 Puntos Críticos Cuenca Rejo**

Corriente	<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
Qda Shoclla	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	3/11
Río Tinte	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Río Rejo	No	-	-	No	-	-	No	-	-

La calidad de agua en los puntos críticos cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas, así como con las guías internacionales para agua de ganado. Sólo manganeso en 3 de 11 muestras en la Qda Shoclla excedió los guías internacionales para irrigación.

#### 4.3.3 Cuenca Honda

Un total de aproximadamente 110 muestras fueron recogidas en la Cuenca Honda entre julio de 2004 y agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración al percentil 90 para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la Ley General de Aguas y las Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.3 Resumen Estadístico Cuenca Honda**

			Excede Ley de Aguas del Perú?			Excede Guías Internacionales?		
Analito	Unidades	90 <sup>th</sup> %				Consumo		
			Clase I	Clase II	Clase III	Humano	Ganado	Irrigación
Coliforme fecal	mpn/100mL	500	Sí	No	No	Sí	No	Sí
Cianuro	ug/L	20	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	1043	-	-	-	-	No	Sí
Nitrato	mg/L	21	No	No	No	Sí	No	No
Arsénico	ug/L	7	No	No	No	No	No	No
Cadmio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No
Cobre	ug/L	100	No	No	No	No	No	No
Cromo	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Manganeso	ug/L	133	-	-	-	-	-	No
Mercurio	ug/L	0,6	No	No	No	No	No	No
Plomo	ug/L	37	No	No	No	Sí	No	No
Selenio	ug/L	11	Sí	Sí	No	Sí	No	No

La calidad de agua en la Cuenca Honda cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas del Perú. La concentración al percentil 90 excedió los estándares internacionales para plomo y selenio para agua potable y sólidos disueltos totales (TDS) para agua de irrigación.

#### 4.3.3.1 Calidad de Agua en los Canales

La siguiente tabla presenta una comparación de concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para canales con los estándares de Clase III de la Ley General de Aguas (los canales están clasificados como Clase III por la DIGESA). También comparamos la concentración del percentil 90 con las Guías Internacionales para uso de ganado e irrigación.

**Tabla 4.3.3.1 Canales Cuenca Honda**

Canal	Ley de Aguas del Perú			Guías internacionales						
	Clase III			Ganado			Irrigación			
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	
<i>Influencia directa de mina</i>										
Tual	No	-	-	No	-	-	Sí	TDS, Cu, Se	4/14	
<i>Influencia indirecta de la mina</i>										
Campanario	Sí	Pb	1/6	Sí	As, Pb	1/6	Sí	As, Mn	1/6	
Piedra Gacha	No	-	-	No	-	-	No	-	-	

La calidad de agua en los canales Tual y Piedra Gacha cumple con los estándares Clase III de la Ley General de Aguas, así como con las guías internacionales para agua de ganado. Los estándares internacionales para agua de irrigación fueron excedidos en el Canal Tual para TDS, cobre y selenio. Los estándares nacionales y guías internacionales para ganado e irrigación de calidad de agua fueron excedidos en el Canal Campanario en 1 de 6 veces

### 4.3.3.2 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

“Puntos Críticos” en la Cuenca Honda incluyen el lugar de descarga de agua tratada en Qda Pampa Larga y la parte alta de la Qda Honda.

**Tabla 4.3.3.2 Puntos Críticos Cuenca Honda**

		<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
		<b>Clase III</b>			<b>Ganado</b>			<b>Irrigación</b>		
<b>Corriente</b>		<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>	<b>90<sup>th</sup>% excede</b>	<b>analitos</b>	<b>frec</b>
	Qda Pampa Larga	Sí	Pb	2/5	Sí	As	1/5	Sí	TDS, Pb, Mn, Se	2/6
	Qda Honda	No	-	-	No	-	-	No	-	-

La calidad de agua en la Qda Pampa Larga excedió los estándares de la Clase III de la LGA para Plomo. Además, los guías de irrigación internacionales fueron excedidos para sólidos disueltos totales, plomo, manganeso y selenio en 2 de 6 veces. La calidad de agua de Qda Honda cumplió con todos los estándares y guías.

### 4.3.4 Cuenca Chonta

Un total de aproximadamente 110 muestras fueron recogidas en la Cuenca Honda entre julio de 2004 y agosto de 2005. La siguiente tabla muestra la concentración al percentil 90 para cada analito de interés y si este valor excede los estándares de la LGA y los Guías Internacionales.

**Tabla 4.3.4 Resumen Estadístico Cuenca Chonta**

			<b>Excede Ley de Aguas del Perú?</b>			<b>Excede Guías Internacionales?</b>		
			<i>Clase I</i>	<i>Clase II</i>	<i>Clase III</i>	<b>Consumo</b>		
<b>Analito</b>	<i>unidades</i>	<i>90<sup>th</sup> %</i>				<i>Humano</i>	<i>Ganado</i>	<i>Irrigación</i>
Coliforme fecal	mpn/100mL	300	<b>Sí</b>	No	No	<b>Sí</b>	No	<b>Sí</b>
Cianuro	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
TDS	mg/L	355	-	-	-	-	No	No
Nitrato	mg/L	1	No	No	No	No	No	No
Arsénico	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Cadmio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No
Cobre	ug/L	37	No	No	No	No	No	No
Cromo	ug/L	5	No	No	No	No	No	No
Manganeso	ug/L	524	-	-	-	-	-	<b>Sí</b>
Mercurio	ug/L	0,5	No	No	No	No	No	No
Plomo	ug/L	22	No	No	No	<b>Sí</b>	No	No
Selenio	ug/L	2,5	No	No	No	No	No	No

La calidad de agua en la Cuenca Rejo cumple con los estándares Clase III de la LGA. Las concentraciones de manganeso en la Cuenca Chonta excedieron los guías internacionales para agua de irrigación, y el plomo y arsénico excedieron ligeramente los guías internacionales para agua potable *tratada* (el agua que muestreamos en esta cuenca no está tratada y hacemos esta comparación simplemente para referencia).

#### 4.3.4.1 Calidad de Agua en los Canales

La siguiente tabla presenta una comparación de concentraciones del parámetro de calidad de agua al percentil 90 para canales con los estándares de Clase III de la Ley de Aguas del Perú (los canales están designados como Clase III por DIGESA). También comparamos la concentración del percentil 90 con los Guías Internacionales para uso de ganado e irrigación.

**Tabla 4.3.4.1 Canales Cuenca Chonta**

Canal		<i>Ley de Aguas del Perú</i>			<i>Guías internacionales</i>					
		Clase III			Ganado			Irrigación		
		90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<i>No influencia de mina</i>										
	Cocan	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Quihuila Quecher Pabellón	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Unigan Tornuyoc	No	-	-	No	-	-	No	-	-
<i>Influencia indirecta de mina</i>										
	Azufre Ventanilla	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Azufre Ahidero	No	-	-	No	-	-	No	-	-
	Tres Tingos	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	4/10
<i>Influencia directa de mina</i>										
	La Shacsha	No	-	-	No	-	-	Sí	Al, Mn	12/13
	Azufre Atonconga	No	-	-	No	-	-	Sí	Al, Mn	1/9
	Shacsha Unigan	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/4
	Tomacucho	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/4

La calidad de agua en la Cuenca Chonta cumple con los estándares Clase III de la Ley de Aguas del Perú y con los guías internacionales para ganado. El agua de irrigación en el Canal La Sacsha excedió los guías internacionales para aluminio y manganeso la mayor parte del tiempo.

#### 4.3.4.2 Calidad de Agua en los Puntos Críticos

Puntos críticos en la Cuenca Chonta incluyen corrientes directamente corriente debajo de las operaciones mineras.

**Tabla 4.3.3.2 Puntos Críticos Cuenca Chonta**

Corriente	Ley de Aguas del Perú			Guías internacionales					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
Qda Arnacocha	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/5
Qda Chaquicocha	Sí	Pb	1/3	Sí	Al, As, Pb	2/3	Sí	Al	2/3
Qda Ocucha Machay	No	-	-	No	-	-	No	-	-
Qda San Jose	Sí	Cu	1/5	Sí	Al, Cu	4/5	Sí	TDS, Al, Cu, Mn	4/5

La calidad de agua en las Qda Arnacocha y Qda Ocucha Machay cumple con los estándares Clase III de la Ley de Aguas del Perú, así como con los guías internacionales para agua de ganado. Qda Chaquicocha y Qda San José ocasionalmente excedieron los estándares de la Ley de Aguas del Perú para plomo y cobre, respectivamente. Estas dos corrientes también excedieron los guías internacionales para ganado e irrigación la mayor parte del tiempo.

#### 4.3.5 Puntos de Monitoreo de Mina

Minera Yanacocha recolecta datos de tres pozos de monitoreo de agua subterránea (Pozo Maqui Maqui, Pozo Cerro Yanacocha, y Pozo La Quinua) en forma trimestral. Minera Yanacocha también monitorea dos puntos de descarga de agua tratada (Punto Descarga La Quinua en la Cuenca Porcon y Punto Descarga Pampa Larga en la Cuenca Honda).

**Tabla 4.3.5 Puntos de Monitoreo por la Mina**

	Ley de Aguas del Perú			Guías internacionales					
	Clase III			Ganado			Irrigación		
	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec	90 <sup>th</sup> % excede	analitos	frec
<i>Pozos de Agua Subterránea</i>									
Pozo Maqui Maqui	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	2/5
Pozo Cerro Yanacocha	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn, TDS	3/5
Pozo La Quinua	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn	1/5
<i>Puntos de Descarga</i>									
La Quinua	No	-	-	No	-	-	Sí	Mn, TDS	4/5
Pampa Larga	Sí	Cu	1/5	Sí	Cu	1/5	Sí	Se, Cu, TDS	2/5

## 5. Resumen, Conclusiones y Recomendaciones

Desde Julio del 2004 la Mesa de Diálogo y Consenso CAO-Cajamarca (la Mesa) ha estado realizando un programa de monitoreo participativo para evaluar la calidad del agua en la vecindad del Distrito Minero de Yanacocha cerca de Cajamarca, Perú. El programa de monitoreo es una respuesta a las recomendaciones de una evaluación independiente del agua realizada a favor de la Mesa y completada en 2003.

El diseño básico del estudio fue preparado en Abril 2004 durante un taller compuesto por participantes de la Mesa y profesionales de instituciones en Cajamarca. El taller definió los siguientes objetivos específicos:

- Obtener información sobre la calidad y cantidad de las aguas superficiales y subterráneas en las cuencas adyacentes a la operación minera, tomando en cuenta los diferentes usos (consumo humano, ganado e irrigación).
- Implementar una base de datos geográficos de los resultados.
- Hacer que esta información este disponible permanentemente al público en una manera participativa y transparente.
- Generar confianza en los resultados del monitoreo y mejorar la credibilidad de la interpretación de los datos.
- Informar al público sobre la calidad del agua en Cajamarca.

Para lograr estos objetivos, el equipo técnico de la Mesa trabaja con otras instituciones que monitorean la calidad y cantidad de agua en Cajamarca, incluyendo SEDACAJ (la compañía municipal de suministro de agua para la ciudad), COMOCA Sur y Este (las asociaciones de usuarios de canales), Minera Yanacocha, la comunidad de Granja Porcón y los Centros Poblados Yanacancha y Llaucán. Juntas, estas instituciones monitorean la calidad y el flujo de agua mensualmente en más de 100 lugares en las cuatro cuencas que rodean la mina (Porcón, Chonta, Honda, y Rejo). La Mesa complementa y fortalece estos esfuerzos de monitoreo al brindar una fuente independiente de financiamiento, validación e interpretación de los resultados del monitoreo.

Este informe anual de monitoreo presenta los resultados y la interpretación de los datos de calidad de agua recolectados mensualmente entre Julio del 2004 y Agosto del 2005. Los datos de calidad de agua fueron recolectados y evaluados en más de 100 lugares, incluyendo:

- 18 arroyos y 14 canales en un total de 51 lugares en la Cuenca del río Porcón
- 7 arroyos y 3 canales en un total de 12 lugares en la Cuenca del río Rejo
- 6 arroyos y 3 canales en un total de 16 lugares en la Cuenca del río Honda
- 5 arroyos y 11 canales en un total de 18 lugares en la Cuenca del río Chonta
- 5 lugares en la red de SEDACAJ de agua tratada para beber
- 4 pozos de aguas subterráneas y 2 puntos de descarga en el lugar de la mina.

El equipo técnico de la Mesa y los veedores que representan a instituciones en la Mesa acompañan al personal de las instituciones participantes mientras muestrean. La Mesa

toma mediciones de campo en cada lugar y recolecta muestras dobles en un subgrupo de lugares (aproximadamente 10% del número total de muestras recolectadas). El equipo técnico de la Mesa compara los resultados de la muestra de la Mesa con los resultados de la muestra de la institución para evaluar la validez y calidad de los datos.

El equipo técnico entonces evalúa si el agua se puede usar para beber y para la agricultura, en dos formas. Primero, comparamos las concentraciones de importantes constituyentes en cada muestra de agua con los estándares peruanos de calidad de agua establecidos por la Ley General de Agua como sigue:

- **Clase II** – El agua cruda usada para propósitos domésticos que se convierte en potable al tratarla con coagulación, sedimentación, filtración y clorinación, según lo aprobado por el Ministerio de Salud
  - Arroyos en la Cuenca del río Porcón, incluyendo las sub-cuencas Porcón y Grande y todos los tributarios.
- **Clase III** – Agua cruda usada para irrigación vegetal y consumo animal (ganado).
  - Arroyos en las cuencas de los ríos Rejo, Chonta y Honda (Llaucano) y todos los tributarios; Canales en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda y Chonta.

Luego comparamos las concentraciones medidas con los valores guías internacionales que han sido desarrollados para proteger el agua de beber y los recursos agrícolas cuando el agua es usada todos los días. Los valores guías internacionales que usamos fueron establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS); la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA); la División de Protección Ambiental del Estado de Nevada, Estados Unidos; Canadá Ambiental; y la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO).

Cuando las concentraciones exceden estos valores guías, eso no necesariamente significa que habrá problemas. Por ejemplo, al describir sus estándares para el agua de beber, la Organización Mundial de la Salud declara que “las desviaciones de corto plazo sobre los valores guías no necesariamente significan que el agua no es apta para el consumo.” Cuando evaluamos si debemos preocuparnos sobre la calidad del agua en un lugar, determinamos:

- Qué analitos exceden un estándar o valor guía porque diferentes elementos afectan el agua de diferentes maneras.
- El percentil 90<sup>th</sup> de la concentración por una excedencia ocasional de un estándar generalmente es aceptable. El valor del percentil 90<sup>th</sup> significa que 9 de 10 muestras tendrán una concentración por debajo de este valor.
- La cantidad en que una concentración excede el estándar o valor guía.
- El número de veces que la concentración en un lugar excede un estándar o valor guía.

La Comisión Técnica que consiste en representantes de instituciones con experiencias técnicas, conjuntamente con el equipo técnico de la mesa revisan los datos de la Mesa y

realizan la interpretación trimestralmente y estos resultados se dan a conocer a la comunidad. El equipo técnico de la Mesa preparó este informe que resume los datos recolectados entre Julio del 2004 y Agosto del 2005.

Para este informe anual de monitoreo, evaluamos mas de 1000 muestras individuales de calidad de agua recolectadas por las instituciones participantes y analizadas en los laboratorios analíticos que eligieron, y 120 muestras dobles recolectadas por el equipo técnico de la Mesa y analizadas en los laboratorios seleccionados por el personal de la Mesa y la Comisión Técnica.

## **5.1 Resumen de Evaluación de Datos**

Uno de los principales propósitos del programa de monitoreo participativo es evaluar la calidad de los datos recolectados por las instituciones participantes en Cajamarca. Esta revisión de la calidad de los datos aumenta la confianza en los datos de calidad de agua recolectados por las instituciones participantes. Hacemos esto de dos formas:

- Primero recolectamos muestras dobles en un subgrupo del número total de lugares que las instituciones participantes monitorean y las enviamos para análisis a un laboratorio que seleccionamos.
- Luego determinamos la calidad de los datos evaluando las muestras de control de calidad. Evaluamos muestras ciegas y dobles recolectadas por las instituciones. También evaluamos referencia ciega, estándar, y muestras dobles que nosotros recolectamos y las mandamos a nuestro propio laboratorio.

### **5.1.1 Muestras Dobles de la Mesa Comparadas con las Muestras de Instituciones**

Nosotros recolectamos 120 muestras dobles para este estudio. Nosotros acompañamos a las instituciones participantes en sus salidas de muestreo y recolectamos una muestra en el mismo lugar y momento que la institución. Usamos nuestros propios procedimientos de recolección y nuestras propias botellas y damos a la muestra un nombre diferente que la institución, para que solo el equipo técnico de la Mesa sepa de qué lugar recolectamos las muestras dobles.

Después que recibimos los datos analíticos del laboratorio, comparamos las concentraciones de cada analito en nuestra muestras doble con la concentración en la muestra de la institución y calculamos la diferencia relativa en porcentaje. La diferencia relativa en porcentaje es la diferencia entre los resultados de las dos muestras dividida entre el valor promedio. De esta manera, comparamos las dos muestras y determinamos:

- Si las muestras han sido cambiadas de cualquier manera por las instituciones o el laboratorio
- Si la calidad de los datos es aceptable para los propósitos del estudio.

Evaluamos las diferencias relativas de porcentaje por cada analito en cada muestra. Para todas las muestras dobles:

- El agua que muestreó la institución fue la misma que el agua que el equipo técnico de la Mesa muestreó.
- Métodos diferentes de recolección de muestras dieron resultados similares.
- Las muestras no fueron alteradas durante el manejo y el envío al laboratorio.
- Las muestras no fueron alteradas en los laboratorios.
- Los resultados de laboratorio fueron comparables.

Los valores de diferencia relativa de porcentaje generalmente estuvieron dentro de un rango aceptable por cada par de muestras dobles. Basados en esta evaluación, nosotros sabemos que los datos recolectados por la Mesa y las instituciones son válidos. Por lo tanto, nosotros sabemos que podemos confiar en todos los datos recolectados por las instituciones para nuestra evaluación de calidad de agua (mas de 1000 muestras en tota).

### **5.1.2 Muestras de Control de Calidad**

Cada institución recolecta muestras dobles y muestras ciegas para evaluar cómo se toman las muestras y la calidad de los datos del laboratorio. Las dos muestras para la doble se recolectan de la misma manera, se les da un nombre diferente, y son analizadas en el mismo laboratorio. Los resultados de estas dos muestras son comparadas una con otra. Las muestras ciegas son agua pura que se pone en botellas y se etiquetan como una muestra regular y se manda al laboratorio. Estas muestras deben tener concentraciones muy bajas o no detectadas.

El equipo técnico de la Mesa también recolecta muestras dobles y ciegas. Además, preparamos una muestra estándar de referencia. Esta muestra tiene una concentración conocida de cada elemento analizado por el laboratorio. Comparamos los resultados del análisis del laboratorio con las concentraciones conocidas.

Todas las muestras de control de calidad son enviadas al laboratorio “ciega” para que el laboratorio no sepa que esta analizando muestras ciegas, dobles, o estándar de referencia. Las diferencias relativas de porcentaje para todas las muestras dobles estuvieron dentro de un rango aceptable. Todas las muestras ciegas tuvieron concentraciones muy bajas o no detectadas de los analitos que el laboratorio midió. Las diferencias relativas de porcentaje entre las concentraciones de la muestra estándar de referencia y las concentraciones conocidas también estuvieron dentro de un rango aceptable. Por lo tanto, nosotros concluimos de los resultados de las muestras de control de calidad que todos los datos recolectados por el equipo técnico de la Mesa y las instituciones pueden ser usados para la evaluación de calidad del agua.

## **5.2 Resumen de la Evaluación de Calidad de Agua**

En esta sección presentamos un resumen de nuestra evaluación de calidad de agua para cada cuenca y para diferentes usos (consumo humano, bebida de animales e irrigación).

También resumimos la calidad del agua en los “puntos críticos” que identificamos en el estudio de la Mesa del 2003 y en las aguas subterráneas y puntos de descarga de la mina.

### **5.2.1 Cuenca Porcón**

La evaluación de los resultados analíticos del agua de todas las muestras recolectadas en la Sub Cuenca Río Porcón y Sub Cuenca Río Grande, cumple con los requerimientos de la Clase III de la Ley General de Aguas, con excepción de una muestra recolectada en el canal Encajón Collotán que presenta plomo por encima de los límites máximos permisibles.

#### **5.2.1.1 Calidad del Agua para Consumo Humano**

La evaluación de los resultados analíticos del agua de todas las muestras recolectadas para consumo humano en la Sub Cuenca Río Porcón y Sub Cuenca Río Grande, cumplen con requerimientos de la Clase II de la Ley General de Aguas, con excepción de bacterias coliformes fecales las que no son resultado de las operaciones mineras, estas pueden deberse a las actividades agrícolas y humanas de la zona.

La calidad del agua potable a la Salida de la Planta El Milagro, Salida de la Planta Santa Apolonia, Reservorio de Abastecimiento y Redes cumplen con los estándares de la SUNASS y las guías internacionales (OMS, USEPA) para agua potable tratada.

#### **5.2.1.2 Calidad del Agua para Agricultura**

Al evaluar la calidad del agua, utilizando las guías internacionales para irrigación de los canales de la cuenca sin influencia minera (Carhuaquero Yacuchilla), cumplen con los requerimientos de las guías internacionales.

La calidad de las aguas de los canales con influencia indirecta de la mina (Arcuyoc Potrero, Atunmayo, Colpa, Hermanos Cueva, Hermanos Cueva derecha, Hermanos Cueva izquierda, Salvador Coremayo, Cince de las Vizcachas y Quillish) cumplen con los requerimientos de calidad de las guías internacionales para bebida de animales e irrigación, con excepción del parámetro manganeso que excede las guías internacionales para irrigación en el canal Atunmayo (2 de 9 muestras) y en el canal Salvador Coremayo (1 de 9 muestras).

La calidad de los canales con influencia directa de la mina (Tual, Encajón Collotán, Quishuar y Llagamarca) excedieron las guías internacionales para irrigación en manganeso y cobre; ocasionalmente excedieron las guías internacionales para bebida de animales en arsénico y plomo en los canales Encajón Collotán y Quishuar.

#### **5.2.1.3 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado 3 puntos críticos (Qda Encajón, Qda Callejón y Alto Río Grande) estos puntos incluyen corrientes cercanas al límite de la mina en los que frecuentemente se han

excedido los valores de las guías internacionales para irrigación en TDS y manganeso para la Qda. Encajón; manganeso para la Qda Callejón y alto Río Grande.

### **5.2.2 Cuenca Rejo**

La evaluación de los resultados analíticos de las muestras de agua recolectadas cumplen con los requerimientos de la Clase III de la Ley General de Aguas, con excepción de bacterias coliformes fecales, estas no son resultado de las operaciones mineras, ya que las concentraciones encontradas son bajas cerca del límite de la mina y aumentan corriente abajo.

La calidad del agua con relación a las guías internacionales para bebida de animales e irrigación para el canal sin influencia Minera (Chorro Blanco) cumple con las guías internacionales.

La calidad del agua con relación a las guías internacionales para bebida de animales e irrigación para el canal con influencia indirecta de la mina (Capa Rosa) cumplen con las guías internacionales a excepción del canal Tual (el canal Tual ya no capta agua en esta cuenca, el agua la trae desde la cuenca Honda) que excedió ligeramente las guías internacionales de irrigación para manganeso (1 de 6 muestras).

La calidad del agua cumple con las guías internacionales para bebida de animales para el canal con influencia directa de la mina (Tual), excedió ligeramente las guías internacionales de irrigación para manganeso (1 de 6 muestras).

#### **5.2.2.1 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado 3 puntos críticos (Qda Shoella, Río Tinte y Río Rejo), la calidad del agua en estos puntos cumplen con las guías internacionales para agua de bebida de animales; sólo manganeso excede las guías internacionales para irrigación en la Qda Shoella (3 de 11 muestras).

### **5.2.3 Cuenca Honda**

La calidad del agua de la cuenca cumple con los estándares de la Ley General de Aguas Clase III. A excepción del canal Campanario que excede ligeramente el estándar nacional para plomo (1 de 6 muestras) y la Qda Pampa Larga (2 de 5 muestras).

La calidad del agua con relación a las guías internacionales para bebida de animales e irrigación para los canales Tual y Piedra Gacha cumplen con las guías internacionales para bebida de animales excepto la presentan arsénico y plomo en el canal Campanario (1 de 6 muestras). Las guías internacionales para agua de irrigación excedieron para TDS, cobre y selenio en el canal Tual (4 de 14 muestras); arsénico y manganeso en el canal campanario (1 de 6 muestras).

### **5.2.3.1 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado como puntos críticos de esta cuenca (Qda Pampa Larga y Qda Honda). La calidad del agua en la Qda Pampa Larga excedió las guías internacionales para sólidos disueltos totales, plomo, manganeso y selenio (2 de 6 muestras). Los resultados de análisis de las muestras de agua en la quebrada Honda muestran que el agua satisfizo los requerimientos de calidad establecidos por las guías internacionales.

### **5.2.4 Cuenca Chonta**

La calidad del agua de esta cuenca cumple con los estándares de la Ley General de Aguas Clase III, ocasionalmente excedieron los estándares de la Ley para plomo en la Qda Chaquicocha (1 de 3 muestras) y cobre en la Qda San José (1 de 5 muestras)

Al evaluar la calidad del agua bajo las guías internacionales para irrigación de los canales de la cuenca que no tienen influencia minera (Cocán, Quihuila Quecher Pabellón y Uñigán Tornuyoc), satisfacen los requerimientos de las guías internacionales.

La calidad de las aguas de los canales con influencia indirecta de la mina (Tres Tingos, Azufre Ventanilla y Azufre Ahijadero) se encuentran por debajo de los valores guías internacionales para bebida de animales e irrigación a excepción de manganeso que excede la guía internacional para riego en el canal Tres Tingos (4 de 10 muestras).

La calidad de los canales con influencia directa de la mina (La Shacsha, azufre Atunconga, Shacsha Uñigán y Tomacucho) excedieron las guías internacionales para irrigación en manganeso y aluminio en el canal La Shacsha (12 de 13 muestras) y en el canal Azufre Atunconga (1 de 9 muestras); manganeso en el canal Shacsha Uñigan (1 de 4 muestras) y en el canal Tomacucho (1 de 4 muestras).

#### **5.2.4.1 Calidad del Agua en los Puntos Críticos**

Se han considerado 4 puntos críticos de esta cuenca (Qda Arnacocha, Qda Chaquicocha, Qda Ocucha Machay y Qda San José). La concentración de manganeso excede ocasionalmente las guías internacionales para irrigación en la Qda. Arnacocha (1 de 5 muestras), en la Qda San José excedieron TDS, aluminio, cobre y manganeso (4 de 5 muestras). Para las guías internacionales de bebida de animales se encontró aluminio, arsénico y plomo sobre la guía en la Qda Chaquicocha (2 de 3 muestras) y aluminio y cobre en la Qda San José (4 de 5 muestras). La calidad de las aguas de la Qda Ocucha Machay se encuentra dentro de los valores de las guías internacionales.

### **5.2.5 Puntos de Monitoreo por la Mina**

Minera Yanacocha toma muestras de tres pozos de monitoreo de agua subterránea (Pozo Maqui Maqui, Pozo Cerro Yanacocha y Pozo La Quinua) en forma trimestral; también monitorea dos puntos de descarga de agua tratada (Punto de descarga La Quinua y punto de descarga Pampa Larga). La calidad de agua en estos pozos y descargas cumplen con la Ley

General de Aguas Clase III a excepción de la presencia ocasional de cobre en Pampa Larga (1 de 5 muestras)

Al evaluar la calidad del agua de los puntos de la mina bajo las guías internacionales para irrigación se encontró manganeso en el Pozo Maqui Maqui (2 de 5 muestras) y en el Pozo la Quinoa, manganeso y TDS en el Pozo Cerro Yanacocha (3 de 5 muestras) y La Quinoa (4 de 5 muestras), selenio, cobre y TDS en Pampa Larga (2 de 5 muestras).

### **5.3 Conclusiones**

#### **Validación y Calificación de datos**

Entre Julio del 2004 y Agosto del 2005, el equipo técnico de la Mesa evaluó más de 1,000 muestras recolectadas por las instituciones participantes (COMOCA Sur y Este, SEDACAJ, Minera Yanacocha, la comunidad de Granja Porcón y los Centros Poblados, Yanacancha y Llaucán) de 112 lugares en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda y Chonta. Recolectamos 120 muestras dobles para realizar una revisión extensa de la validez y calidad de los datos recolectados por las instituciones participantes. De este análisis, nosotros concluimos que los datos recolectados por las instituciones son validos y pueden ser usados por la evaluación de la calidad del agua.

#### **Evaluación de la Calidad de Agua para sus Diferentes Usos**

Primero, comparamos los resultados de muestras para aguas superficiales en la Cuenca de Porcón con los:

*Estándares de la Ley General de Aguas del Perú* para aguas crudas que suministran a los sistemas de agua para beber (Clase II). Luego comparamos resultados de muestras en los canales y en las aguas superficiales en las cuencas de los ríos Chonta, Honda, y Rejo con los: Estándares de la Ley General de Agua del Perú para agua agrícola (Clase III). Finalmente, comparamos la calidad de agua existente en las dos plantas de agua para beber con el criterio de agua potable de SUNASS. Encontramos que:

1. Para la Cuenca del río Porcón:
  - Todos los 20 arroyos cumplen con los estándares de la Clase II.
  - Catorce de los 15 canales cumplen con los estándares de la Clase III.
  - El agua potable para la ciudad de Cajamarca cumple con los estándares de la SUNASS.
  
2. Para la cuenca del río Rejo:
  - La calidad del agua superficial en los arroyos y en los tres canales que evaluamos cumple con los estándares de la Clase III.

3. Para la cuenca del río Honda:
  - La calidad de las aguas superficiales cumple con los estándares de la Clase III.
  - La calidad del agua en dos de los tres canales cumple con los estándares de la Clase III.
4. Para la cuenca del río Chonta:
  - La calidad de las aguas superficiales en los arroyos y en los 10 canales que evaluamos cumple con los estándares de la Clase III.
  -
5. La bacteria Coliforme Fecal que resulta del desperdicio humano y animal con frecuencia excede los estándares de las Clases II y III y es una preocupación en todas las cuencas.

Comparamos los resultados de las muestras con los valores *Guías Internacionales* desarrollados para el consumo humano, ganado e irrigación. Aunque estos valores guía no son obligatorios, la comparación con ellos nos permite determinar si podría haber cualquier preocupación a corto o a largo plazo por la calidad del agua. Concluimos que:

1. No hay riesgos inminentes para las personas, los animales o las plantas para la bebida, el ganado o la irrigación.
2. La calidad del *agua potable* que sale de las plantas de tratamiento para la ciudad de Cajamarca no excede los valores guías internacionales para agua para beber tratada (OMS y U.S. EPA).
3. Cuando evaluamos todos los arroyos y canales juntos, la calidad del agua en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda y Chonta generalmente no excede los valores guía internacionales para la *irrigación*.
  - El Manganeso excede estos valores guía en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo y Chonta en arroyos y canales con y sin influencia de la minería.
  - Los sólidos totales disueltos exceden estos valores guía en la cuenca del río Honda.
  - Con la excepción del manganeso, la calidad del agua excede los valores guía en unos pocos lugares específicos:
    - Cuatro de los 15 canales en la cuenca del río Porcón (Tual, Encajón Collotán, Quishuar y Ilagamarca)
    - Ninguno de los 3 canales en la cuenca del río Rejo
    - Dos de los 3 canales en la cuenca del río Honda (Tual y Campanario)
    - Uno de los 10 canales en la cuenca del río Chonta. (La Shacsha)
4. Cuando evaluamos todos los ríos, quebradas y canales juntos, la calidad del agua en las cuencas de los ríos Porcón, Rejo, Honda, y Chonta generalmente no excede los valores guía internacionales para el *ganado*.
  - La calidad del agua excede los valores guías en algunos lugares específicos, incluyendo:
    - Dos de los 15 canales en la cuenca del río Porcón (Encjón Collotán y Quishuar)
    - Ninguno de los 3 canales en la cuenca del río Rejo

- Uno de los 3 canales en la cuenca del río Honda (Campanario)
  - Ninguno de los 10 canales en la cuenca del río Chonta.
5. Minera Yanacocha ha implementado medidas para mejorar la calidad del agua desde que se completó el estudio de calidad de agua de la Mesa en el 2003, incluyendo la instalación del tratamiento de osmosis reversa para la descarga de agua de la mina en la Quebrada Pampa Larga y la instalación de diques para el control de sedimento en el Río Rejo y el Río Grande. La calidad del agua en las cuencas de los ríos Honda, Rejo, y Grande sub-cuenca de la cuenca del río Porción generalmente ha mejorado después de la implementación de esas instalaciones.
6. Las áreas donde tenemos preocupación sobre la calidad del agua incluyen:
- La parte alta de la Quebrada Honda (Quebrada Pampa Larga, Canal Tual).
    - A pesar de que la calidad del agua de descarga de la mina en la Quebrada Honda ha mejorado desde el 2003 (después de la implementación del tratamiento de osmosis reversa), algunos elementos excedieron los valores guía internacionales para el ganado y la irrigación.
  - La parte alta del Río Grande en la cuenca del río Porción (Quebrada Encajón, Quebrada Callejón, Canales Tual, Encajón Collatán, Quishuar y Llagamarca).
  - La parte alta del Río San José en la cuenca del río Chonta (Río San José y Canal La Shacsha).

Describimos nuestras recomendaciones para tratar estas preocupaciones en la sección siguiente.

#### **5.4 Recomendaciones**

Nuestra participación a lo largo del último año en los esfuerzos de monitoreo de agua de instituciones en Cajamarca ha sido muy positiva. Las instituciones con las que hemos trabajado (COMOCA Este y Sur, SEDACAJ, MYSRL, la comunidad de la Granja Porcon, y los Centros Poblados Yanacancha y Llaucan) han hecho una gran contribución al entendimiento de la calidad de agua en Cajamarca.

#### **Recomendaciones para Preocupaciones Específicas de la Calidad del Agua.**

Sobre todo nosotros hemos visto mejoras en la calidad del agua desde que el estudio previo de la Mesa fue completado en el 2003. Hemos identificado preocupaciones específicas de la calidad del agua en este informe; nosotros damos las siguientes recomendaciones para enfocarnos en estas preocupaciones.

- **Calidad de agua para la agricultura:**
  1. Evaluar las preocupaciones de calidad de agua en arroyos y canales en la parte alta del Río Grande en la Cuenca del río Porcón. Esto incluiría una evaluación más frecuente de la calidad del agua en el punto de descarga de la mina, Punto de Descarga La Quinoa, así como una evaluación de otras fuentes potenciales.

2. Evaluar las preocupaciones sobre la calidad del agua en los arroyos y los canales en la parte alta de la Quebrada Honda. Esto incluiría una evaluación más frecuente de la calidad del agua en el punto de descarga de la mina, Punto de Descarga Pampa Larga, así como una evaluación de otras fuentes potenciales de metales.
  3. Evaluar las preocupaciones sobre la calidad del agua en la parte alta del Río San José y el Canal La Shacsha en la Cuenta del Chonta.
  4. Determinar si el manganeso es una preocupación significativa para la irrigación. Esta evaluación podría incluir:
    - Determinación de las concentraciones de manganeso en tierras agrícolas y química de suelos.
    - Determinación de si los cultivos que crecen en la región son sensibles al manganeso.
  5. Desarrollar procedimientos para mitigar y mejorar la calidad del agua si fuera necesario.
- **Calidad del agua para consumo humano:**
    1. Encuestar poblaciones rurales dentro de las cuatro cuencas para determinar qué pueblos no tienen acceso a las fuentes de agua potable.
    2. Si no hay disponible una fuente de agua potable, determinar si la calidad del agua en canales y arroyos específicos que puedan ser usados para consumo humano cumplen con los estándares y guías valores para calidad de agua (incluyendo aquellos para bacteria de coliformes fecales).
    3. Si la calidad del agua no cumple con los estándares y valores guías, determinar fuentes alternativas.

### **Recomendaciones para un Futuro Monitoreo de Agua**

1. Como la cantidad del agua es una preocupación mayor, desarrollar estándares precisos y procedimientos para medir el flujo de los arroyos a los que se adhieren los equipos de muestreo. Sobre todo, se necesita que haya mas enfoque en temas de cantidad de agua.
2. Evaluar tendencias en los datos de mes a mes e incorporar los gráficos que muestren cambios en la calidad de agua a través del tiempo en la presentación de resultados.
3. Mejorar la revelación y diseminación de la información al público en las áreas urbana y rural.
4. Animar la participación activa de los veedores, especialmente personas que viven en las áreas donde se realiza el monitoreo. Posibles maneras de animar la participación incluyen:
  - Desarrollar un cronograma para el monitoreo que acomode mejor a los participantes.
  - Informar a la gente en el campo sobre el propósito y los procedimientos del monitoreo.
  - Informar a la gente en el campo dónde y cuándo puede obtener información sobre los resultados del monitoreo.
5. Desarrollar procedimientos de control de calidad de datos estandarizados entre los programas de monitoreo, incluyendo el criterio para recolectar y analizar muestras dobles, ciegas y estándares de referencia e informar los resultados.
6. Mejorar la coordinación y cooperación entre las instituciones que monitorean el agua.

Esperamos que estas recomendaciones brinden un camino hacia adelante para un futuro monitoreo del agua y el mejoramiento de los recursos de agua en Cajamarca.

Para más información sobre temas específicos sobre calidad del agua, por favor contactar a:

Ing. Luís Ara Valera, Coordinador  
Carlo Calderón Coronado, Coordinador Técnico

La Mesa de Diálogo y Consenso CAO – Cajamarca  
Jr. Los Cerezos 127, Urbanización El Ingenio  
Cajamarca  
Teléfonos: (076) 36-5946, 34-3271  
E-mail: [mesadialogcao@hotmail.com](mailto:mesadialogcao@hotmail.com), [calderoncarlo@yahoo.com](mailto:calderoncarlo@yahoo.com)

# Evaluación de la Calidad del Agua en Cajamarca, Perú

## Informe Anual de Monitoreo, 2004-2005

### Contenido

<b>1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Visión General de la Investigación .....	3
1.2	Organización de Proyecto .....	4
1.3	Organización del Informe .....	4
<b>2.</b>	<b>Visión General del Estudio.....</b>	<b>5</b>
2.1	Visión General Geográfica .....	5
2.2	Uso de Agua por la Comunidad.....	6
2.3	Uso de Agua por la Mina .....	6
2.4	Diseño del Programa de Monitoreo Participativo.....	8
2.5	Puntos de Monitoreo y Análisis de Laboratorio .....	9
<b>3.</b>	<b>Evaluación de Calidad de Datos .....</b>	<b>11</b>
3.1	Consideraciones Generales .....	11
3.2	Métodos.....	12
3.3	Procedimientos de Laboratorio .....	14
3.4	Validación de Datos Analíticos .....	14
3.5	Muestras de Aseguramiento de la Calidad (QA/QC) .....	15
3.5.1	Datos de las Instituciones.....	15
3.5.2	Muestras de la Mesa.....	15
3.5.2.1	Muestras Blanco de Control.....	15
3.5.2.2	Muestras Duplicadas de Control.....	15
3.5.2.3	Muestras de Referencia Estándar.....	16
3.6	Conclusiones .....	17
<b>4.</b>	<b>Evaluación de Calidad de Agua.....</b>	<b>18</b>
4.1	Calidad de Agua de Línea Base .....	18
4.2	Métodos de Evaluación de Calidad de Agua .....	20
4.2.1	Estándares de la Ley General de Aguas del Perú .....	21
4.2.2	Guías Internacionales para Calidad de Agua para Usos Diferentes .....	22
4.2.2.1	Guías para Bebida de Animales.....	22
4.2.2.2	Guías para Irrigación.....	23
4.2.2.3	Guías para Consumo Humano .....	23
4.3	Resultados de Evaluación de Calidad de Agua.....	24
<b>4.3.1</b>	<b><i>Cuenca Porcón</i>.....</b>	<b>25</b>
4.3.1.1	Calidad de Agua para Consumo Humano.....	26
4.3.1.2	Calidad de Agua de los Canales.....	28
4.3.1.3	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	29

<b>4.3.2</b>	<b><i>Cuenca Rejo</i></b> .....	<b>29</b>
4.3.2.1	Calidad de Agua de los Canales.....	30
4.3.2.2	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	31
<b>4.3.3</b>	<b><i>Cuenca Honda</i></b> .....	<b>31</b>
4.3.3.1	Calidad de Agua de los Canales.....	32
4.3.3.2	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	33
<b>4.3.4</b>	<b><i>Cuenca Chonta</i></b> .....	<b>33</b>
4.3.4.1	Calidad de Agua de los Canales.....	34
4.3.4.2	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	35
<b>4.3.5</b>	<b><i>Puntos de Monitoreo por la Mina</i></b> .....	<b>35</b>
<b>5.</b>	<b>Resumen, Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>36</b>
5.1	Resumen de Evaluación de Datos.....	38
5.1.1	Muestras Dobles de la Mesa Comparadas con las Muestras de Instituciones .....	38
5.1.2	Muestras de Control de Calidad.....	39
5.2	Resumen de la Evaluación de Calidad de Agua .....	39
<b>5.2.1</b>	<b><i>Cuenca Porcón</i></b> .....	<b>40</b>
5.2.1.1	Calidad del Agua para Consumo Humano.....	40
5.2.1.2	Calidad del Agua para Agricultura .....	40
5.2.1.3	Calidad de Agua en los Puntos Críticos.....	40
<b>5.2.2</b>	<b><i>Cuenca Rejo</i></b> .....	<b>41</b>
5.2.2.1	Calidad del Agua en los Puntos Críticos.....	41
<b>5.2.3</b>	<b><i>Cuenca Honda</i></b> .....	<b>41</b>
5.2.3.1	Calidad del Agua en los Puntos Críticos.....	42
<b>5.2.4</b>	<b><i>Cuenca Chonta</i></b> .....	<b>42</b>
5.2.4.1	Calidad del Agua en los Puntos Críticos.....	42
<b>5.2.5</b>	<b><i>Puntos de Monitoreo por la Mina</i></b> .....	<b>42</b>
5.3	Conclusiones .....	43
5.4	Recomendaciones .....	45

## ANEXOS

- A. Lugares de Muestreo**
- B. Tablas de Datos de Calidad de Agua**
- C. Estadísticas de Resúmenes de Datos (Calidad y Evaluación de Datos)**
- D. Gráficos de Parámetros de Calidad de Agua**
- E. Plan de Muestreo**
- F. Resumen y Recomendaciones del Estudio de Agua de la Mesa 2003**
- G. Fotografías y Mapas del Sitio de Muestreo**