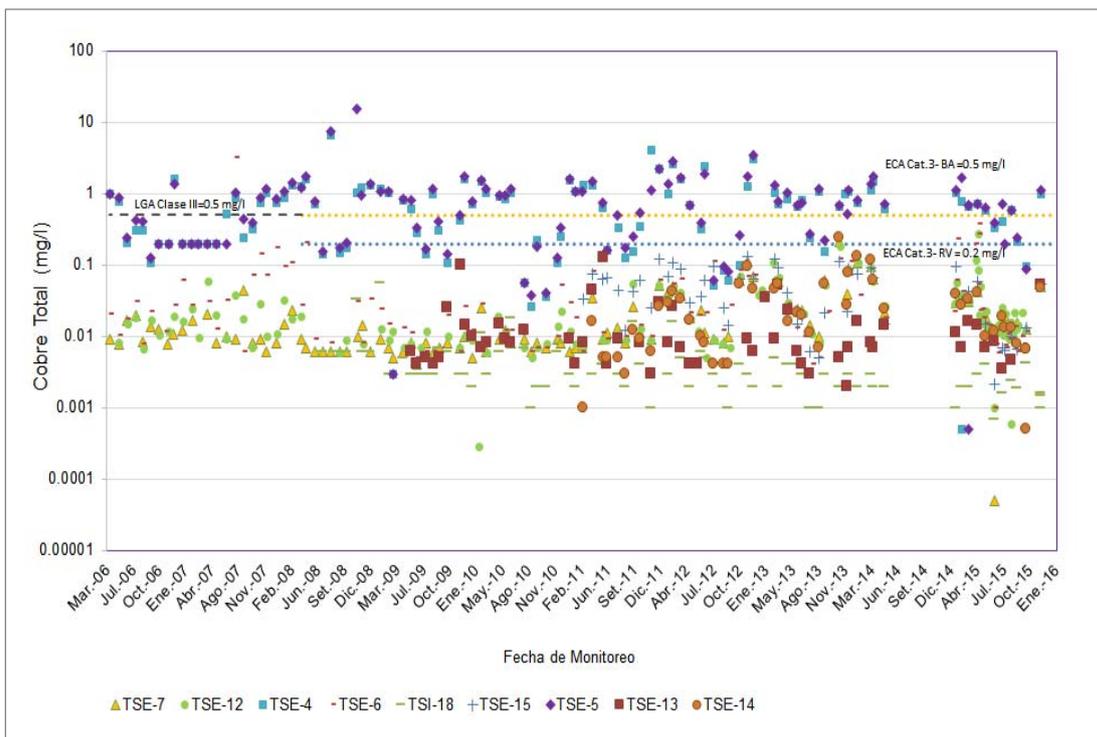


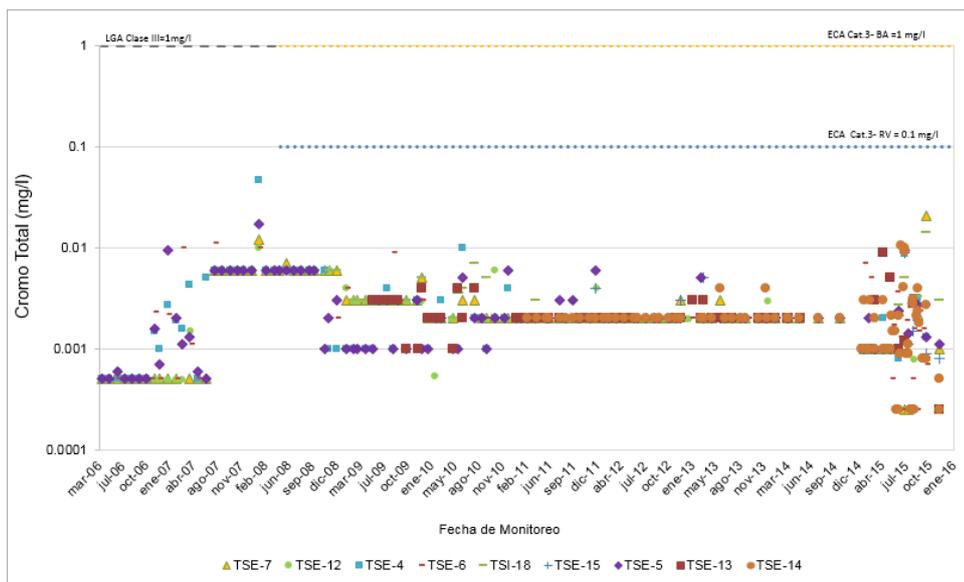
Gráfico 3-54 Tendencia de las Concentraciones del Cobre Total en la Subcuenca del Río Tingo



- Cromo Total

En el Gráfico 3-55, Tendencia de las Concentraciones de Cromo Total en la Subcuenca del Río Tingo, se muestra el cumplimiento en todos los muestreos del lineamiento para cromo total de la LGA clase III y los ECA para agua categoría 3, subcategorías D1 riego de cultivos y D2 bebida de animales, encontrándose los valores por debajo del límite de detección de análisis de laboratorio.

Gráfico 3-55 Tendencia Temporal del Cromo Total en la Subcuenca del Río Tingo



### - Hierro Total y Manganeso Total

Las concentraciones registradas de Hierro Total y Manganeso Total exceden en su mayoría los ECAs para agua categoría 3 principalmente en las estaciones TSE-4 y TSE-5 (ver Gráfico 3-56, Tendencia de las Concentraciones de Hierro Total en la Subcuenca del Río Tingo y Gráfico 3-57, Tendencia de las Concentraciones de Manganeso Total en la Subcuenca del Río Tingo). Ambas estaciones se ubican aguas abajo de las quebradas de La M y San Lorenzo y son influenciadas por pasivos ambientales de terceros.

Las demás estaciones de monitoreo, en menor medida, registran también excedencias a los ECAs para agua categoría 3, presentando excedencias puntuales (TSE-14, TSE-12 y TSE-6) por posible efecto potencial de las condiciones naturales y por pasivos de responsabilidad de terceros.

Por su parte, los registros de Hierro Total y Manganeso Total, de la estación TSI-18, cumplen la mayor parte del tiempo con los ECAs para agua categoría 3, con algunas excedencias puntuales.

Se podría afirmar que existe una tendencia estacional de la variación de las concentraciones de Hierro y Manganeso según los Gráficos 3-56 y 3-57. Esto estaría relacionado a disolución de rocas ricas en óxidos de Fe, Al y Mn cuyas zonas de deposición final es el tramo más bajo de la subcuenca por sus menores pendientes.

**Gráfico 3-56 Tendencia de las Concentraciones de Hierro Total en la Subcuenca del Río Tingo**

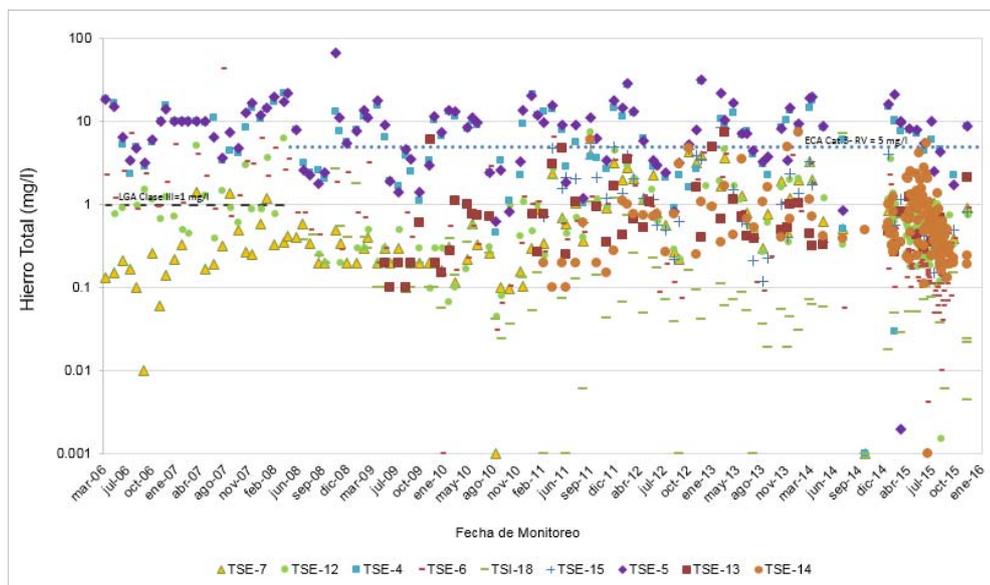
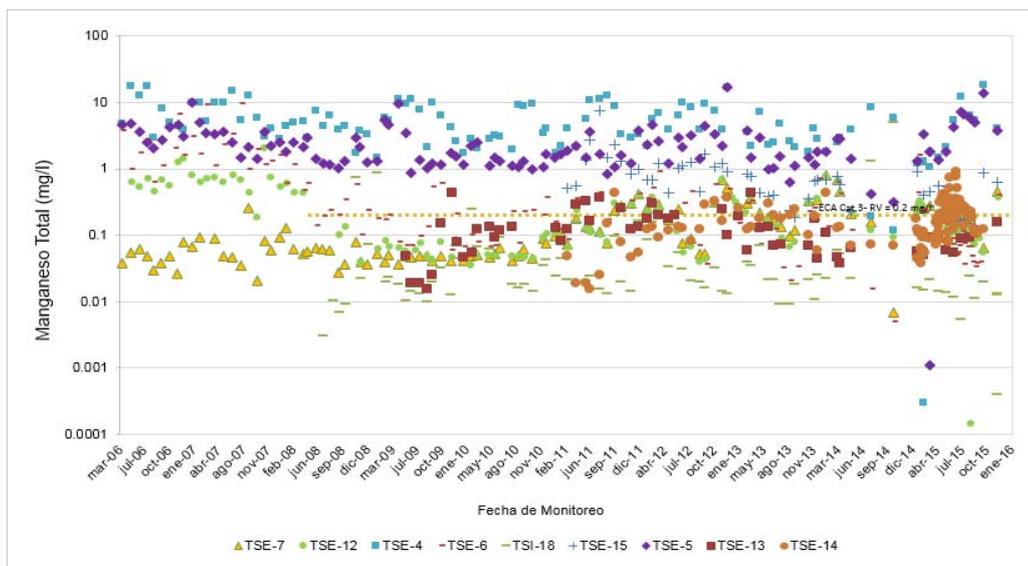


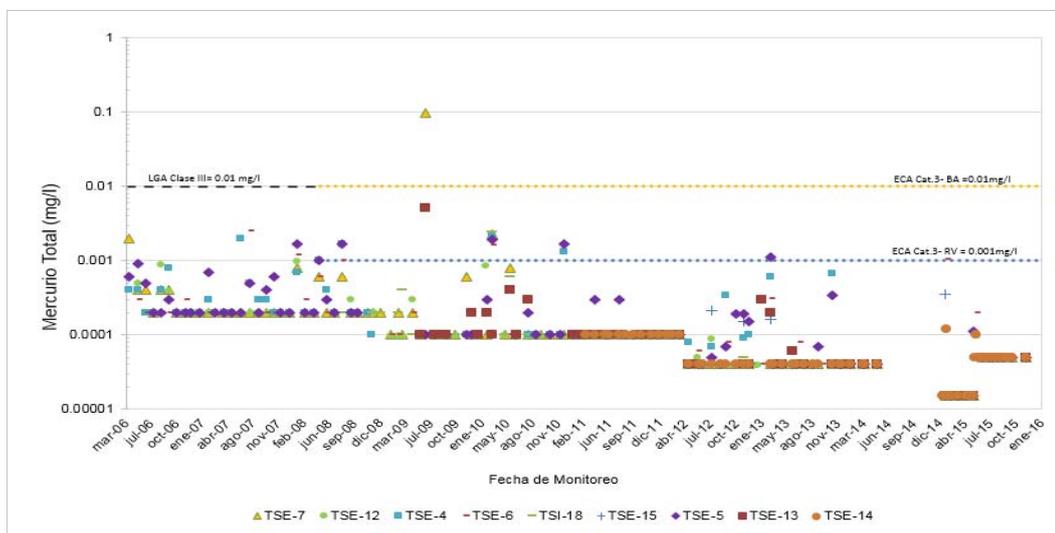
Gráfico 3-57 Tendencia de las Concentraciones de Manganeso Total en la Subcuenca del Río Tingo



- **Mercurio Total**

Los registros históricos de Mercurio Total indican que sus concentraciones cumplen con el lineamiento establecido por la LGA clase III y el ECA para agua categoría 3, subcategoría D2 bebida de animales en todas las estaciones, encontrándose gran cantidad de valores reportados por debajo del límite de detección de análisis de laboratorio. Ver Gráfico 3-58, Tendencia de las Concentraciones de Mercurio Total en la Subcuenca del Río Tingo).

Gráfico 3-58 Tendencia de las Concentraciones del Mercurio Total en la Subcuenca del Río Tingo

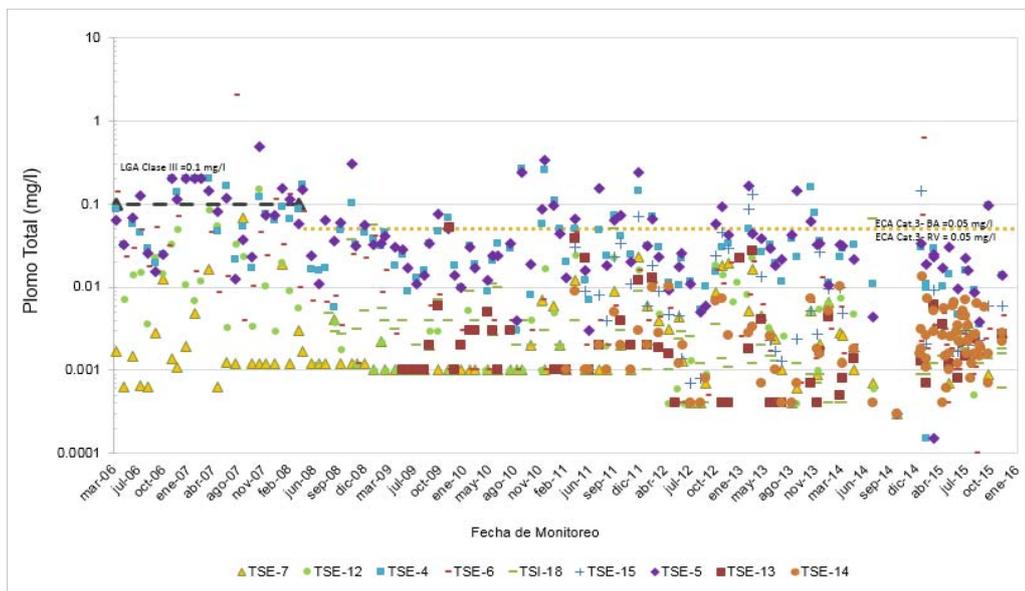


- **Plomo Total**

Se registraron muy bajas concentraciones de plomo total en la parte alta del río Tingo (TSE-7, TSE-14 y TSE-12). La mayor cantidad de excedencias ocurren en las estaciones TSE-4 y TSE-5, probablemente por la influencia de la descarga de efluentes de terceros y la influencia de pasivos ambientales. Estas exceden el lineamiento de la LGA clase III y los ECAs para agua categoría 3, subcategorías D1 riego de cultivos y D2 bebida de animales.

También se observan algunas excedencias puntuales en la estación TSE-6 y TSE-15 que no indican ninguna tendencia (ver Gráfico 3-59, Tendencia de las Concentraciones de Plomo Total en la Subcuenca del Río Tingo). Cabe precisar que el Plomo no es un elemento relacionado con el cuerpo mineralizado de Cerro Corona.

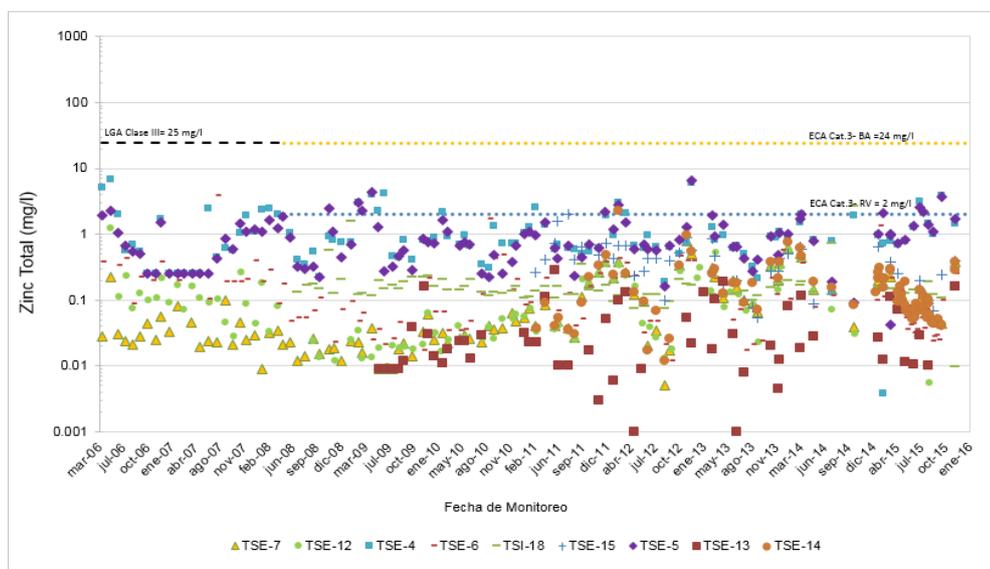
Gráfico 3-59 Tendencia de las Concentraciones del Plomo Total en la Subcuenca del Río Tingo



#### - Zinc Total

En todos los casos, las concentraciones de Zinc Total no superaron el lineamiento de la LGA clase III y el ECA para agua categoría 3, subcategoría D2 bebida de animales, tal como se muestra en el Gráfico 3-60, Tendencia de las Concentraciones de Zinc Total en la Subcuenca del Río Tingo. Las concentraciones históricas de este parámetro presentan el mismo comportamiento que aquellos metales que incrementan su concentración a medida que el agua discurre aguas abajo en el río Tingo, estando las mayores concentraciones de zinc total en la parte baja, en las estaciones TSE-5 y TSE-4, las cuales son influenciadas por flujos provenientes de pasivos ambientales.

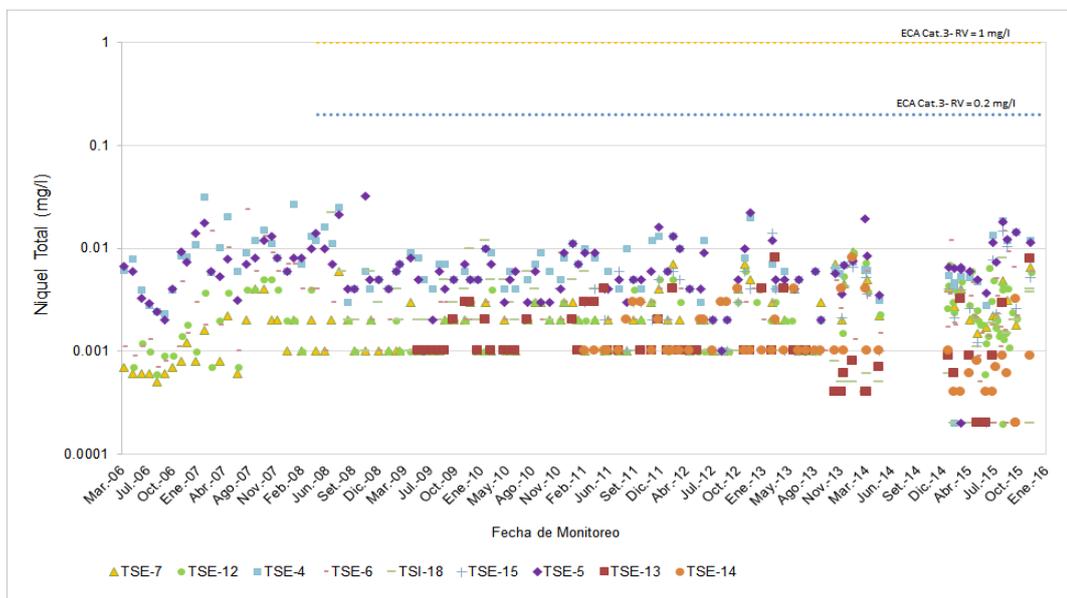
Gráfico 3-60 Tendencia de las Concentraciones del Zinc Total en la Subcuenca del Río Tingo



### - *Níquel Total*

Las concentraciones de Níquel Total no superaron, en ningún momento, los lineamientos establecidos por el ECA para agua categoría 3, subcategoría D1 riego de cultivos y D2 bebida de animales (ver Gráfico 3-61, Tendencia de las Concentraciones de Níquel Total en la Subcuenca del Río Tingo).

**Gráfico 3-61 Tendencia de las Concentraciones del Níquel Total en la Subcuenca del Río Tingo**



### - *Coliformes Totales y Fecales*

En el Gráfico 3-62, Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Totales en la Subcuenca del Río Tingo y Gráfico 3-63, Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Fecales en la Subcuenca del Río Tingo, se observan varias excedencias respecto al lineamiento de la LGA Clase III y a los ECAs agua categoría 3, subcategorías D1 riego de cultivos y D2 bebida de animales. La afectación de la calidad microbiológica del recurso superficial puede estar relacionada por el aporte de carga orgánica a partir de actividades ajenas a las operaciones de GFLC. En mayor medida son producidas por descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento al río, o por disposición de residuos sólidos del ámbito de gestión municipal sobre los cursos de agua. Asimismo, puede estar relacionado a otras actividades como la crianza de ganado. GFLC no tiene vertimientos de agua residual doméstica al ambiente.

**Gráfico 3-62 Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Totales en la Subcuenca del Río Tingo**

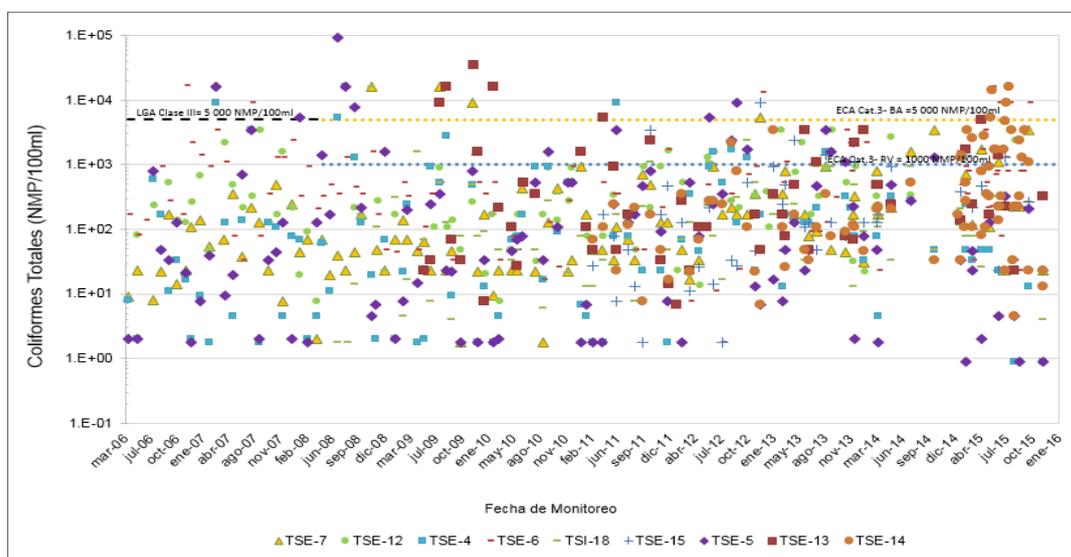


Gráfico 3-63 Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Fecales en la Subcuenca del Río Tingo



- **Evolución Temporal de la Química de Efluentes en la Subcuenca del Río Tingo**

La Unida Minera Cerro Corona cuenta con un punto de vertimiento autorizado (EF-1) en la subcuenca del río Tingo, el cual corresponde a la descarga de agua tratada excedente del TSF. A continuación se presenta la caracterización de la calidad del agua almacenada en el TSF así como la calidad del agua tratada descargada por el punto de vertimiento EF-1 hacia el río Tingo.

La comparación de los resultados de monitoreo se realizó con los Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos para las Actividades Minero Metalúrgicas – D.S. N°011-96-EM/VMM (en adelante LMP 011-96) y Límites Máximos Permisibles para Efluentes Minero Metalúrgicos – D.S. N° 010-2010-MINAM (en adelante LMP 010-2010) respectivamente.

El manejo de agua en Cerro Corona tiene como uno de sus fundamentos la recirculación y reúso de la misma, para lo cual el TSF tiene entre sus funciones el almacenamiento de agua (principalmente agua de lluvia), la cual es utilizada principalmente en el proceso metalúrgico.

Asimismo, el manejo de aguas de Cerro Corona concibe al TSF como una instalación de tratamiento por deposición/sedimentación, considerando el manejo de varias descargas internas de agua de contacto (agua de filtraciones colectada en los LVUs, escorrentía del espaldón de la presa de relaves, agua extraída de drenes del UCB, escorrentía de zonas Chorro Blanco y Tomás aguas abajo del canal 3800, agua de desaguado del tajo, agua de contacto de cantera facilidades y depósito de suelo orgánico N° 2, entre otros) y descarga de las aguas residuales domésticas tratadas.

La descarga controlada de agua tratada desde el TSF hacia el río Tingo se inició en el año 2012. Esto fue necesario a fin de mantener el borde libre de seguridad requerido. El punto de vertimiento autorizado se ubica al pie de la presa de relaves en el sector Las Gordas, cerca al LVU Las Gordas, y su estación de monitoreo es el EF-1.

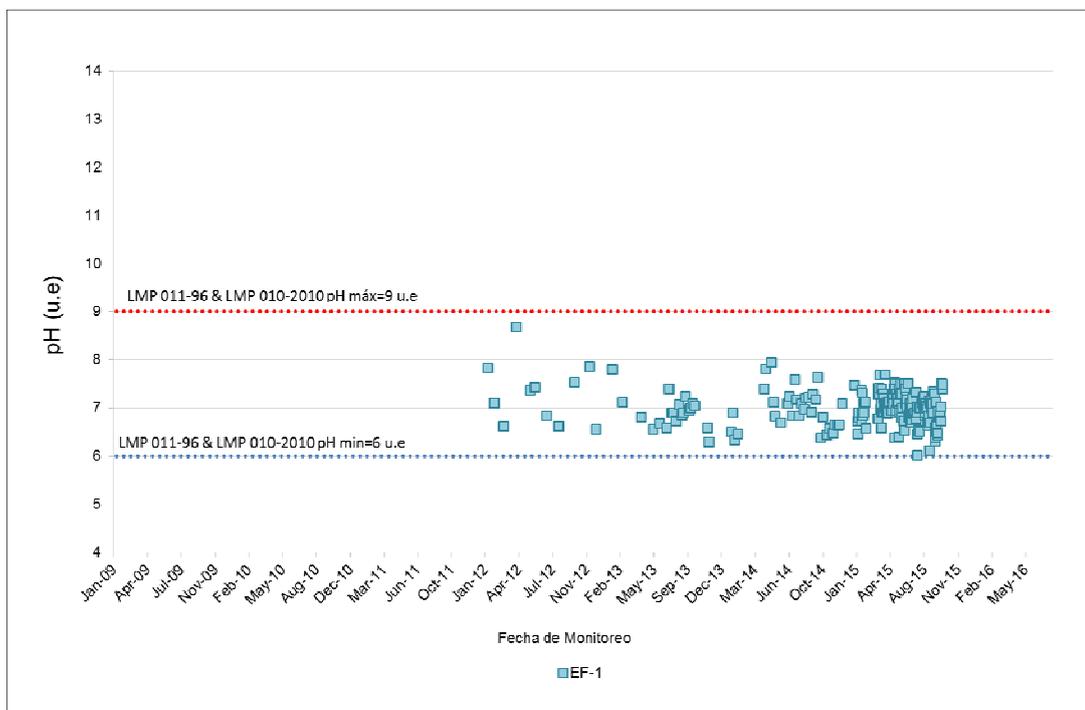
En general, los registros históricos de monitoreo cumplen con los LMP 011-96 y LMP 010-2010 en todo momento. Esto indica que existe un adecuado tratamiento de las descargas de agua provenientes del depósito de relaves (TSF). El monitoreo en la estación EF-1, además sirve para controlar la eficiencia de la planta.

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización de la calidad del agua en el TSF:

- *pH y Sólidos Suspendedos Totales*

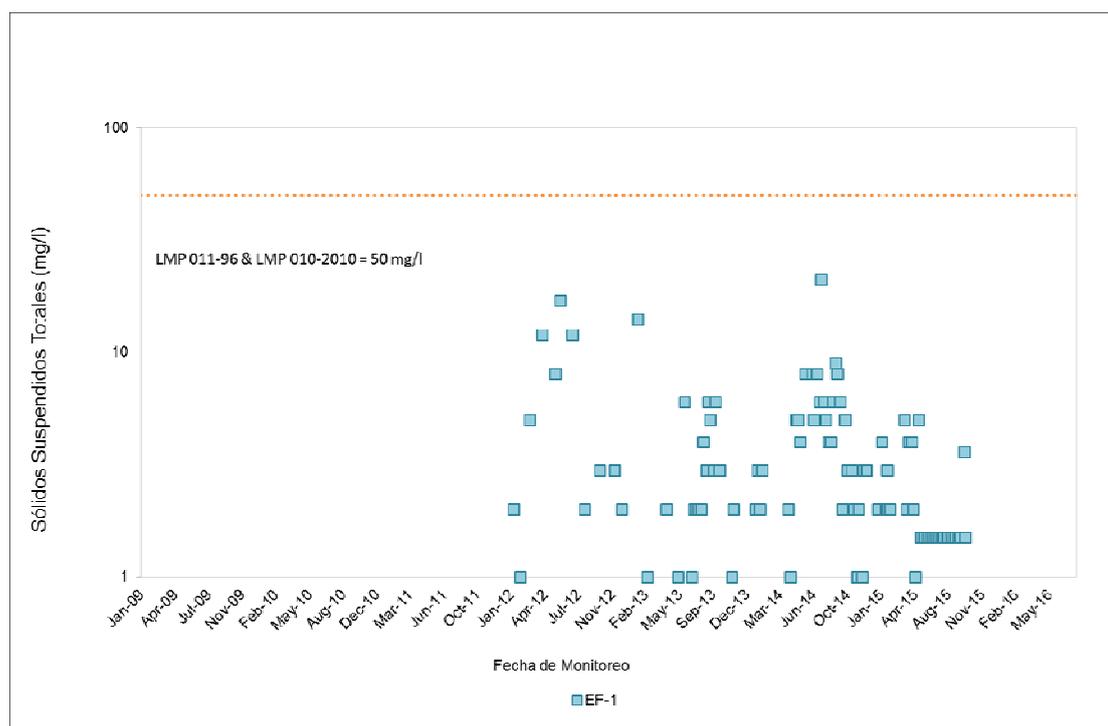
Los valores de pH monitoreados en la estación EF-1 se ubican en todo momento en el rango establecido por los LMP 011-96 y LMP 010-2010 (ver Gráfico 3-64, Tendencia de Valores de pH – Efluente en la Subcuenca del Río Tingo)..

**Gráfico 3-64 Tendencia de Valores de pH - Efluente en la Subcuenca del Río Tingo**



Los valores de los sólidos suspendidos totales en la estación EF-1 cumple con los LMP 011-96 y LMP 010-2010 (ver Gráfico 3-65, Tendencia de Valores de Sólidos Suspendedos – Efluente en la Subcuenca del Río Tingo).

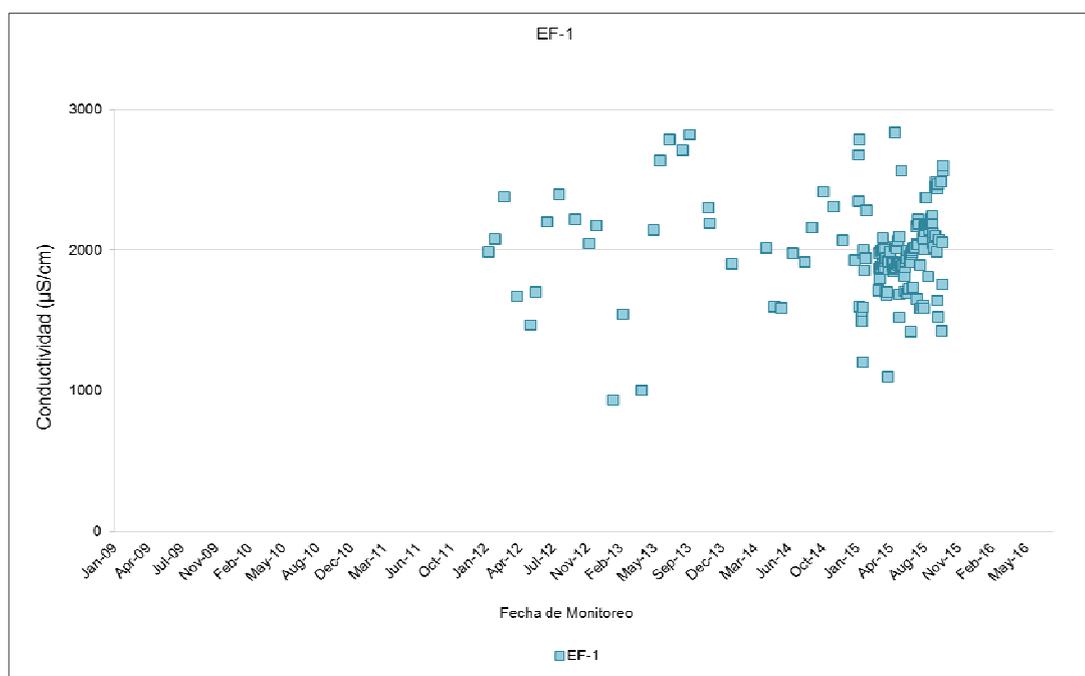
Gráfico 3-65 Tendencia de Valores de Sólidos Suspendedos - Efluente en la Subcuenca del Río Tingo



#### - Conductividad eléctrica

Los valores de conductividad en todas las estaciones se mantuvieron mayoritariamente en el rango entre 1,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 5,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tal como se muestra en el Gráfico 3-66, Tendencia Temporal de Valores de Conductividad – Efluente en la Subcuenca del Río Tingo.

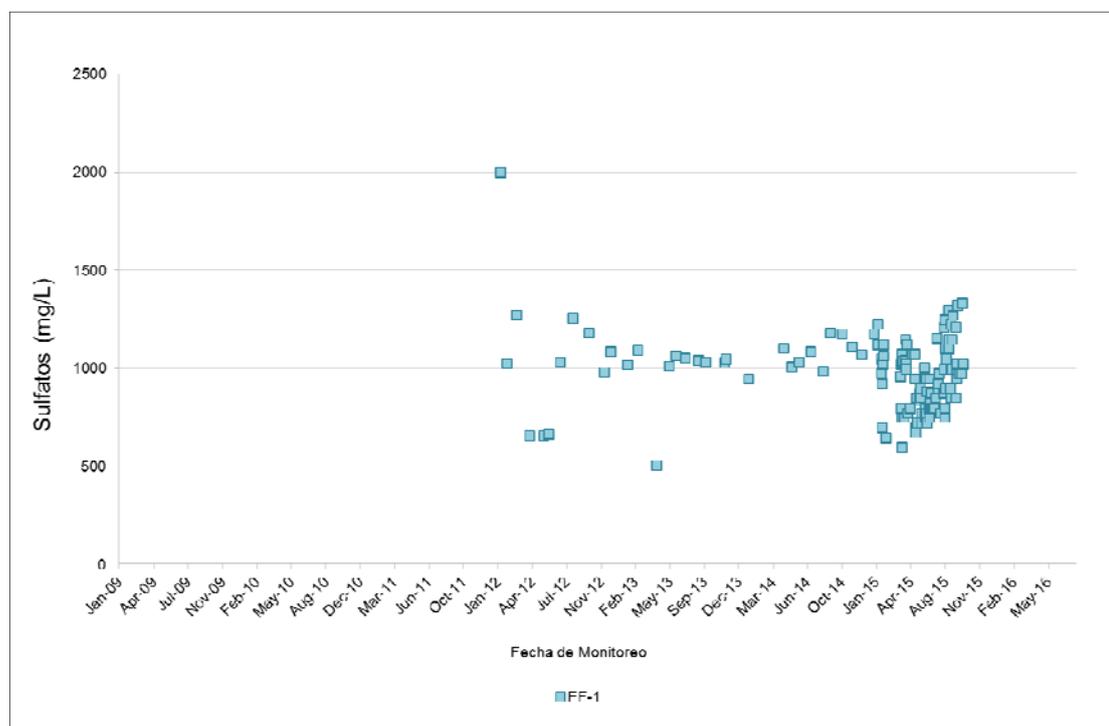
Gráfico 3-66 Tendencia de Valores de Conductividad - Efluente en la Subcuenca del Río Tingo



- **Sulfatos**

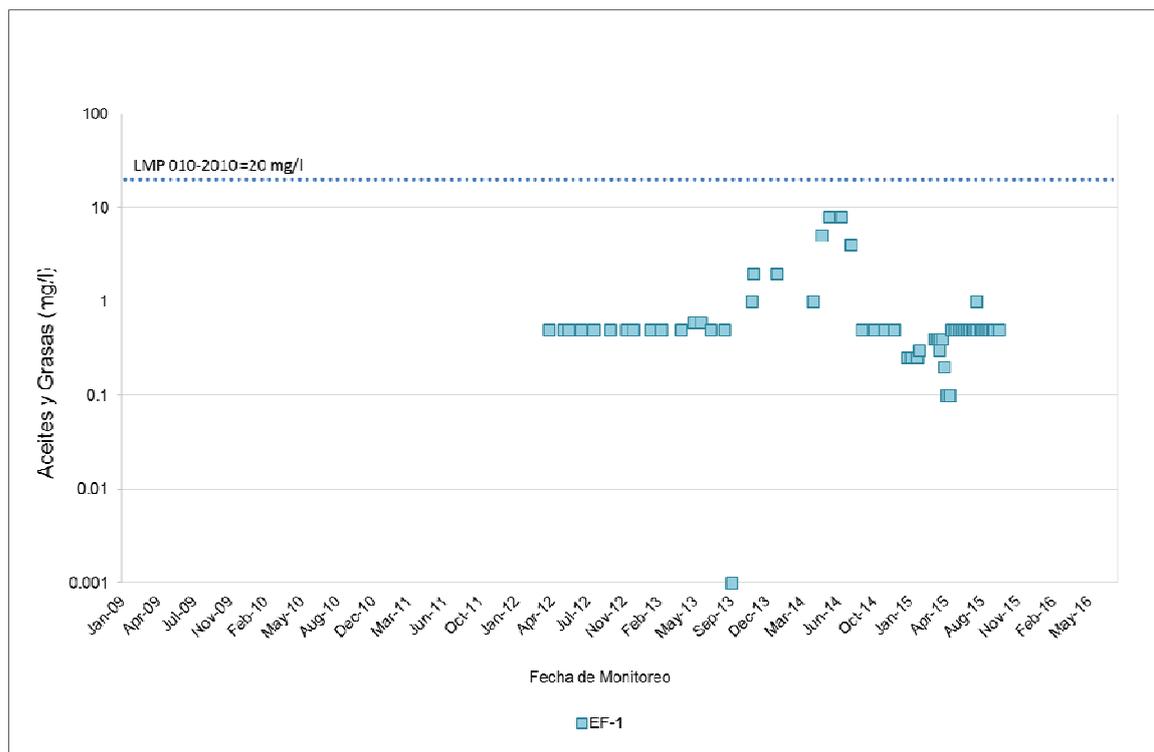
Las concentraciones de Sulfatos muestran una tendencia creciente en el Gráfico 3-67, Tendencia de las Concentraciones de Sulfatos – Efluente en la Subcuenca del Río Tingo.

**Gráfico 3-67 Tendencia de las Concentraciones de Sulfatos - Efluente en la Subcuenca del Río Tingo**



- **Aceites y Grasas**

Las concentraciones de aceites y grasas en el agua del TSF y el vertimiento EF-1 cumplen con los LMP 010-2010, registrándose en la mayoría de casos valores menores al límite de detección de análisis de laboratorio, tal como se puede apreciar en el Gráfico 3-68, Tendencia de las Concentraciones de Aceites y Grasas - Efluente en la Subcuenca del Río Tingo.

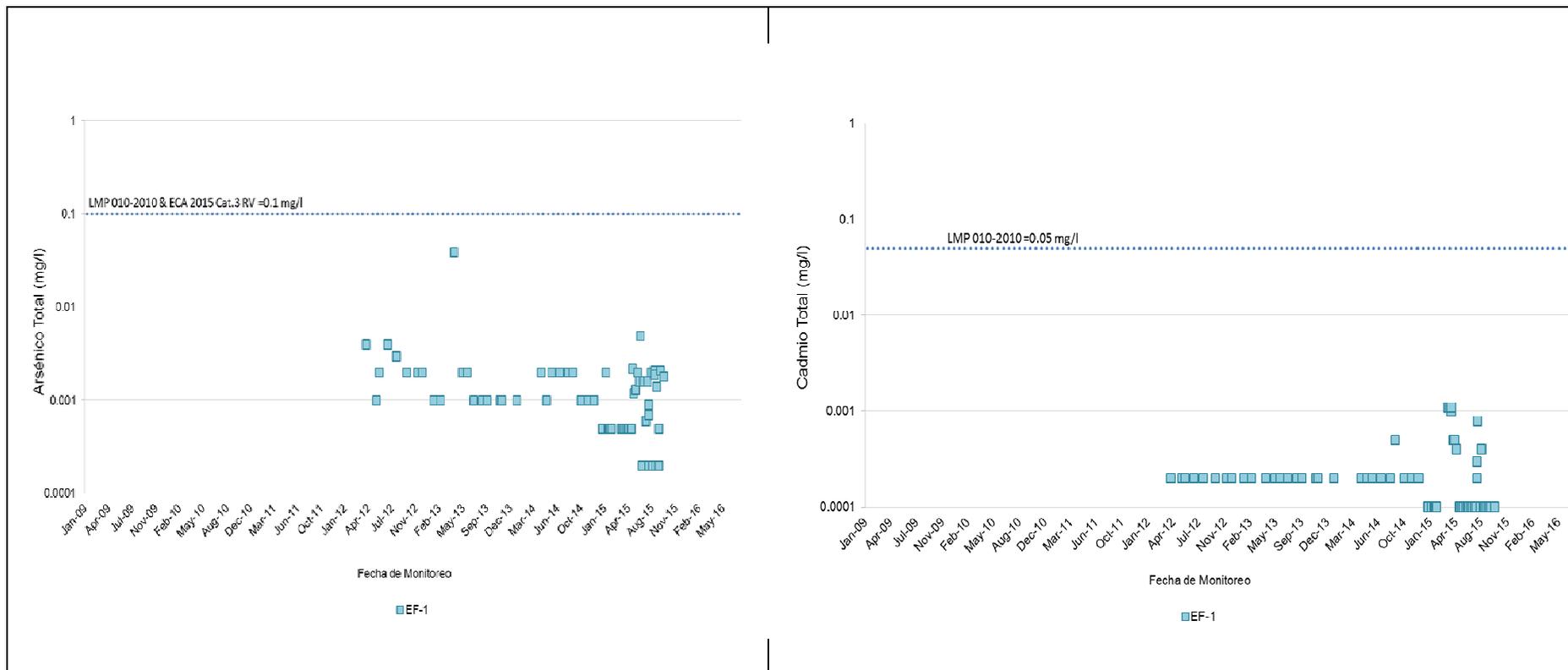
Gráfico 3-68 *Tendencia de las Concentraciones de Aceites y Grasas- Efluente en la Subcuenca del Río Tingo*

- **Cianuro Total**

Los registros de las concentraciones de Cianuro Total cumplieron con el LMP 010-2010. Este comportamiento es predecible ya que GFLC actualmente no usa este compuesto en su proceso metalúrgico y anteriormente se usaba en cantidades poco significativas (ver Gráfico 3-69, Tendencia de las Concentraciones de Cianuro Total – Efluente en la Subcuenca del Río Tingo).



Gráfico 3-70 Tendencia de las Concentraciones de Arsénico total, Cadmio Total, Cromo VI Total y Cobre Total-Efluente en subcuenca del río Tingo



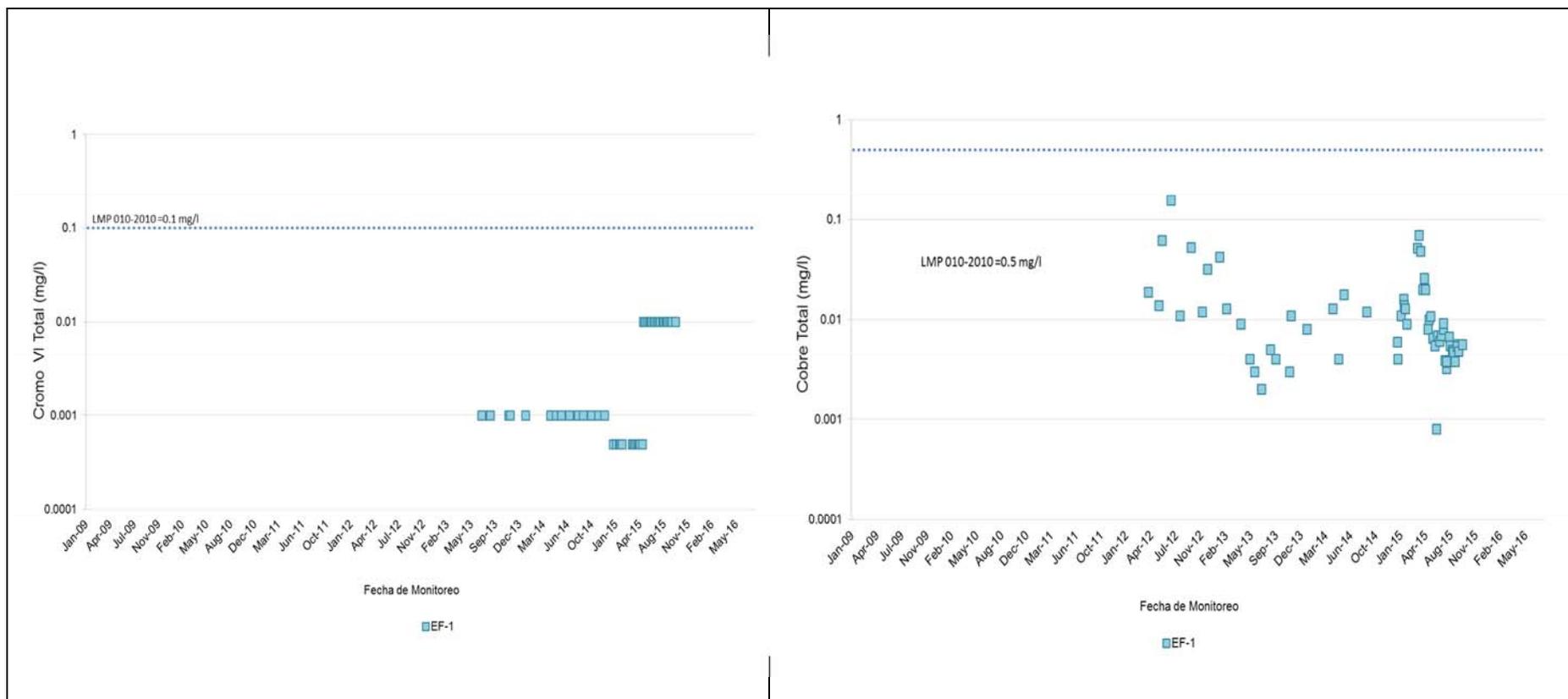
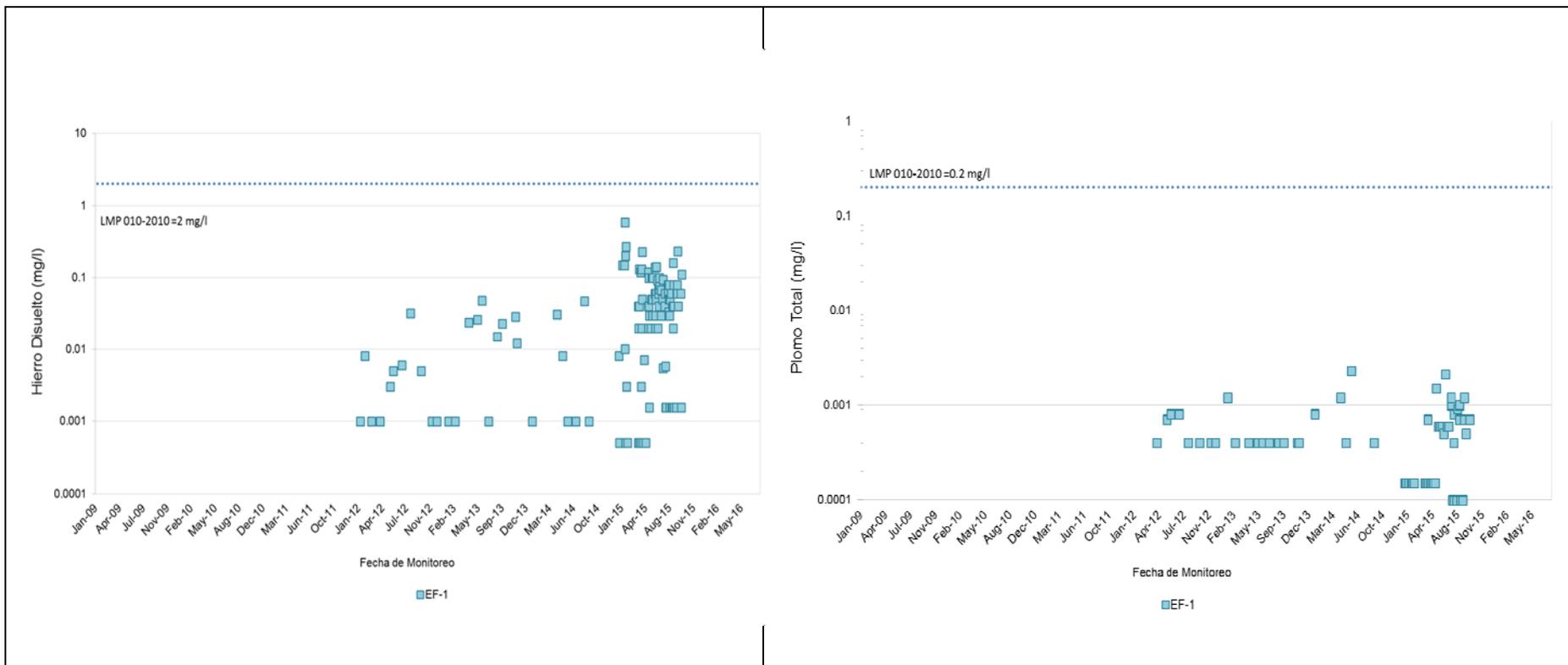
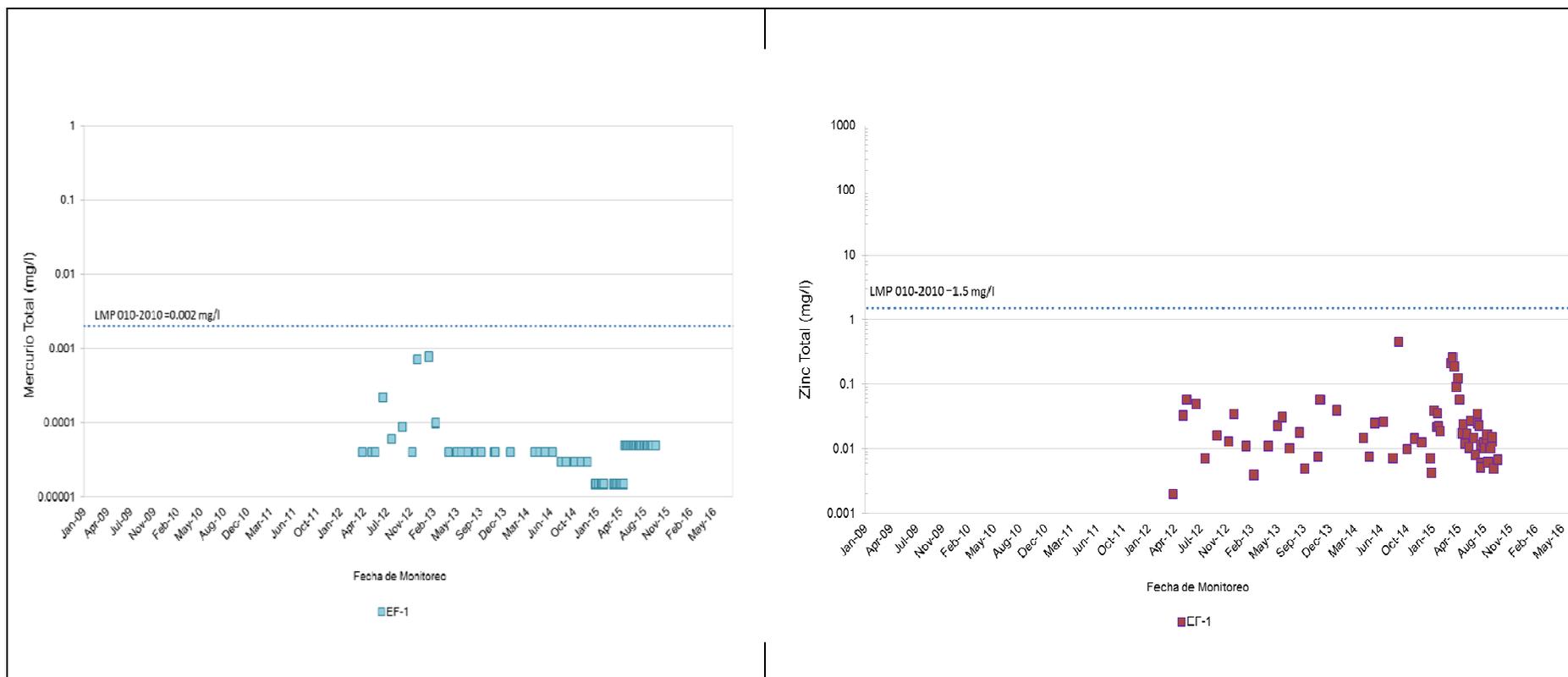


Gráfico 3-71 Tendencia de las Concentraciones de Hierro Disuelto, Plomo Total, Mercurio Total y Zinc Total -Efluente en Subcuenca del Río Tingo





**RÍO HUALGAYOC**

- **Evolución Temporal de la Química de Agua Superficial en la Subcuenca del Río Hualgayoc**

El análisis de evolución temporal de la calidad del agua en la subcuenca del río Hualgayoc se ha realizado en base a los resultados de los monitoreos de seguimiento y control de las estaciones ubicadas a lo largo del río Hualgayoc (HSE-3, HSE-4, HSE-5, HSE-6 y HSE-8); las ubicadas en la quebrada Mesa de Plata (HSE-19 y HSE-10) y la estación WQSC-2 (en la quebrada Corona) ubicado aguas abajo del vertimiento (EF-8) del sistema de sedimentación y floculación Corona (poza de sedimentación N°2).

El río Hualgayoc tiene entre sus afluentes a las quebradas Corona y Mesa de Plata, en las cuales se ubican los vertimientos autorizados de GFLC, denominados EF-8 y EF-7, respectivamente.

Las estaciones ubicadas en la quebrada Mesa de Plata (HSE-19 y HSE-10) reciben el aporte de pasivos ambientales históricos ubicados en el área de drenaje de la quebrada y de las aguas residuales domésticas e industriales de las poblaciones asentadas en la quebrada, además de la influencia de inadecuada disposición final de residuos sólidos del ámbito de gestión municipal. En su mayoría, los resultados históricos de monitoreo en estas estaciones presentan excedencias a los lineamientos de la LGA para aguas clase III y a los nuevos ECA para aguas categoría 3. Es importante mencionar que la quebrada y su cuenca ha sido clasificada como muy contaminada en diferentes estudios de entes gubernamentales tales como la Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Llaucano (MINEM, 1997) y el Inventario de Pasivos Ambientales Mineros del Perú (FONAM, 2006).

En general, respecto a la calidad de las aguas superficiales del río Hualgayoc en el área de influencia de Cerro Corona, se observó que existe una significativa degradación en la calidad de agua del río Hualgayoc aguas abajo de la confluencia de la quebrada Mesa de Plata, la cual, como se ha indicado, recibe escorrentías provenientes de pasivos ambientales de terceros.

Adicionalmente, los niveles de determinados metales como el hierro, manganeso, zinc, cobre, plomo muestran incrementos significativos en el río Hualgayoc, aguas abajo de la estación HSE-5 (luego de la confluencia con la quebrada Corona), y podrían tener su origen en la mineralización existente en la zona. Por otro lado, en la época húmeda (octubre – mayo), se observó un incremento en los valores de hierro, manganeso y otros metales. Este patrón estacional podría deberse al transporte de sedimentos y escorrentía superficial durante esta época, lo cual concuerda con los niveles altos de sólidos suspendidos en algunas muestras.

A continuación se describen los resultados obtenidos:

- ***pH y Conductividad Eléctrica***

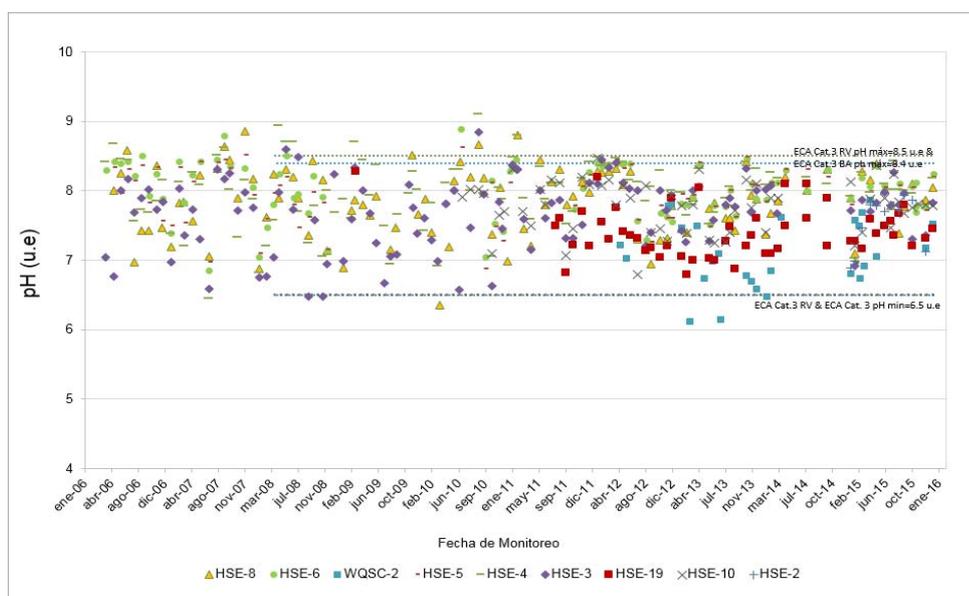
En el Gráfico 3-72, Tendencia de las Concentraciones de pH en la Subcuenca del Río Hualgayoc, se muestran los valores de pH en el río Hualgayoc y las quebradas Corona y Mesa de Plata.

Los valores de pH registrados en las estaciones ubicadas en el curso principal del río Hualgayoc (HSE-8, HSE-6, HSE-5, HSE-4 y HSE-3) se mantuvieron dentro del rango establecido por los ECAs para agua categoría 3, subcategoría D1 riego de cultivos (pH=6.5-8.5), aproximadamente desde el año 2011. En años previos, se observa una tendencia hacia valores alcalinos de pH indistintamente en todos los tramos del río Hualgayoc. En el año 2015, el rango de valores de pH se ve reducido (es decir menor dispersión) entre valores neutros a alcalinos, todos dentro del rango de los ECAs.

Las estaciones en la quebrada Mesa de Plata (HSE-19, HSE-10 y HSE-2) registraron valores de pH dentro del rango establecido por los ECAs categoría 3 subcategoría D1 y D2. Los registros históricos muestran tendencias similares en estas tres estaciones.

La estación WQSC-2 (quebrada Corona) cuenta con pocos registros puesto que usualmente dicha quebrada no presenta flujo. Los valores de pH se encuentran dentro del rango establecido por los ECAs categoría 3 sub categorías D1 y D2. Existen dos valores (6.12 u.e y 6.15 u.e) de pH menores al límite inferior de pH (6.5 u.e) que no representan tendencia alguna.

Gráfico 3-72 Tendencia de las Concentraciones de pH en la Subcuenca del Río Hualgayoc

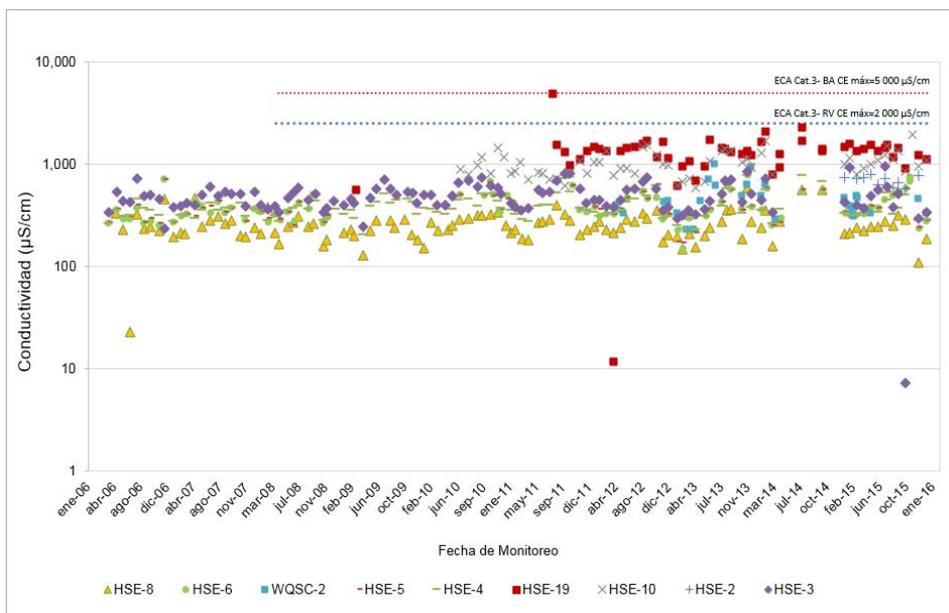


Los valores de conductividad registrados en las estaciones ubicadas en el curso principal del río Hualgayoc (HSE-8, HSE-6, HSE-5, HSE-4 y HSE-3) estuvieron dentro del rango establecido por los ECAs para agua categoría 3, subcategoría D1 riego de cultivos y D2 bebida de animales. Se observa una tendencia creciente de los valores de conductividad a medida que el flujo discurre aguas abajo en el río Hualgayoc. Las menores conductividades, que se registraron en el tramo aguas arriba del río Hualgayoc, se van incrementando con los aportes de las quebradas Corona y Mesa de Plata (ver Gráfico 3-73, Tendencia de la Conductividad Eléctrica en la Subcuenca del Río Hualgayoc).

Las estaciones en la quebrada Mesa de Plata (HSE-19, HSE-10 y HSE-2), especialmente la estación HSE-19, registraron los mayores valores de conductividad respecto a las estaciones ubicadas en el mismo curso del río Hualgayoc (HSE-8, HSE-6, HSE-5, HSE-4 y HSE-3) y a la estación WQSC-2 en la quebrada Corona. Sin embargo, se mantuvieron bajo el lineamiento establecido por los ECAs categoría 3 subcategoría D1 y D2. Existe sólo una excedencia aislada ( $4,850\mu\text{S}/\text{cm}$ ) registrada en el año 2011 en la estación HSE-19, que excede el ECA categoría 3 subcategoría D1.

Todos los registros históricos de conductividad de la estación WQSC-2 (quebrada Corona) cumplieron con el lineamiento de los ECAs categoría 3 sub categoría D1 y D2.

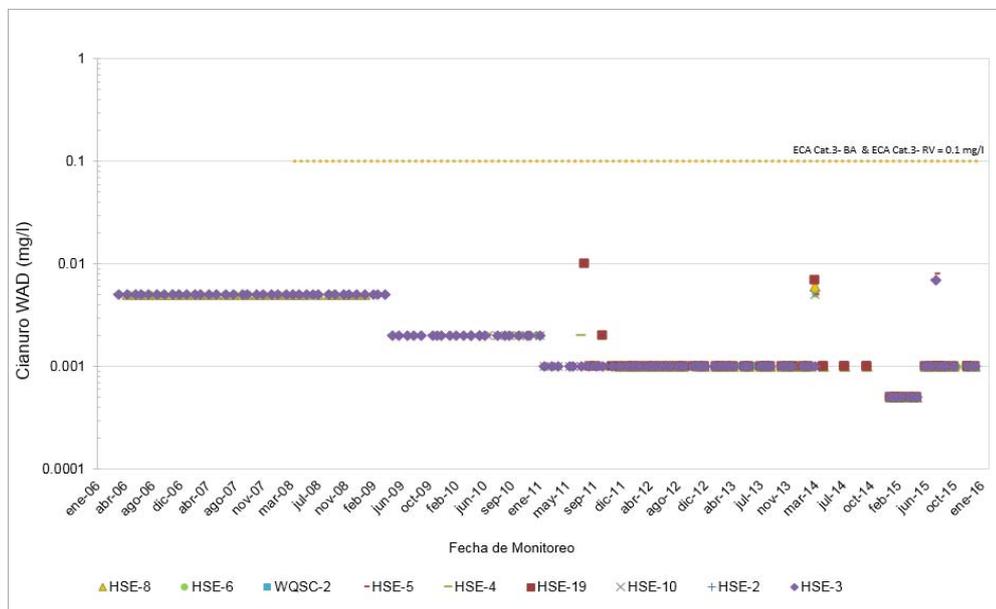
Gráfico 3-73 Tendencia de la Conductividad en la Subcuenca del Río Hualgayoc



- **Cianuro WAD**

Las concentraciones históricas de Cianuro WAD se presentan en el Gráfico 3-74, Tendencia de las Concentraciones de Cianuro Wad en la Subcuenca del Río Hualgayoc. Todas las estaciones registraron concentraciones menores al valor límite de la LGA para agua clase III y al lineamiento del ECA para agua categoría 3, subcategorías D1 riego de cultivos y D2 bebida de animales. Asimismo, la mayoría de concentraciones fueron reportadas como menores al límite de detección (<LD).

Gráfico 3-74 Tendencia de las Concentraciones de Cianuro Wad en la Subcuenca del Río Hualgayoc



### - Metales Totales

El análisis de la variación temporal de metales totales pone en evidencia la influencia de pasivos ambientales mineros sobre los resultados de análisis químico en las estaciones de monitoreo. En general, existe un incremento de las concentraciones de metales totales a medida que el río Hualgayoc fluye desde la estación HSE-8 hacia HSE-3.

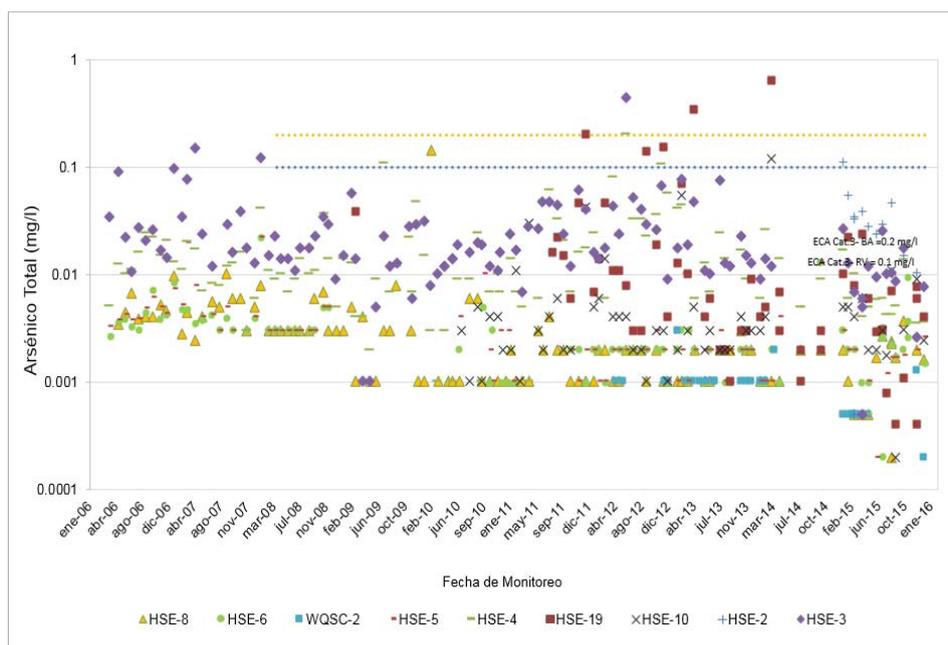
Los incrementos son notorios, especialmente después de la confluencia de la quebrada Mesa de Plata con el río Hualgayoc. Al respecto, las estaciones de la quebrada Mesa de Plata han registrado las concentraciones más altas de metales totales, especialmente la estación HSE-19. El aporte de la quebrada Mesa de Plata, y en menor medida, la quebrada Corona, han influido directamente sobre los altos valores de metales totales registrados en la estación HSE-3, tramo aguas abajo del río Hualgayoc.

De la evaluación de los resultados analíticos de metales en el río Hualgayoc, se concluye que la mayoría de las concentraciones de metales, antes de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata y Corona, no sobrepasan lo establecido en la LGA Clase III. Posterior a la confluencia, existen excedencias en las concentraciones Hierro total, Manganeso total y Plomo total. De forma similar sucede con los valores del ECA categoría 3.

### - Arsénico total

El Gráfico 3-75, Tendencia de las Concentraciones de Arsénico Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc, muestra la tendencia general de las concentraciones crecientes ya antes mencionada. Los registros, en su mayoría, son menores al lineamiento del ECA de agua categoría 3, subcategoría D1 y D2. Existen excedencias puntuales, específicamente en la estación HSE-19 y HSE-2 (quebrada Mesa de Plata), que se refleja luego en la estación HSE-3 (río Hualgayoc). Por su parte, los registros de la estación WQSC-2 (quebrada Corona) cumplieron con los ECAs aplicables

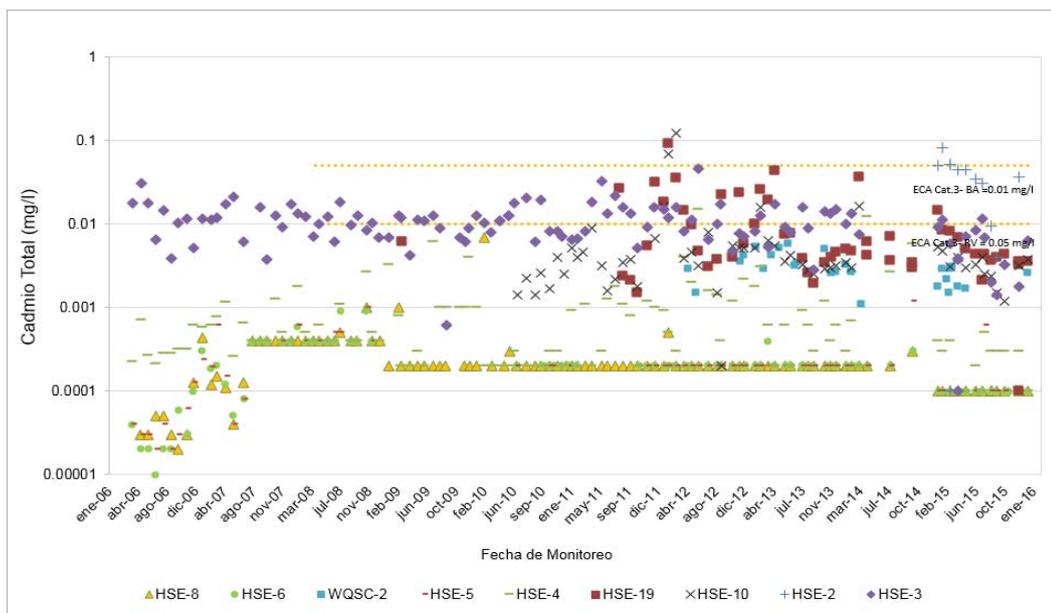
**Gráfico 3-75 Tendencia de las Concentraciones de Arsénico Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc**



- **Cadmio Total**

El comportamiento de las concentraciones de Cadmio Total (ver Gráfico 3-76, Tendencia de las Concentraciones de Cadmio Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc) sigue la misma tendencia general de metales totales; se incrementa a medida que confluyen las quebradas Corona y Mesa de Plata hacia el tramo inferior del río Hualgayoc. Los registros, en su mayoría, son menores al lineamiento del ECA de agua categoría 3, subcategoría D1 y D2. Existen excedencias puntuales, específicamente en las estaciones HSE-19, HSE-10 y HSE-2 (quebrada Mesa de Plata). Por su parte, los registros de la estación WQSC-2 (quebrada Corona) cumplieron con los ECAs aplicables.

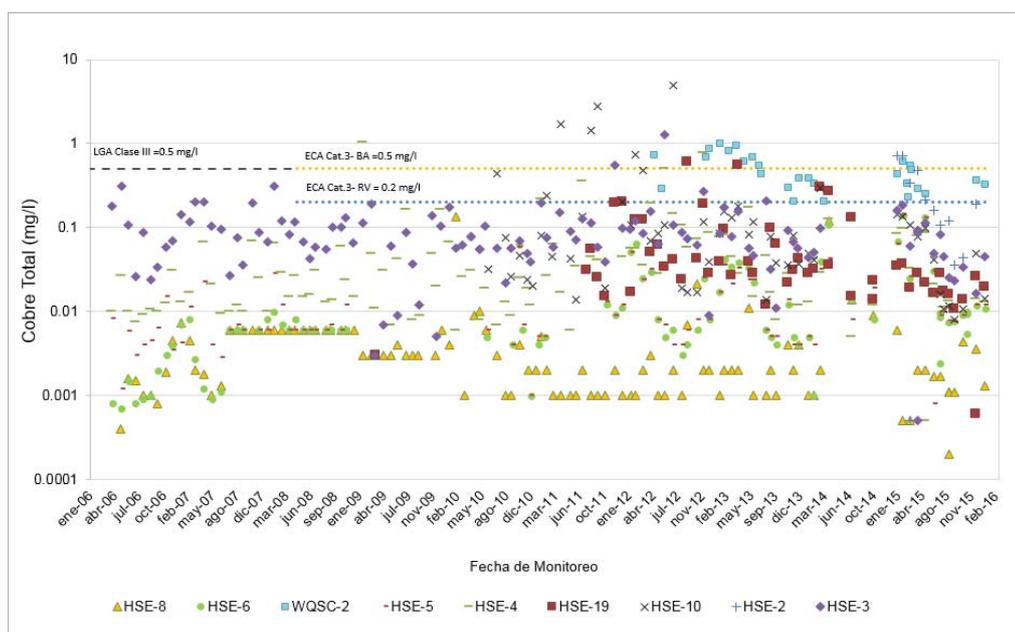
**Gráfico 3-76 Tendencia de las Concentraciones de Cadmio Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc**



- **Cobre total**

Las concentraciones históricas de Cobre total (ver Gráfico 3-77, Tendencia de las Concentraciones de Cobre Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc) muestran un comportamiento parecido a la tendencia general de metales totales en las estaciones ubicadas en el curso del río Hualgayoc (HSE-8, HSE-6, HSE-5, HSE-4 y HSE-3); se incrementa a medida que confluyen las quebradas Corona y Mesa de Plata hacia el tramo inferior del río Hualgayoc. Aquí, los valores permanecieron por debajo de los lineamientos de la LGA clase III y de los ECAs de agua categoría 3. Existen excedencias puntuales en las estaciones HSE-19 y HSE-10 (quebrada Mesa de Plata) durante los años 2011-2012, sin representar alguna tendencia. Mientras que en la estación WQSC-2 (quebrada Corona) se presentan excedencias durante el periodo de monitoreo.

Gráfico 3-77 Tendencia de las Concentraciones de Cobre Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc

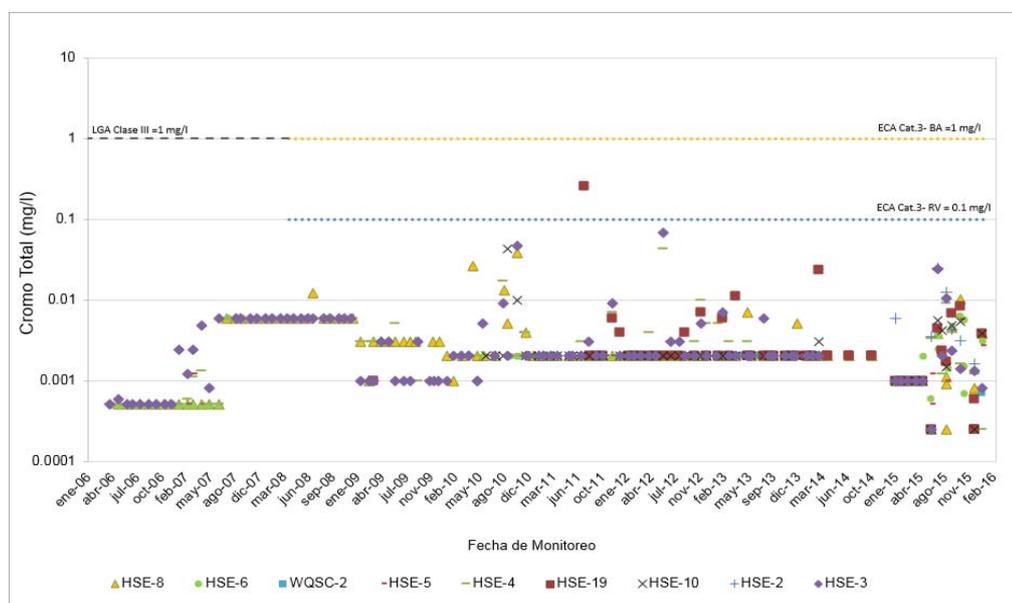


#### - Cromo total

Las concentraciones de Cromo total (ver Gráfico 5-49, Tendencia de las Concentraciones de Cromo Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc) por lo general permanecieron muy por debajo del lineamiento de la LGA clase III y del correspondiente ECA de agua categoría 3, subcategoría D1 y D2. Existe una excedencia aislada, específicamente en la estación HSE-19 (quebrada Mesa de Plata) a la subcategoría D1 del ECA para agua, que no muestra tendencia alguna; asimismo, no se encuentra asociado al tipo de mineralización de Cerro Corona. Es probable que su procedencia esté relacionada a los pasivos ambientales de tercero existentes en la zona.

Por su parte, los registros de la estación WQSC-2 (quebrada Corona) fueron en todo momento menor que los ECAs aplicables. Las concentraciones de Cromo Total fueron reportados como menores al límite de detección (<LD) principalmente en las estaciones ubicadas antes de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata y Corona.

Gráfico 3-78 Tendencia de las Concentraciones de Cromo Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc



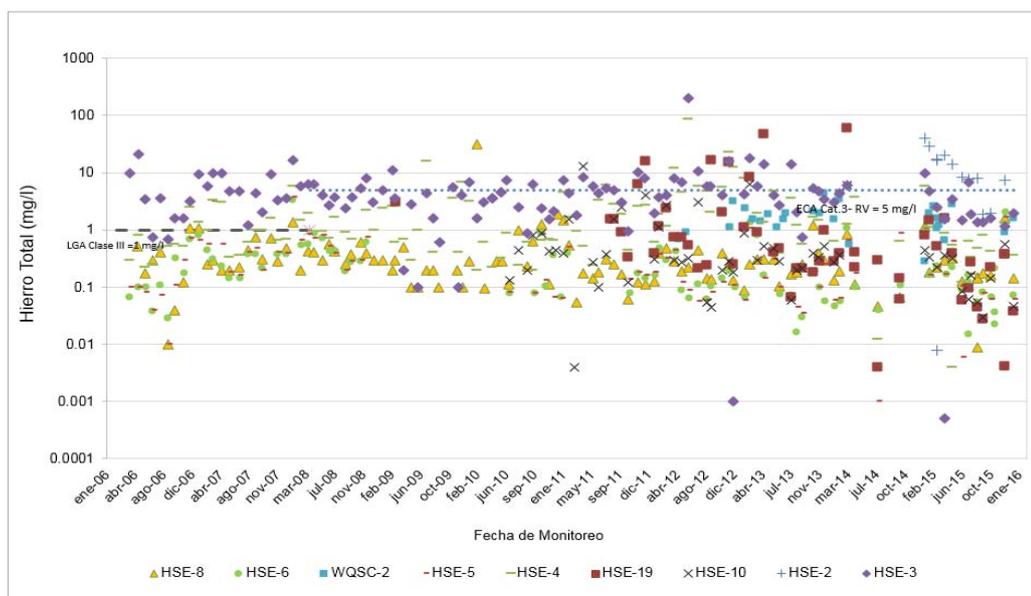
### - Hierro Total y Manganeso Total

En las estaciones ubicadas en el tramo inferior del río Hualgayoc, las concentraciones de Hierro Total y Manganeso Total, en su mayoría exceden los ECAs para agua categoría 3, subcategoría D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales. Las mayores concentraciones ocurren, principalmente, en las estaciones HSE-3 y en menor medida HSE-4 (ambas ubicadas en el mismo curso del río Hualgayoc). Se nota una clara influencia de los flujos con altas concentraciones de ambos metales que provienen de la quebrada Mesa de Plata (ver estaciones HSE-9, HSE-10 y HSE-2) y son aportados al río Hualgayoc aguas abajo de la estación HSE-4 (ver Gráfico 3-79, *Tendencia de las Concentraciones de Hierro Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc* y Gráfico 3-80, *Tendencia de las Concentraciones de Manganeso Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc*).

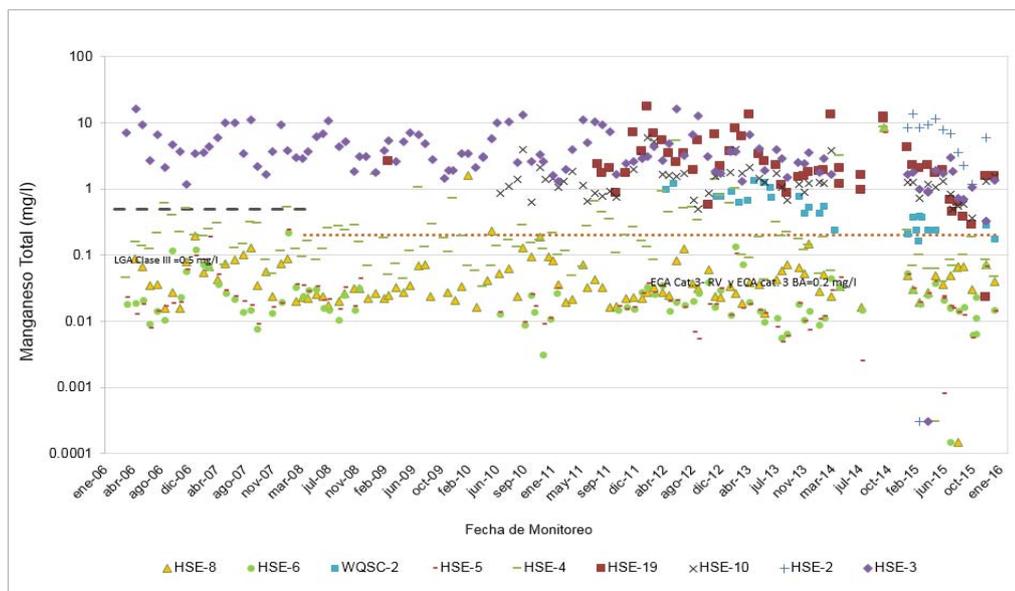
El tramo aguas arriba del río (monitoreado en HSE-8, HSE-6 y HSE-5) y las estaciones HME-13 y HME-14 (ubicadas en manantiales) cumplen con los lineamientos de la LGA uso clase III y los ECAs para agua categoría 3, subcategoría D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales. La estación WQSC-2 también presenta varias excedencias a la LGA clase III y a los ECAs aplicables.

Se observa además tendencia estacional en la variación de las concentraciones de ambos metales, que fluctúan desde bajas concentraciones, durante épocas de estiaje, concentraciones elevadas, durante la época de avenida. Esto estaría generando arrastre del hierro precipitado en la zona de los pasivos ambientales o la posible disolución de rocas ricas en óxidos de Fe y Al y Mn.

**Gráfico 3-79 Tendencia de las Concentraciones de Hierro Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc**



**Gráfico 3-80 Tendencia de las Concentraciones de Manganeso Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc**



- **Mercurio Total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total**

Las concentraciones históricas de Mercurio total, Plomo total, Zinc total y Níquel total se muestran en el Gráfico 3-81, Tendencias de las Concentraciones del Mercurio total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc.

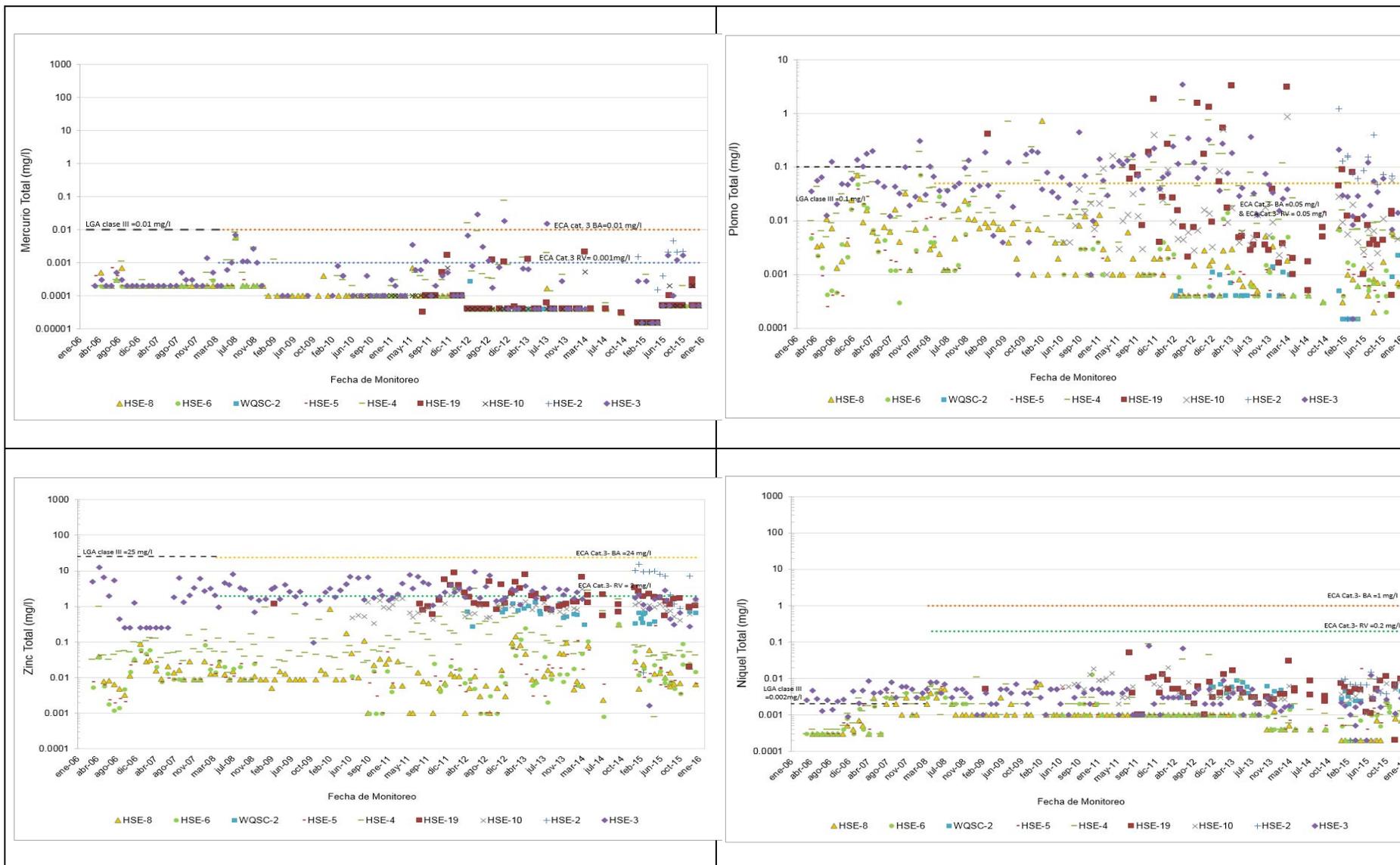
El comportamiento observado de las concentraciones de Mercurio Total, Zinc Total y Níquel Total dan cuenta del cumplimiento de los ECAs para agua categoría 3, subcategoría D2 bebida de animales en todas las estaciones de monitoreo, con excepciones aisladas en la estación HSE-3 y en menor grado en la estación HSE-4 (ambas ubicadas en el mismo curso del río Hualgayoc). Se evidencia una influencia significativa de los flujos con altas concentraciones que provienen de la quebrada Mesa de Plata (ver estaciones HSE-19, HSE-10 y HSE-2) que elevan las concentraciones de estos metales en la estación HSE-3 (después de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata), aún sin causar excedencias respecto a la norma. Es así que estos metales totales (Mercurio total, Zinc Total y Níquel Total) muestran una misma tendencia general en esta subcuenca.

En el tramo aguas arriba del río (monitoreado en HSE-8, HSE-6 y HSE-5), las concentraciones de Mercurio Total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total, cumplen con los lineamientos de la LGA uso clase III y los ECAs para agua categoría 3, subcategoría D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales. Estas concentraciones son las menores en toda la subcuenca. Asimismo, la estación WQSC-2 cumple con la LGA clase III y a los ECAs aplicables en todo momento.

Respecto a las concentraciones históricas de Plomo Total muestran excedencias periódicas principalmente en las estaciones asociadas a la quebrada Mesa de Plata (HSE-19, HSE-10 y HSE-2), influenciado directamente sobre los resultados de la estación HSE-3 (aguas abajo de la confluencia con el río Hualgayoc).

Las demás estaciones de monitoreo (HSE-8, HSE-6 y HSE-5) y la WQSC-2 (quebrada Corona) cuentan con registros que cumple la LGA clase III y a los ECAs categoría 3-subcategorías D1 riego de vegetales y D2 bebida de animales, en todo momento.

Gráfico 3-81 Tendencias del Mercurio Total, Plomo Total, Zinc Total y Níquel Total en la Subcuenca del Río Hualgayoc



### - *Coliformes Totales y Fecales*

En el Gráfico 3-82, Tendencias de las Concentraciones de Coliformes Totales en la Subcuenca del Río Hualgayoc y Gráfico 3-83, Tendencias de las Concentraciones de Coliformes Fecales en la Subcuenca del Río Hualgayoc, se presentan los resultados de los análisis microbiológicos en la subcuenca. Los conteos de coliformes fecales son muy similares a las totales por lo que se puede inferir que la contaminación es de origen fecal.

Se registraron varias excedencias a la LGA clase III y a los ECAs categoría 3, en las estaciones HSE-8, HSE-6, HSE-5, HSE-3 y HSE-4. Estas se encuentran ubicadas en el mismo curso de agua del río Hualgayoc. Estas estaciones concentran la carga orgánica agregada al río durante su recorrido desde la parte alta por actividades ajenas a las operaciones de GFLC. La tendencia general es que los mayores conteos de bacterias coliformes ocurren en el curso principal del río Hualgayoc y se van incrementando progresivamente a medida que fluye el río Hualgayoc cerca zonas pobladas. Se revela así la influencia significativa de las actividades antropogénicas propias de la zona (descargas directas de aguas residuales sin tratamiento, disposición de residuos sólidos, ganadería, entre otros).

La mayor proporción de los registros de coliformes (fecales y totales) en las estaciones HSE-19, HSE-10 y HSE-2 en la quebrada Mesa de Plata, se encuentran dentro de los lineamientos de la LGA clase III y los ECAs categoría 3. Se observan excedencias puntuales a los ECA categoría 3 subcategoría D1 y D2 en las estaciones HSE-19 y HSE-2.

La estación WQSC-2 (quebrada Corona) cuenta con todos sus registros dentro del lineamiento de la LGA clase III y los ECAs categoría 3-subcategorías D1 riego de cultivos y D2 bebida de animales, en todo momento.

**Gráfico 3-82 Tendencias de las Concentraciones de Coliformes Totales en la Subcuenca del Río Hualgayoc**

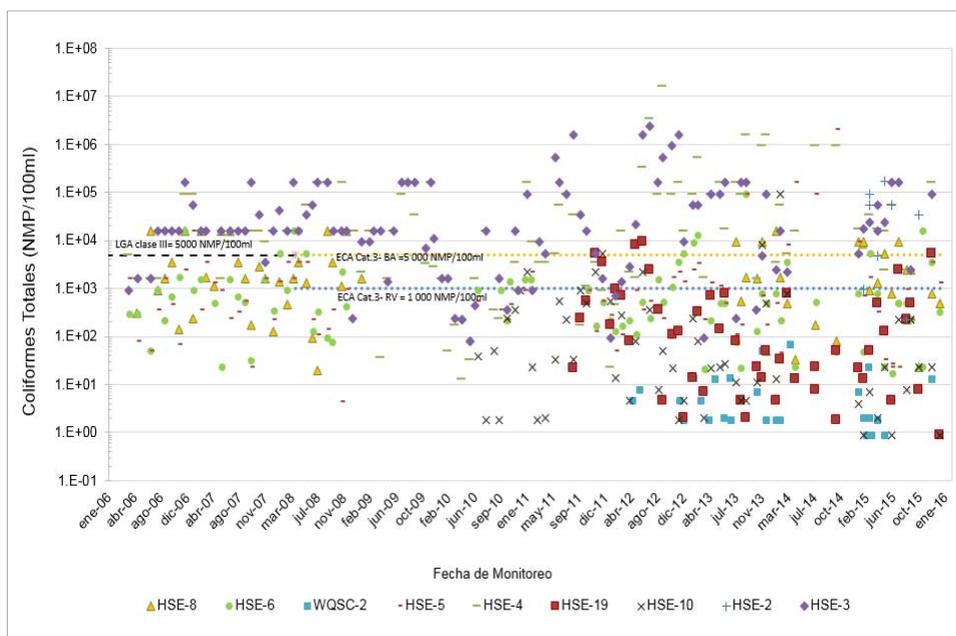
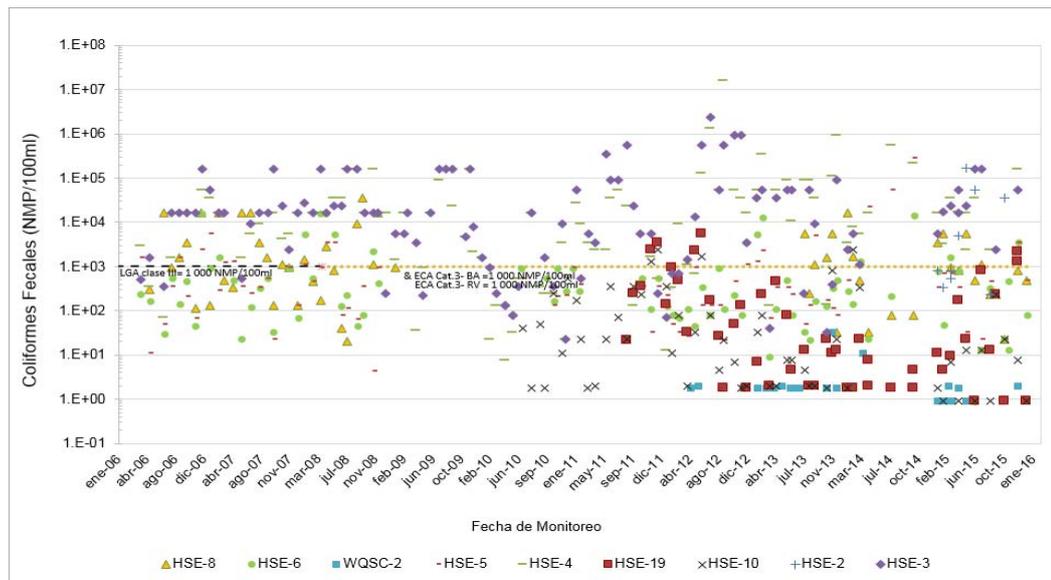


Gráfico 3-83 Tendencias Temporales de Coliformes Fecales en la Subcuenca del Río Hualgayoc



• **Evolución Temporal de la Química de Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc**

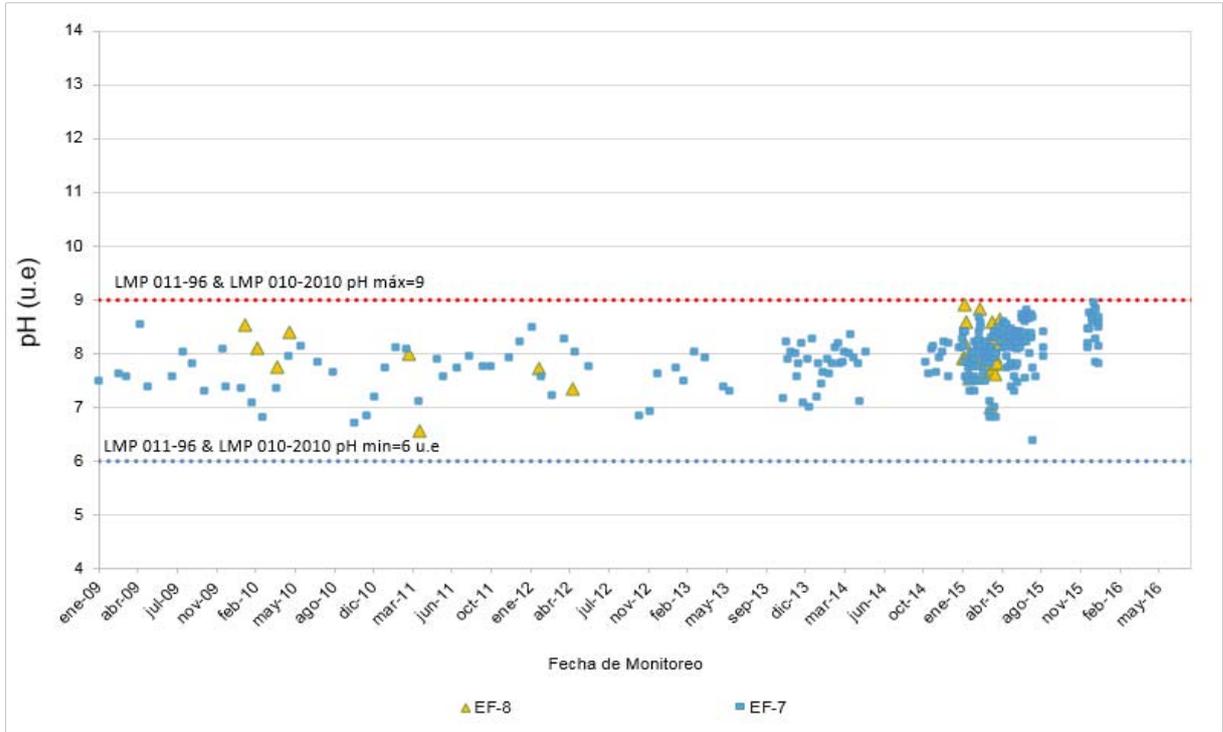
Los efluentes que aportan a los flujos que discurren en el curso principal del río Hualgayoc son monitoreados a través de las estaciones EF-7 y EF-8. En la estación EF-7 se monitorea la descarga del sistema de floculación y sedimentación Mesa de Plata (poza de sedimentación N° 1). Mediante la estación EF-8 se monitorea la descarga del sistema de floculación y sedimentación Corona (poza de sedimentación N° 2).

Los resultados de los análisis químicos han sido registrados desde el año 2008 en las estaciones EF-7 y EF-8, año en que GFLC empieza sus operaciones. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los parámetros evaluados en las estaciones:

- **pH y Sólidos Suspendedos Totales (STS)**

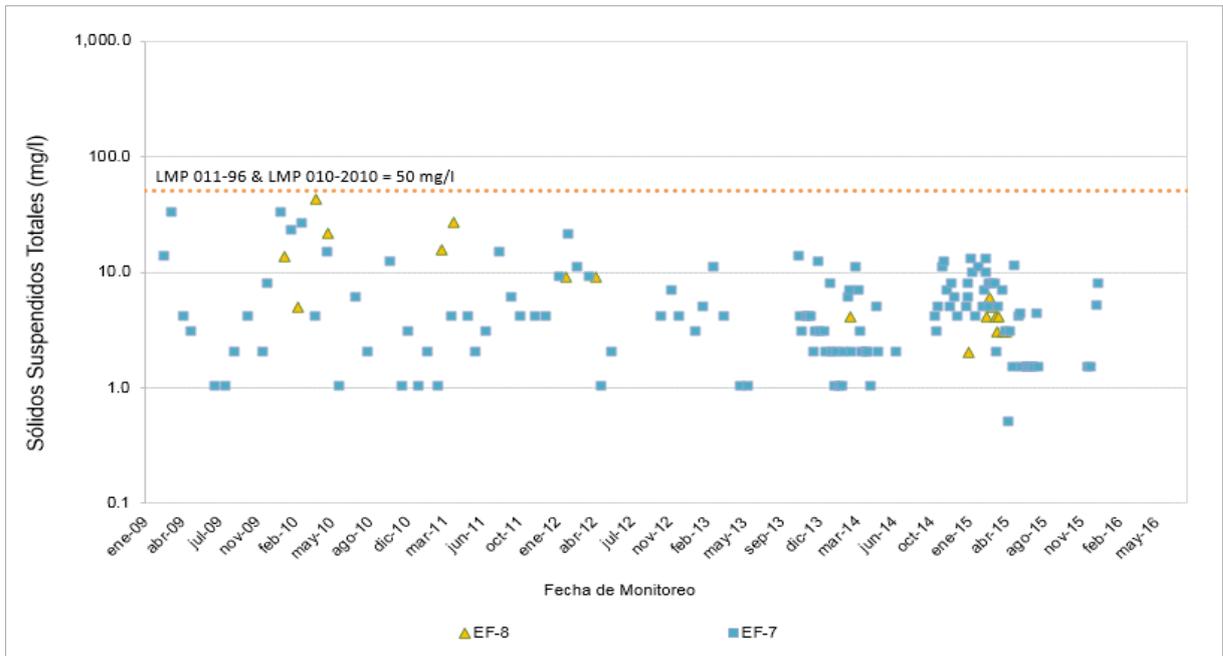
Los valores de pH monitoreados en la estación EF-7 se mantuvieron en el rango de pH establecido en los LMP 011-96 y LMP 010-2010. Los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico 3-84, Tendencia de Concentraciones de pH - Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc.

Gráfico 3-84 Tendencia de las Concentraciones de Valores de pH - Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc



Las concentraciones históricas de SST permanecieron por debajo de los LMP 011-96 y LMP 010-2010. Ver Gráfico 3-85, Tendencias de Concentraciones de STS – Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc.

Gráfico 3-85 Tendencia de las Concentraciones de SST - Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc



- Aceites y Grasas

Las concentraciones históricas y lactuales hasta Mayo del 2016, registraron valores de aceites y grasas muy por debajo de los LMP 011-96 y LMP 010-2010 en todas las estaciones, tal como se muestra en el Gráfico 3-86, Tendencia de las Concentraciones de Aceites y Grasas – Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc, reportándose inclusive varios valores por debajo del límite de detección de análisis de laboratorio.

Gráfico 3-86 Tendencias de las Concentraciones de Aceites y Grasas - Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc

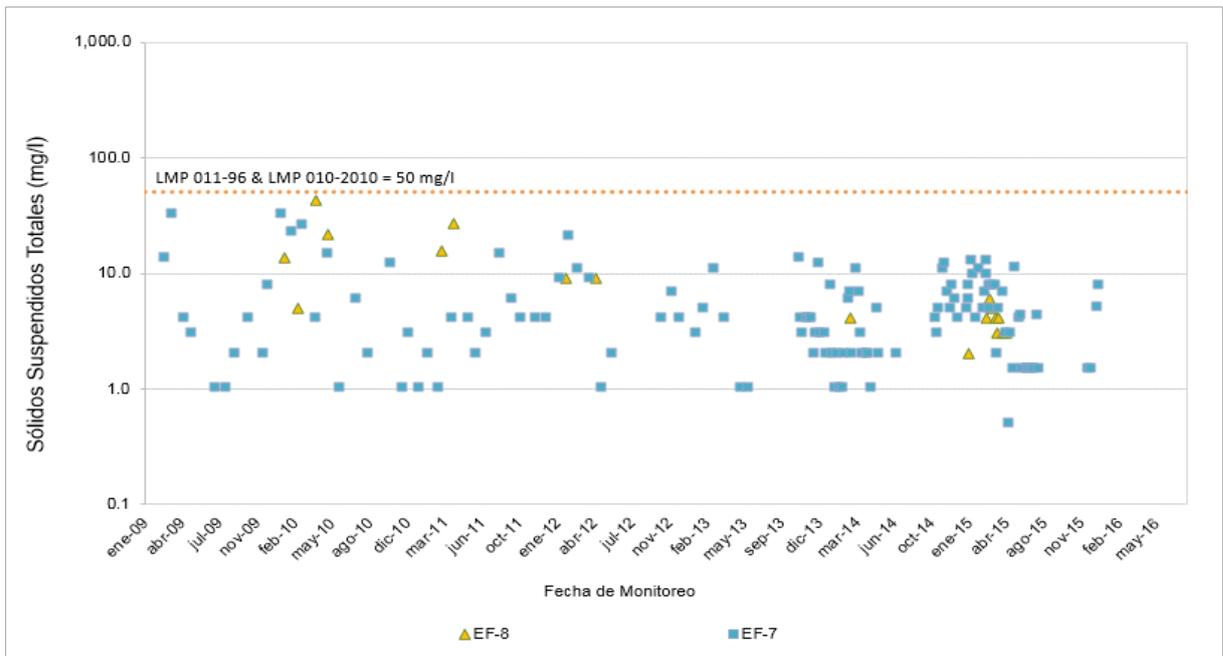
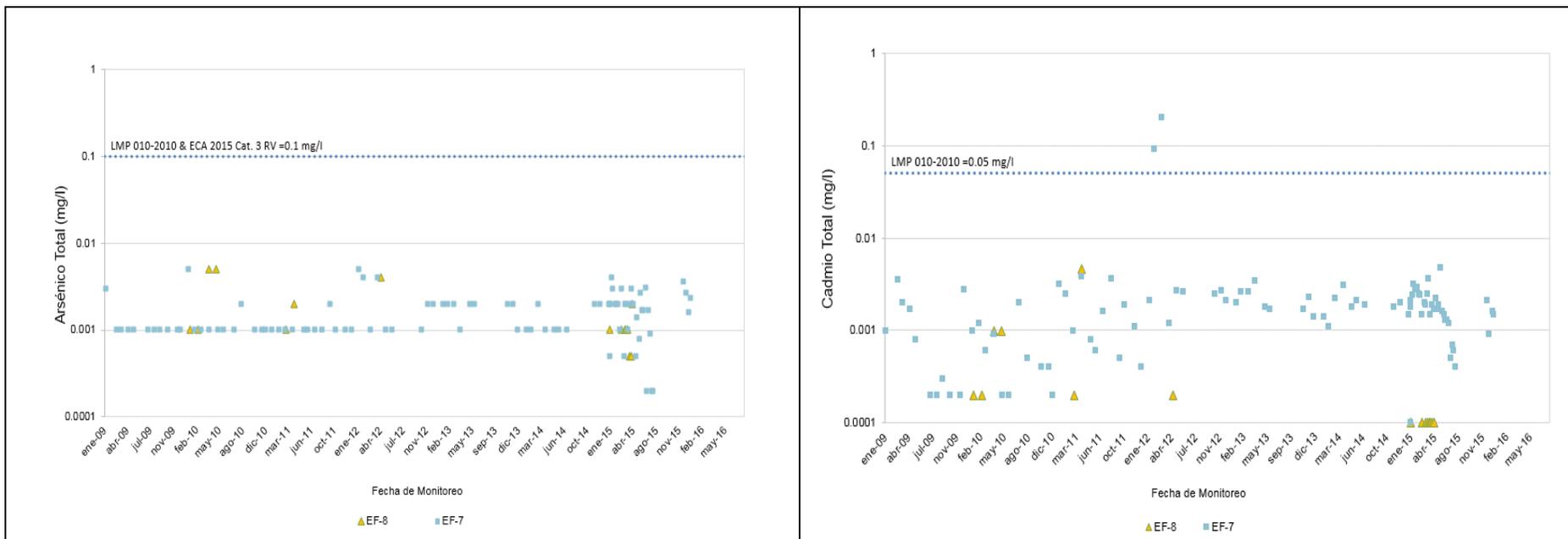




Gráfico 3-88 Tendencia de las Concentraciones de Arsénico Total, Cadmio Total, CromoVI y Cobre Total – Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc



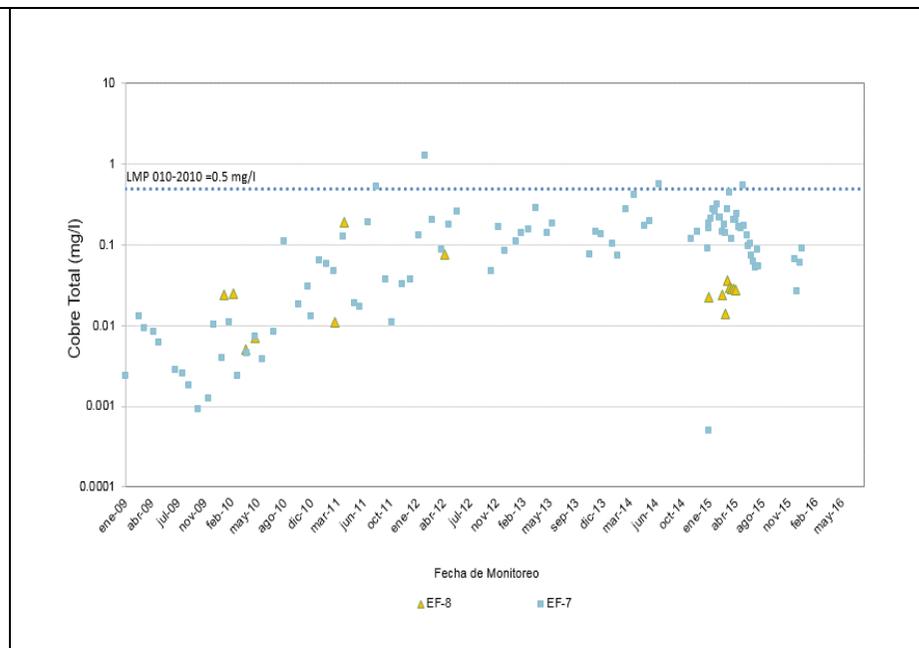
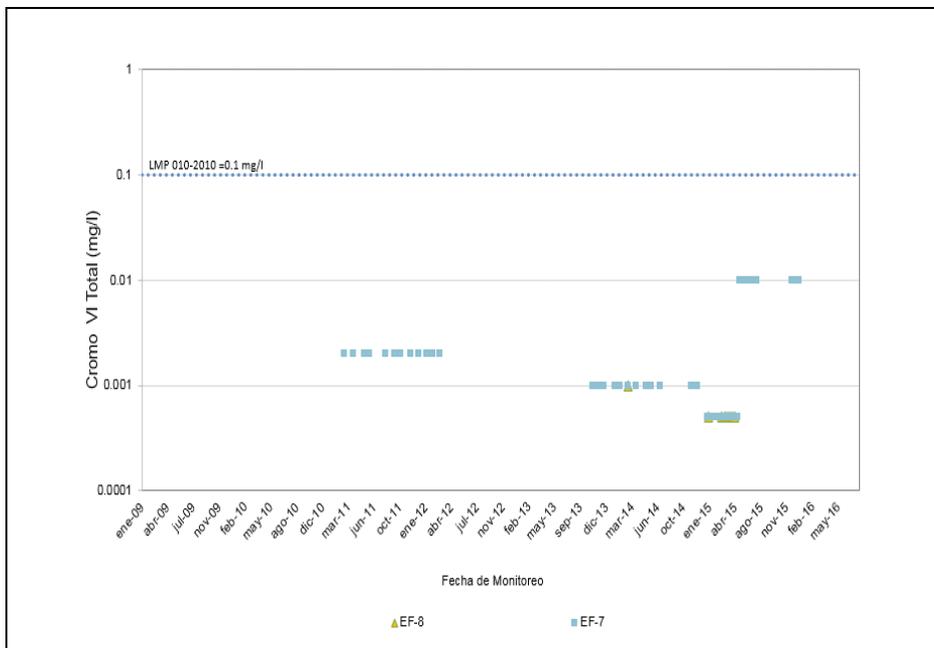
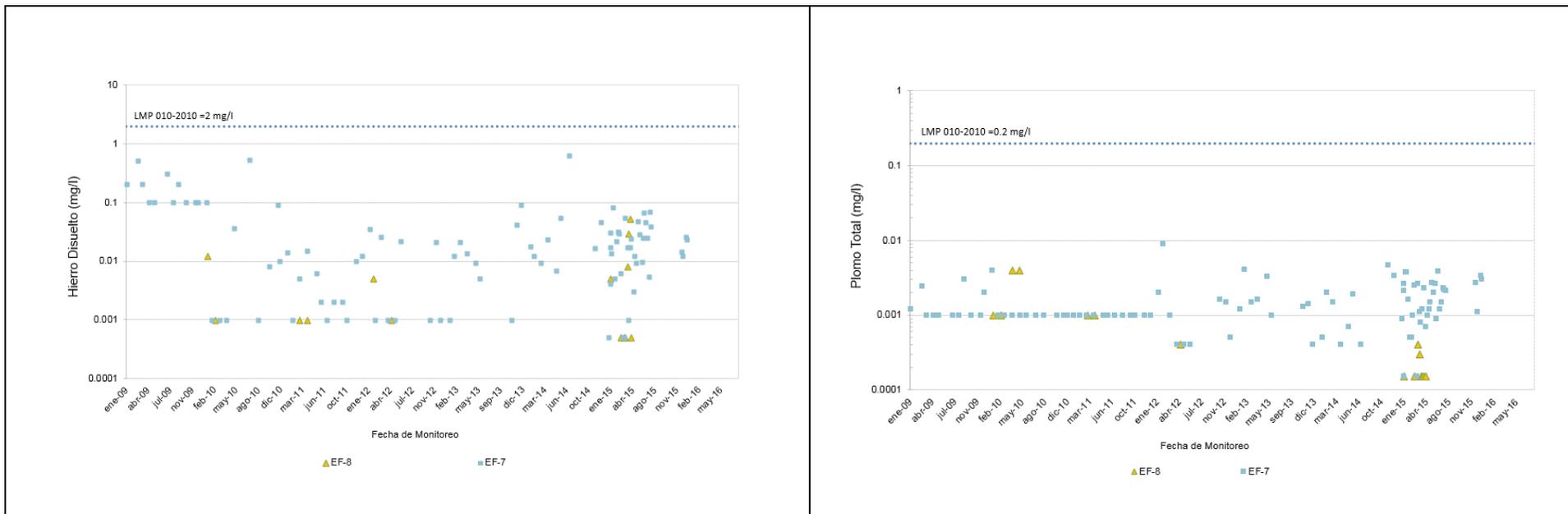
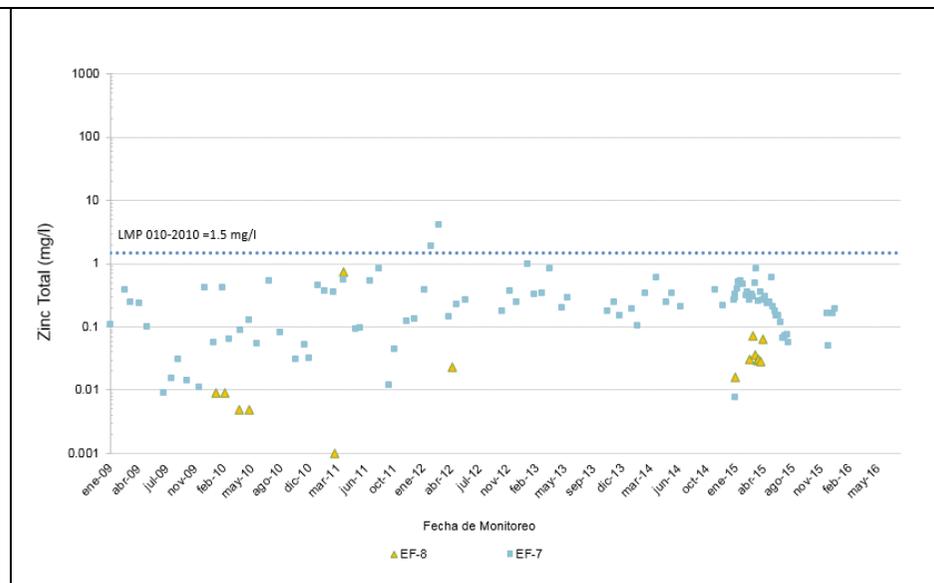
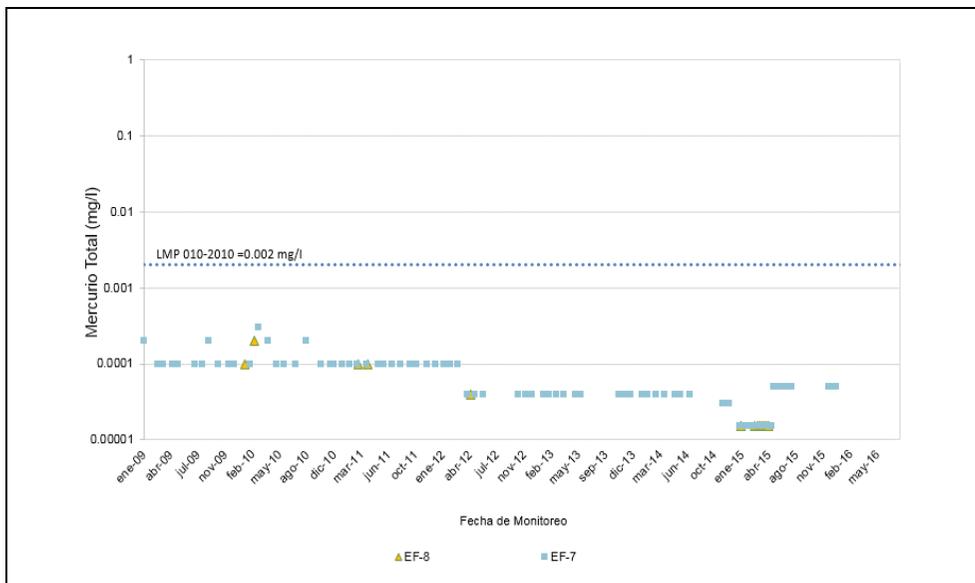


Gráfico 3-89 Tendencias de las concentraciones de Hierro Disuelto, Plomo Total, Mercurio Total y Zinc Total - Efluentes en la Subcuenca del Río Hualgayoc





### 3.1.12.3 Calidad de Sedimentos en Agua Superficiales

Esta sección describe las características físico-químicas de los sedimentos fluviales asociados a los hábitats acuáticos dentro del área de influencia y compara las condiciones del sedimento entre los diferentes periodos de evaluación; para ello se ha utilizado información de la evaluación de línea base de setiembre 2011 (MEIA, 2012); del muestreo de sedimentos en algunos tramos o cursos de agua de las subcuencas de los ríos Tingo y Hualgayoc correspondientes a estaciones de calidad de agua superficial, realizado en mayo del 2012; así como de los monitoreos hidrobiológicos durante el periodo 2012-2016 en ambas subcuencas. Para este fin, se ha considerado la caracterización de la granulometría, contenido de materia orgánica, pH y contenido de metales.

- **Estaciones de Muestreo**

Respecto a la subcuenca del río Tingo, la descripción y periodos de evaluación de las estaciones de monitoreo, consideradas en la caracterización del sedimento fluvial de la en el área de influencia de la unidad minera Cerro Corona, se presenta en la Tabla 3-55 Estaciones de Muestreo de Sedimento de la Subcuenca del Río Tingo, en tanto que su ubicación dentro de la subcuenca se muestra en la Tabla 3-51, Estaciones de Muestreo de Sedimento de la Subcuenca del Río Tingo.

**Tabla 3-55 Estaciones de Muestreo de Sedimento de la Subcuenca del Río Tingo**

Estación	COORDENADAS UTM WGS 84		Altitud (msnm)	Descripción	Periodo de Evaluación
	Norte	Este			
<b>Quebrada de La M</b>					
TSE-24	9253313	761720	3,572	Ubicada en la quebrada de La M, aguas arriba de su descarga al río Tingo.	MS mayo 12
<b>Quebrada San Lorenzo</b>					
TSE-23	9253603	761720	3,510	Ubicada en la quebrada San Lorenzo, aguas arriba de su descarga al río Tingo.	MS mayo 12
<b>Río Tingo</b>					
TSE-4	9253623	761766	3,489	Ubicada en el río Tingo aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento de agua (mina Carolina) y la bocamina El Tingo.	MS mayo 12
TSE-6	9252605	760641	3,581	Ubicada en el río Tingo abajo de la descarga de la quebrada Las Gardas	MS mayo 12
TSE-7 (HC-08)	9252319	760010	3,619	Ubicada en el río Tingo aguas arriba de la confluencia con la quebrada ubicada al Oeste del Cerro Las Águilas	MS mayo 12, MEIA ES 2012
HC-07	9252113	759512	3,689	Ubicada en la quebrada S/N en la parte alta de la subcuenca Tingo, cerca al caserío El Tingo.	MEIA ES 12
MHB-02	9253572	761708	3,500	Ubicada en el río Tingo aguas arriba de la confluencia con la quebrada San Lorenzo.	MB EH 12, MB ES 12, MB EH 13, MB ES 13, MB EH 14, MB ES 14, MB EH 15, MB ES 15, MB EH 16
TSE-14 (B11)	9252342	759271	3,662	Ubicada en el río Tingo en la parte alta de la subcuenca, denominada quebrada El Puente de la Hierba, altura de quebrada del Palo Fierro.	MS mayo 12, MB ES 13, MB EH 14, MB ES 14, MB EH 15, MB ES 15, MB EH 16
B2	9252396	760276	3,633	Ubicada en el río Tingo, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Las Águilas.	MB ES 12, MB EH 13, MB ES 13, MB ES 14, MB EH 15, MB ES 15, MB EH 16
Notas:					
<p><b>Notas:</b>            (1) La estación HC-08 (hidrobiología) equivale a la estación TSE-7 (calidad de agua)            (2) La estación B11 (hidrobiología) equivale a la estación TSE-14 (calidad de agua)            (3) MS mayo 12 equivale al monitoreo de sedimentos realizado en mayo del 2012            (4) MS octubre 16 equivale al monitoreo de sedimentos realizado en octubre del 2016            (5) MB equivale a monitoreo biológico (periodos 2012-2016), EH equivale a época húmeda y ES a época seca  <b>Fuente:</b>            GFLC (Monitoreo de sedimentos 2012, mayo 2012; Monitoreo de sedimentos 2016, octubre 2016)            B&amp;S (Monitoreos de biodiversidad época húmeda y seca 2012, 2013, 2014, 2015, 2016)            MWH Perú S.A. (MEIA, 2012, setiembre 2011)</p>					

Respecto a la subcuenca del río Hualgayoc, la descripción y periodos de evaluación de las estaciones de monitoreo, consideradas en la caracterización del sedimento fluvial en el área de influencia de la unidad minera Cerro Corona, se presenta en la Tabla 3-57, Estaciones de Muestreo de Sedimento de la Subcuenca del Río Hualgayoc, en tanto que su ubicación dentro de la subcuenca se muestra en la Figura xxx, Estaciones de Muestreo de Sedimento de la Subcuenca del Río Hualgayoc.

**Tabla 3-56 Estaciones de Muestreo de Sedimento de la Subcuenca del Río Hualgayoc**

Estación	COORDENADAS UTM WGS 84		Altitud (msnm)	Descripción	Periodo de Evaluación
	Norte	Este			
<b>Quebrada Mesa de Plata</b>					
HSE-2	9251749	764613	3,475	Ubicada en la quebrada Mesa de Plata, aguas arriba de la confluencia con el río Hualgayoc.	MS 12
HSE-10 (MHB-03)	9252394	763528	3,720	Ubicada en la quebrada Mesa de Plata, aprox. 50 m aguas abajo del vertimiento de la poza de sedimentación N°1.	MS 12
HSE-19	9252446	763448	3,738	Ubicada en la quebrada Mesa de Plata, aprox. 50 m aguas arriba del vertimiento de la poza de sedimentación N°1.	MS 12
<b>Río Hualgayoc</b>					
HSE-3 (B13)	9251799	764683	3,470	Ubicada en el río Hualgayoc aguas abajo de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata.	MS 12, MB ES14, MB EH 15, MB ES 15
HSE-4	9251693	764583	3,481	Ubicada en el río Hualgayoc aguas arriba de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata.	MS 12
HSE-5	9250773	763924	3,587	Ubicada en el río Hualgayoc aguas abajo de la confluencia con la quebrada Corona.	MS 12
HSE-6	9250732	763843	3,592	Ubicada en el río Hualgayoc aguas arriba de la confluencia con la quebrada Corona.	MS 12
HSE-8 (HC-02)	9250134	763124	3,664	Ubicada en el río Hualgayoc, cerca a la zona de Peña Blanca, Coymolache Bajo.	MS 12, MEIA ES 12
HC-03	9250066	762993	3,681	Ubicada en el río Hualgayoc en la parte alta de la subcuenca, en Coymolache Bajo. Quebrada que recoge aguas de la zona de Cuadratura y Cañería.	MEIA ES 12
HC-06	9250106	762126	3,780	Ubicada en el río Hualgayoc en la parte alta de la subcuenca, cerca al vivero de Gold Fields. Quebrada que recoge aguas de la zona de Cuadratura.	MEIA ES 12
B12	9250030	761934	3,673	Ubicada en el río Hualgayoc en la parte alta de la subcuenca, en Coymolache Bajo. Quebrada que recoge aguas de la zona de Cañería.	MB ES 14, MB EH 15, MB EH 16
<p>Notas:</p> <p>(1) La estación HC-02 (hidrobiología) equivale a la estación HSE-8 (calidad de agua)</p> <p>(2) La estación B13 (hidrobiología) equivale a la estación HSE-3 (calidad de agua)</p> <p>(3) La estación MHB-03 (hidrobiología) equivale a la estación HSE-10 (calidad de agua)</p> <p>(4) MS mayo 12 equivale al monitoreo de sedimentos realizado en mayo del 2012</p> <p>(5) MS octubre 16 equivale al monitoreo de sedimentos realizado en octubre del 2016</p> <p>(6) MB equivale a monitoreo biológico (periodos 2012-2016), EH equivale a época húmeda y ES a época seca</p> <p>Fuente:</p> <p>GFLC (Monitoreo de sedimentos 2012, mayo 2012; Monitoreo de sedimentos 2016, octubre 2016)</p> <p>B&amp;S (Monitoreos de biodiversidad época húmeda y seca 2012, 2013, 2014, 2015, 2016)</p> <p>MWH Perú S.A. (MEIA, 2012, setiembre 2011)</p>					

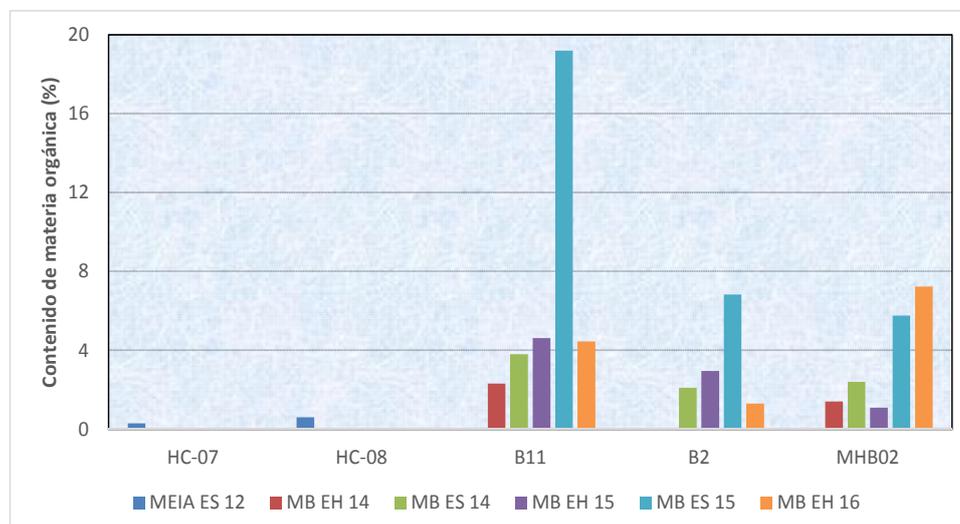
- **Contenido de Materia Orgánica y pH**

- **Subcuenca del Río Tingo**

El tramo del río Tingo aguas arriba de la confluencia con la quebrada ubicada al Oeste del Cerro Las Águilas (estación TSE-7/HC-08), y la quebrada ubicada en la cabecera de esta subcuenca (HC-07) presentaron valores menores del 1% de materia orgánica. Asimismo, las estaciones B2 y MHB-02, ubicadas en el río Tingo, presentaron valores entre 1 y 7 % de materia orgánica durante los monitoreos hidrobiológicos del periodo 2014-2016; mientras que la estación B11, ubicada en la quebrada Puente de La Hierba, presentó valores entre 2 y 19% en este mismo periodo.

Durante el monitoreo de época seca 2015, se registraron mayores valores de este parámetro, con un valor máximo de 19%, lo cual podría estar relacionado a un muy bajo caudal de la quebrada Puente de La Hierba, lo cual produjo una mayor acumulación de materia orgánica (ver Gráfico 3-90 *Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos de la Subcuenca del Río Tingo*).

**Gráfico 3-90 Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos de la Subcuenca del Río Tingo**

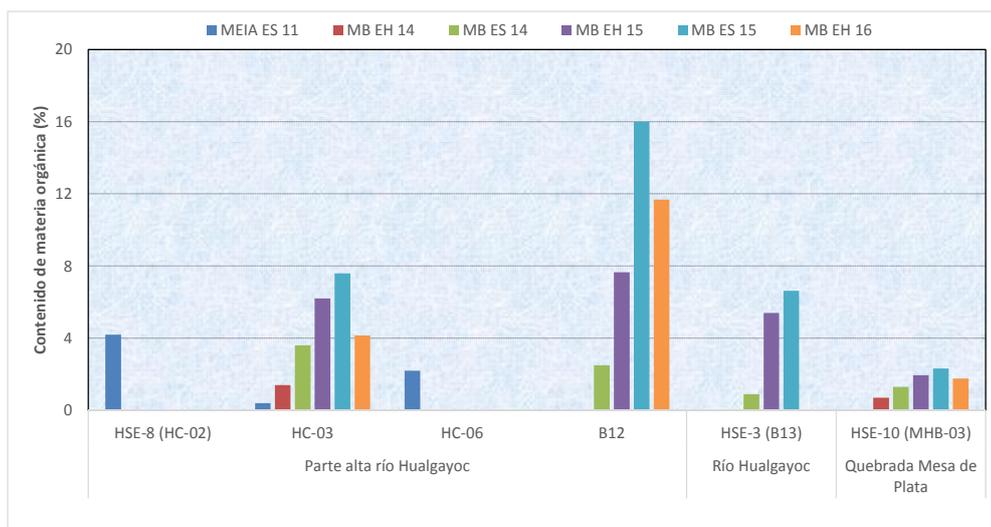


Los valores de pH en los sedimentos de las estaciones de esta subcuenca (incluidas las de calidad de agua) fluctuaron entre 7.7 a 9.1 u.e., correspondientes a sustratos ligeramente alcalinos y alcalinos, con mayores valores en las estaciones TSE-6 (río Tingo abajo de la descarga de la quebrada Las Gordas) y TES-23 (Quebrada San Lorenzo, aguas arriba de su descarga al río Tingo).

#### - Subcuenca del Río Hualgayoc

La concentración de materia orgánica fluctuó entre 0.4 y 17.3% en la subcuenca del río Hualgayoc durante el estudio de línea base adicional de la MEIA 2012, presentándose los mayores valores en una quebrada en la parte alta de la subcuenca (HC-01) y en una zona de humedal en Chorro Colorado (HC-05). Asimismo, en las estaciones HC-03 (parte alta de subcuenca), B13 (parte media de subcuenca) y MHB-03 (quebrada Mesa de Plata), se registraron valores entre 1 y 7% de materia orgánica durante los monitoreos hidrobiológicos del periodo 2014-2016; mientras la estación B12 (río Hualgayoc, en zona de Coymolache Bajo) presentó valores relativamente mayores de este parámetro, con valores entre 2 y 16%. Ver Gráfico 3-91, *Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos de la Subcuenca del Río Hualgayoc*.

Gráfico 3-91 Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos de la Subcuenca del Río Hualgayoc



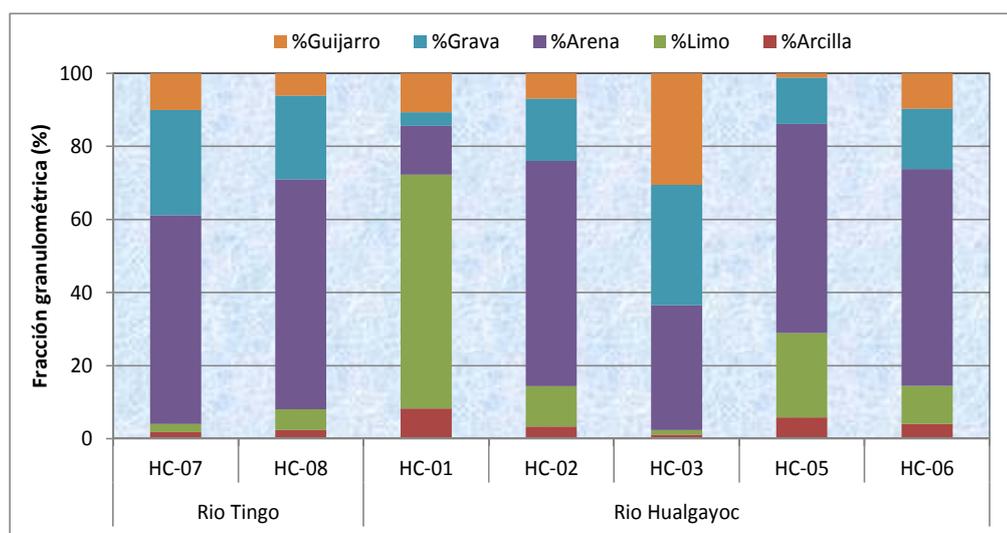
Los valores de pH en los sedimentos de las estaciones de esta subcuenca (incluidas las de calidad de agua) fluctuaron entre 7.7 a 8.5 u.e., correspondientes también a sustratos ligeramente alcalinos y alcalinos, con un mayor valor en la estación HSE-4 (río Hualgayoc aguas arriba de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata). Los sedimentos con pH alcalino ( $> 7$ ) se asume se deben al alto contenido de minerales de calcio y sulfatos, como calcita y yeso.

- **Granulometría**
- *Subcuenca del Río Tingo*

El tramo del río Tingo aguas arriba de la confluencia con la quebrada ubicada al Oeste del Cerro Las Águilas (HC-08) y la quebrada ubicada en la cabecera (HC-07) presentaron una predominancia de las fracciones granulométricas arena (57-63%) y grava (23-29%), y en menor proporción las partículas finas. En general, el predominio de fracciones granulométricas de mayor tamaño de diámetro es propio de ambientes lóticos, y guarda relación con un bajo contenido de materia orgánica en el sustrato. Ver Gráfico 3-92 *Fracciones Granulométricas del Sedimento de las Subcuencas del Río Tingo y Hualgayoc*.

De esta forma, el sedimento fluvial de estas estaciones presentaron un tamaño medio de partícula correspondiente a la fracción arena muy gruesa, un tipo de textura denominado "Arena gravosa fangosa" (HC-08) y "Grava arenosa" (HC-07); y una asimetría hacia finos (negativa) en la composición granulométrica, lo que equivale a una alta proporción de materiales gruesos así como una dispersión y escaso contenido de las partículas finas en el sedimento. En relación al parámetro de selección, todos los cursos de agua muestran un pobre "sorteamiento" o selección del sedimento, lo cual se sustenta en que son ambientes acuáticos con mucha dinámica o energía, que presentan sustratos formados por partículas de diferentes tamaños (alta varianza).

Gráfico 3-92 Fracciones Granulométricas del Sedimento de las Subcuenas del Río Tingo y Hualgayoc



- **Subcuenca del Río Hualgayoc**

La fracción granulométrica predominante en las estaciones HC-02 y HC-06, ubicadas en la parte alta, fue la arena (principalmente gruesa) con valores entre 59 a 62%, seguida de la grava con valores entre 16 a 17%. Sin embargo, en la quebrada formada por la confluencia de cursos de agua provenientes de las zonas Cuadratura y Cañería (estación HC-03) se observa una similitud en las proporciones de las fracciones del sedimento, predominando los componentes arena (34%), grava (33%) y guijarro (31%).

De esta forma, los sedimentos fluviales de los tramos evaluados en las localidades HC-02 y HC-06 presentaron un tamaño medio de partícula correspondiente a la fracción arena gruesa, y un tipo de textura denominado "Arena fangosa gravosa"; mientras que la quebrada formada por la confluencia de cursos de agua provenientes de las zonas de Cuadratura y Cañería (HC-03), se caracterizó por un tamaño medio de arena muy gruesa y una textura de "Grava arenosa". Todos estos tramos evaluados presentaron una asimetría hacia finos (negativa) en la composición granulométrica, lo que equivale a una alta proporción de materiales gruesos así como una dispersión y menor contenido de las partículas finas en el sedimento.

- **Contenido de Metales Pesados**

- **Subcuenca del Río Tingo**

En relación a los metales pesados detectados en los sedimentos y cuyas concentraciones superaron el límite ISQG (por debajo de los cuales no se esperan efectos biológicos adversos) y el límite PEL (sobre las cuales los efectos biológicos adversos se encuentran con frecuencia) lo conformaron el arsénico (As), el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el cromo (Cr), el mercurio (Hg), el plomo (Pb) y el zinc (Zn), por tanto, las altas concentraciones de esos metales en los tramos de algunos cursos de agua evaluados presentarían una toxicidad potencial que podría afectar y limitar el desarrollo de la biota en los hábitats acuáticos, principalmente la comunidad bentónica. Ver Tabla 3.58, Contenido de Metales en Sedimentos de la Subcuenca del Río Tingo.

En base a los resultados obtenidos, se podría inferir que las concentraciones de metales como As, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn fueron muy altas y superaron el límite PEL (se esperan efectos biológicos adversos) en la quebrada de La M (TSE-24), la quebrada San Lorenzo (TSE-23) y el tramo del río Tingo aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento de agua (mina Carolina) y la bocamina El Tingo (TSE-4), durante el periodo 2012. De igual forma, para el tramo del río Tingo aguas abajo de la confluencia con la quebrada Las Águilas (B2) se evidenciaron excedencias del límite PEL para metales como As (en 6 periodos), Cd (en 4 periodos), Cu (en 4 periodos), Hg (en 1 periodo, octubre 2013), Pb (en 2 periodos) y Zn (en 6 periodos).

Mientras que para el tramo aguas arriba de la confluencia con la quebrada San Lorenzo (MHB-02) se mostraron también valores altos y que superaron el valor PEL para el caso de metales como As (en 8 periodos), Cd (en 8 periodos), Cu (en 6 periodos), Cr (en dos periodos, 2012), Hg (en 8 periodos), Pb (en 8 periodos) y Zn (en 8 periodos). Estas condiciones están asociadas a la existencia de pasivos ambientales de terceros en estos tramos de los cursos de agua, que afectan la calidad del hábitat acuático, y por tanto, resultan en condiciones poco apropiadas para el desarrollo y establecimiento de la biota acuática.

Debe considerarse que las estaciones TSE-4 y MHB-02 (parte media de la subcuenca) se ven influenciadas por los tributarios, principalmente por las quebradas La M y San Lorenzo, las cuales se encuentran impactadas por la presencia de pasivos ambientales y otras operaciones mineras ubicadas aguas arriba de estas estaciones de monitoreo, ajenos a las operaciones de GFLC; así como por escorrentías o filtraciones provenientes de pasivos ambientales de responsabilidad de terceros localizados en la ribera del río en la zona de las Gordas y en la zona de Las Flacas.

Por otra parte, el tramo del río Tingo aguas abajo de la quebrada las Gordas también presentó una concentración alta de Cr, Pb y Zn (aunque solo fue un registro del periodo 2012), lo cual estaría relacionado a la naturaleza geológica de la subcuenca y que fue influenciada por el efluente vertido por el canal de coronación 3,800 (CCLT). Mientras que las estaciones ubicadas en la quebrada El Puente de la Hierba (B11, parte alta de la subcuenca) presentó concentraciones menores o poco significativas de metales, principalmente de Cd, Cu, Cr, Hg y Pb (nos superaron el PEL), a lo largo de los monitoreos entre el periodo 2012-2016; aunque sí una concentración alta de As (supera el PEL) durante los monitoreos hidrobiológicos. Esto último es debido a que también se encuentran en una zona mineralizada, caracterizada por tener metales ligados a minerales (metales insolubles o poco solubles).

Así también, se evidencia excedencias a los estándares de calidad en las estaciones TSE-7, TSE-11 y TSE-14, ubicadas aguas arriba de las operaciones de GFLC, las cuales podrían atribuirse a las condiciones naturales de mineralización en la zona, así en la parte alta del río Tingo (zona Vira Vira) se presenta aguas naturalmente ácidas (pH entre 3 y 5), bajo contenido de oxígeno, sulfatos en un rango de 26 y 28,5 mg/L, y presencia de algunos metales como aluminio y hierro, que naturalmente exceden los valores límite de la LGA y ECAs (MWH, 2012).

Tabla 3-57 Contenido de Metales en Sedimentos de la Subcuenca del Rio Tingo

Metales	ISQG	PEL	Parte alta	Rio Tingo																								Quebrada de La M	Quebrada San Lorenzo			
				HC-07 Sep 11	TSE-14 May 12	HC-08 Sep 11	HC-08 May 12	TSE-6 May 12	TSE-4 May 12	MHB-02 Jul 12	B2 Oct 12	MHB-02 Oct 12	B2 Jun 13	MHB-02 Jun 13	B2 Oct 13	B11 Oct 13	MHB-02 Oct 13	B11 Jul 14	MHB-02 Jul 14	B11 Nov 14	MHB-02 Nov 14	B2 Nov 14	B2 Jun 15	B11 Jun 15	MHB-02 Jun 15	B2 Oct 15	B11 Oct 15	MHB-02 Oct 15	B2 Mar 16	B11 Mar 16	MHB-02 Mar 16	TSE-24 May 12
Arsenico (As)	5.9	17	10.2	55.0	11.1	19.0	30.0	1141.0	936.0	99.0	1275.0	18.9	241.9	160.0	308.0	702.0	21.9	9.7	74.3	825.6	103.8	55.7	71.7	817.4	96.5	144.7	1051.0	32.0	29.9	787.4	891.0	604.0
Cadmio (Cd)	0.6	3.5	ND	1.7	ND	1.3	1.9	68.6	27.8	3.9	41.6	1.9	10.5	9.3	13.0	20.8	0.8	0.8	2.4	19.3	6.0	3.0	2.8	18.0	20.1	8.7	38.6	2.8	2.1	22.5	6.6	82.9
Cobre (Cu)	35.7	197.0	94.7	125.3	95.3	119.2	177.7	1,230	3,040	345.3	4,968	83.8	650.4	386.6	666.7	1,700	25.2	28.3	182.3	2,420	233.9	165.2	166.7	3,087	347.4	407.6	4,256	155.2	141.3	3,175	1,032	1,227
Cromo (Cr)	37.3	90.0	ND	192.0	ND	173.0	239.0	22.0	92.0	157.0	78	1.5	3.2	36.0	29.0	16.0	8.0	26.4	7.4	6.7	4.9	2.1	3.9	5.5	1.7	4.0	7.4	2.0	4.2	9.6	23.0	20.0
Mercurio (Hg)	0.17	0.486	0.03	0.16	ND	0.20	0.19	8.87	3.57	0.33	4.15	0.29	2.05	1.04	0.10	3.26	0.004	0.02	0.15	1.81	0.17	0.18	0.13	0.96	0.48	0.47	2.80	0.23	0.12	1.96	1.47	6.89
Plomo (Pb)	35	91.3	26.2	59.8	22.8	60.5	93.5	8819.0	619.9	111.7	835.6	31.9	350.4	275.6	91.8	740.7	18.5	20.2	61.1	1001.1	256.1	71.7	63.8	339.2	103.3	114.7	884.1	44.4	36.3	500.6	439.4	5115.0
Zinc (Zn)	123	315	54.08	344	182.2	182	368	>10,000	5,231	692	>10,000	373	2,010	1,495	1,852	3,536	100	119	374	4,403	1,068	507	500	6,193	811	1,163	14,393	426	366	5,367	1,242	>10,000

**Notas:**

**Clasificación de los Límites de Sedimentos**

CSQG: Canadian Sediment Quality Guidelines		Supera CSQG - ISQG
ISQG: Guía Provisional para Sedimentos de Aguas Dulces		Supera ISQG y PEL
PEL: Nivel de Efecto Probable		No supera ninguno de los límites

ND: No detectable  
NA: No analizado  
\* La estación HC-08 equivale a la estación TSE-7 de calidad de agua.  
Fuente:  
MWH Perú (MEIA, 2012; Línea base 2011)  
GFLC (Monitoreo de sedimento 2012, mayo 2012)  
B&S (Monitoreos de biodiversidad época húmeda y seca 2012, 2013, 2014, 2015, 2016)

- **Subcuenca del Río Hualgayoc**

En relación a la concentración de metales detectados en los sedimentos y que superaron sólo el límite ISQG (por debajo de los cuales no se esperan efectos biológicos adversos) en esta subcuenca fue el cromo (Cr) en la mayor parte de estaciones evaluadas. Mientras que los metales que superaron los límites ISQG y PEL (sobre las cuales los efectos biológicos adversos se encuentran con frecuencia) fueron el arsénico (As), el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el mercurio (Hg), el plomo (Pb) y el zinc (Zn) en algunas localidades de la subcuenca del río Hualgayoc, y por tanto se esperaría que las concentraciones de estos metales en los tramos de los cursos de agua evaluados podrían afectar y limitar el desarrollo de la biota acuática. Ver Tabla 3-59, Contenido de Metales en Sedimentos de la Subcuenca del Río Hualgayoc.

En base a los resultados obtenidos, se podría inferir que las concentraciones de metales como As, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn fueron muy altas y superaron el límite PEL (se esperan efectos biológicos adversos) en la quebrada Mesa de Plata (4 estaciones de muestreo) y los tramos del río Hualgayoc aguas arriba y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata, durante los monitoreos del periodo 2012-2016, lo cual estaría relacionado principalmente a la gran cantidad de pasivos ambientales de responsabilidad de terceros, afloramientos impactados y manantiales ácidos presentes en áreas adyacentes a dichos cursos de agua, y por tanto limitaría el desarrollo y establecimiento de la biota acuática, afectando la distribución, estructura y composición de las comunidades biológicas; a excepción de metales como Cu, Pb y Zn que podrían estar más relacionados a la naturaleza geológica de la subcuenca (mineralización natural).

Asimismo, el tramo del río Hualgayoc aguas arriba y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Corona (HSE-5 y HSE-6) presentó una concentración significativa de As, Cu, Pb y Zn durante los muestreos del periodo 2012. Mientras que las parte altas de la subcuenca (principalmente el sector de Coymolache bajo) se caracterizó por una concentración importante de As, Cu, Hg y Pb (superaron el PEL) durante los monitoreos del periodo 2012-2016. Sin embargo, algunas estaciones de la cabecera de esta subcuenca mostraron una baja concentración de metales pesados, a excepción de las estaciones HC-03 y B12 que presentaron metales como As y Pb con excedencias del PEL en algunos periodos de monitoreo, lo cual estaría relacionado a la naturaleza geológica de la subcuenca (zona mineralizada), ya que en esta área no se presentan pasivos ambientales o vertimientos de operaciones mineras. Además, es posible un efecto de la escorrentías superficiales provenientes de las partes altas donde se encuentran estructuras kársticas durante la época de lluvias que alcanzarían el río Hualgayoc.

Tabla 3-58 Contenido de Metales en Sedimentos de la Subcuenca del Rio Hualgayoc

Metales	ISQG	PEL	Parte alta subcuenca				Rio Hualgayoc															Quebrada Mesa de Plata													
			HC-01 Sep 11	HC-03 Sep 11	HC-05 Sep 11	HC-06 Sep 11	HC-02 Sep 11	HC-02 May 12	HSE-5 May 12	HSE-6 May 12	HSE-4 May 12	HSE-3 May 12	B13 Jul 12	HC-03 Jul 14	B12 Nov 14	HC-03 Nov 14	B13 Nov 14	HC-03 Jun 15	B12 Jun 15	B13 Jun 15	HC-03 Oct 15	B13 Oct 15	HC-03 Mar 16	B12 Mar 16	HSE-10 May 12	HSE-19 May 12	HSE-2 May 12	MHB-03 Jul 12	MHB-03 Jul 13	MHB-03 Oct 13	MHB-03 Jul 14	MHB-03 Nov 14	MHB-03 Jun 15	MHB-03 Oct 15	MHB-03 Mar 16
Arsenico (As)	5.9	17	ND	39.3	ND	9.3	7.5	31.0	44.0	36.0	139.0	227.0	617.0	16.3	36.6	21.7	257.5	415.0	27.5	309.8	28.6	181.5	20.8	12.9	612.0	693.0	470.0	558.0	408.5	372.0	557.7	433.8	817.4	353.7	609.8
Cadmio (Cd)	0.6	3.5	ND	ND	ND	ND	ND	1.5	1.2	1.7	8.1	14.1	70.1	0.6	1.6	1.0	25.3	52.8	1.1	20.6	0.8	20.1	1.0	0.8	85.1	96.2	40.9	86.7	55.5	57.9	66.0	47.5	52.8	52.5	102.2
Cobre (Cu)	35.7	197	6.8	29.9	12.5	16.3	31	365.1	204.8	252.1	319.2	514.6	630.2	32.2	143.3	54.8	494.1	70.6	69.0	453.6	33.6	513.7	200.3	22.9	677.9	677.9	671.5	909.3	457.4	329.3	423.4	493.1	711.7	443.3	551.3
Cromo (Cr)	37.3	90	ND	ND	ND	ND	ND	66.0	59.0	55.0	83.0	53.0	19.1	3.1	9.3	4.0	10.1	3.1	5.6	4.5	8.1	10.7	4.6	8.5	63.0	29.0	33.0	24.0	7.1	50.0	11.0	14.4	11.0	7.4	11.2
Mercurio (Hg)	0.17	0.486	0.10	0.08	0.36	0.14	0.61	1.95	0.16	0.47	101.50	34.40	3.87	0.21	0.11	0.08	1.44	0.23	0.58	6.76	1.01	36.26	0.31	0.36	4.58	4.92	8.83	3.93	3.68	6.23	2.97	0.74	2.41	2.55	4.76
Plomo (Pb)	35	91.3	6.3	135.8	27.8	34.8	120.5	127	88	108	3,724	4,956	3,182	63	148	98	1,969	84	50	940	53	1,371	81	36	7,507	7,132	3,751	4,875	4,253	3,319	4,298	3,738	3,315	3,138	5,521
Zinc (Zn)	123	315	23.85	698.7	108	117.2	251.6	276	258	367	1,419	2,438	20,478	143	221	184	5,185	237	136	5,064	124	3,935	200	75	>10,000	>10,000	8,697	>10,000	10,114	8,851	10,814	8,601	11,800	11,114	20,528

**Notas:**

Clasificación de los Límites de Sedimentos	
CSQG: Canadian Sediment Quality Guidelines	Supera CSQG - ISQG
ISQG: Guía Provisional para Sedimentos de Aguas Dulces	Supera ISQG y PEL
PEL: Nivel de Efecto Probable	No supera ninguno de los límites

ND: No detectable  
 NA: No analizado  
 \* La estación HC-02 equivale a la estación HSE-8 de calidad de agua.  
 Fuente:  
 MWH Perú (MEIA, 2012; Línea base 2011)  
 GFLC (Monitoreo de sedimento 2012, mayo 2012)  
 B&S (Monitoreos de biodiversidad época húmeda y seca 2012, 2013, 2014, 2015, 2016)

### 3.1.13 Recursos Hidricos Subterráneos

#### 3.1.13.1 Hidrogeología

La hidrogeología de la Unidad Minera ha sido desarrollada diferenciando 5 zonas de influencia, estas cinco zonas se han desarrollado numerosos trabajos de campo, los cuales incluyeron mapeos geológicos, inventarios de fuentes de agua superficial y subterránea, instalación de piezómetros y muestreo químico de las aguas subterráneas. Toda esta información de campo ha permitido desarrollar un modelo hidrogeológico conceptual de cada zona. En relación al modelo numérico, se ha desarrollado un solo modelo, el cual incluye todas las zonas descritas anteriormente.

La información más resaltante de la hidrogeología de cada zona de estudio se detalla a continuación:

- **Valles de Tomas y Chorro Blanco**

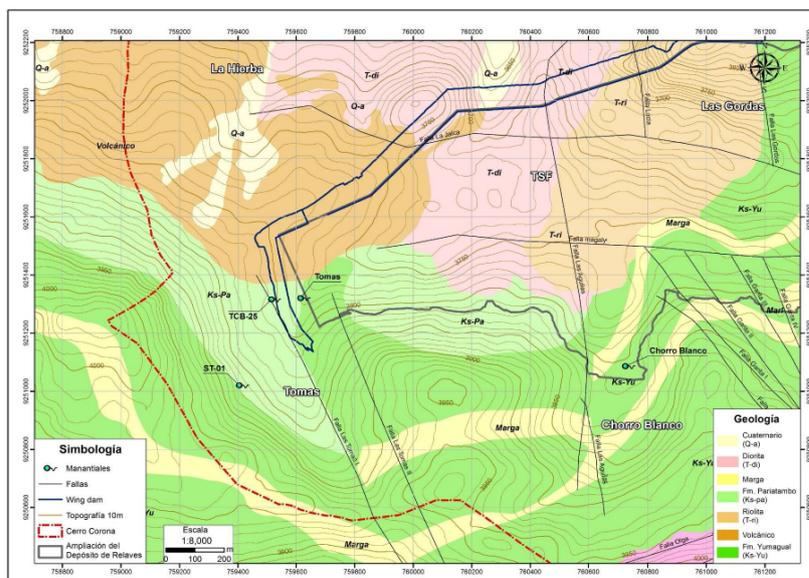
De acuerdo a las investigaciones hidrogeológicas y labores de campo desarrolladas, se ha podido determinar lo siguiente:

- El horizonte del suelo a lo largo de la presa lateral, presenta un espesor que oscila de entre 2 y 7 m, con un espesor promedio de 3 m. La zona de epikarst presente en la zona de las formaciones Yumagual y Pariatambo, presentan un espesor de 3 a 5 m aproximadamente. Pruebas con trazadores desarrollados anteriormente en la zona de epikarst del Pariatambo, dieron como resultado unas conductividades hidráulicas (K) de 5 cm/s.
- Las perforaciones permitieron confirmar que es probable que los conductos kársticos crucen la falla Tomas bajo la zona del epikarst.
- En base a las pruebas hidráulicas realizadas durante las perforaciones, se ha establecido que las formaciones Yumagual y Pariatambo poseen valores de K elevados en la zona poca profunda (0 – 50 m) y valores moderados de K (1E-5 cm/s) de 50 a 160 m. El K en las margas y las rocas intrusivas se reducen desde 1E-4 en superficie hasta 1E-6 a los 100 m de profundidad.
- El K de la diatrema se encuentra entre 10-5 cm/s. Esta permeabilidad en la diatrema no disminuye con la profundidad. Las zonas de falla en la diatrema presenta un K elevado (10-3 cm/s), las cuales pueden generar problemas con las filtraciones. Se espera que el K de la diatrema sea menor a la de la caliza.
- La recarga del sistema cárstico en los valles de Tomas y Chorro Blanco, está representada por el 50% en base a la precipitación y los caudales registrados en los manantiales Chorro Blanco y Tomas.
- La falla Tomas posee un núcleo de baja conductividad hidráulica, la cual actúa como una barrera hidráulica entre la zona este y oeste de esta falla.

En el caso de los Manantiales, en la zona de Tomas y Chorro Blanco se han identificado 4 manantiales: ST-03 (Tomas), TBC-25 (Nuevo Tomas), SCB-1 (Chorro Blanco) y ST-01, los cuales son monitoreados por GFLC.

El manantial ST-03, localizado en la base de la cuenca Tomas es reemplazado por el pozo TCB-25, el cual presenta un caudal medio de 5 L/s. El manantial SCB-01, localizado en la base del valle Chorro Blanco, presenta un caudal medio de 5.6 L/s. El manantial ST-1, localizado en la margen izquierda del valle Tomas, presenta un régimen estacional con un caudal medio de 0.5 L/s. Estos manantiales vienen siendo monitoreados desde el año 2009 al presente. En la Figura 3-28, *Manantiales en Tomas y Chorro Blanco*, se presenta la ubicación de estos manantiales.

Figura 3-28 Manantiales en Tomas y Chorro Blanco



En cuanto a las perforaciones hidrogeológicas e instalación de piezómetros, GFLC posee información de 37 perforaciones hidrogeológicas y 69 piezómetros instalados en la zona de Tomas y Chorro Blanco. Los niveles de agua en estos piezómetros vienen siendo registrados desde marzo 2008 hasta el presente. En todas las perforaciones se realizó la instalación de piezómetros multifinivel, los cuales consisten en dos o tres tramos con rejillas, uno profundo (al fondo del pozo), uno intermedio (100 m aproximadamente) y uno somero (en los 50 m superiores del pozo).

En el caso del Modelo Hidrogeológico conceptual, por definición el modelo describe como las unidades hidrogeológicas interactúan entre sí, una unidad hidrogeológica es una formación geológica, grupo de formaciones o parte de una formación, que puede distinguirse en base a la capacidad de almacenar, suministrar y transportar agua. Los acuíferos (formaciones capaces de transmitir una cantidad significativa de agua) y acuitardos (formaciones que transmiten agua muy lentamente) son tipos de unidades hidrogeológicas.

En el valle Tomas y Chorro Blanco, se han identificado 11 unidades hidrogeológicas (UH), las cuales se han diferenciado en base a su naturaleza, grado de fracturación y capacidad de transmitir el agua. Las unidades hidrogeológicas identificadas se presentan en la Tabla 3-60, Unidades Hidrogeológicas:

Tabla 3-59 Unidades Hidrogeológicas

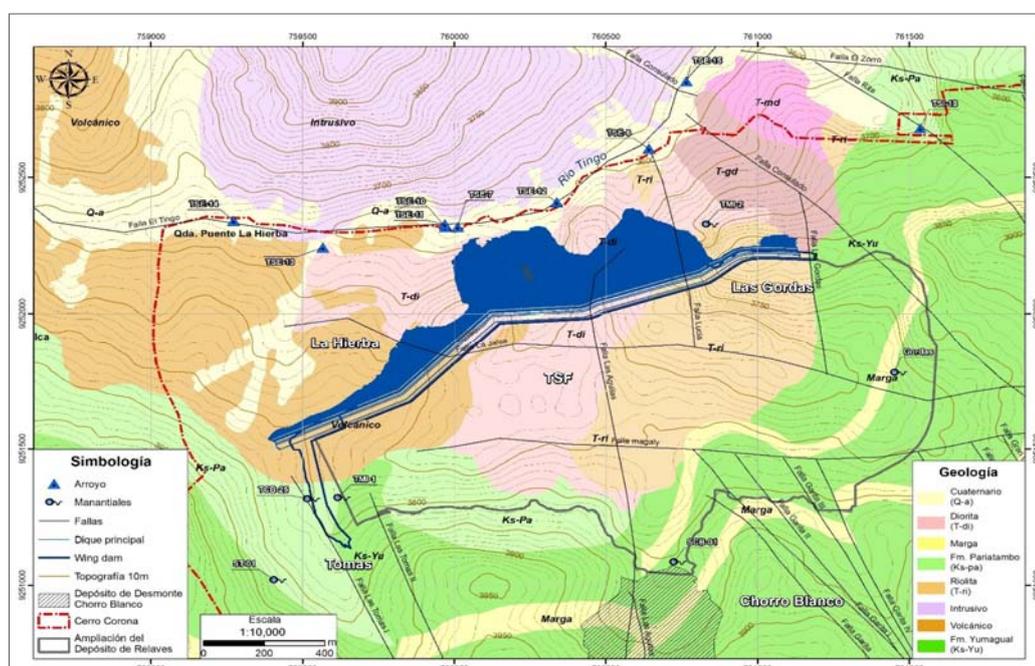
Unidad Hidroestratigráfica	Rango Estimado de Conductividad Hidráulica (m/s)	Espesor (m)	Clasificación de la Formación
<b>DEPÓSITOS CUATERNARIOS</b>			
Aluvial (arena, fragmento de roca) Fondos de los valles Tomas y Chorro Blanco)	10-5 a 10-3		Acuífero (no confinado)
<b>HIDROGEOLOGÍA DEL LECHO DE ROCA</b>			
Epicarst (densidad alta de características cársticas en la superficie cercana), Formación Yumagual y Pariatambo	10-2 a 5	3 a 5	Área no saturada y potencialmente aislada. Deposita y transporta el agua a características cársticas laterales a profundas durante la temporada húmeda.
Endocarst, Formación Yumagual y Pariatambo	10-4 a 10-2	~100 a 200	Acuífero (si está saturado); alta complejidad
Roca Carbonatada Fracturada	10-5 a 10-	~100 a 150	Alta permeabilidad normalmente asociada a la falla.

Unidad Hidroestratigráfica	Rango Estimado de Conductividad Hidráulica (m/s)	Espesor (m)	Clasificación de la Formación
Roca Carbonatada Débilmente Fracturada	10-7 a 10-5	>150	Acuitardo
Capas de Marga	<10-6	5 a 20	Acuitardo
Ígnea (alterada)	10-6 a 10-4	n/a	No saturado. Deposita y transporta agua lateralmente.
Ígnea (competente)	10-8 a 10-6	50 a 100	Acuífero (si está saturada)
Áreas de Fallas (verticales)	10-5 a 10-3	Normalmente hasta 10m de ancho; y algunas hasta 500m de ancho.	Verticales a sub-verticales. Normalmente actúan como barreras y conductos. Potencialmente kársticas cuando cruce la caliza pura
Roca Competente (indiferenciada)	10-9 a 10-7	>200	Acuitardo

- **Zona del Depósito de Relaves**

En la zona norte del depósito de relaves (margen derecha del río Tingó), se presenta 01 manantial, localizado en el contacto entre la roca riolita y los intrusivos de granodiorita. Figura 3-29 *Ubicación de manantiales y estaciones de control de aguas subterráneas, zona depósito de relaves*. Las áreas de descarga de manantiales y filtraciones en épocas húmedas, se presentan debajo de la elevación de 3,716 msnm, reafirmando el concepto de que los intrusivos son una barrera para el flujo subterráneo. Ubicados al norte del depósito de relaves de Cerro Corona, se tienen 11 estaciones de aforo en el río Tingó, de las cuales sólo uno es manantial (TMI-2), el cual posee un caudal medio de 0.3 L/s y los otros puntos de aforo de aguas superficiales son monitoreados permanentemente por GFLC.

Figura 3-29 Ubicación de manantiales y estaciones de control de aguas subterráneas, zona depósito de relaves



En cuanto a las perforaciones hidrogeológicas e instalación de piezómetros, se instalaron un total de 77 piezómetros en 32 perforaciones hidrogeológicas, registrando datos de niveles de agua subterránea desde diciembre del 2007 hasta febrero del 2016. Todas las perforaciones variaron su inclinación entre

65° y 90°, y las profundidades variaron de 18 m a 140 m, presentándose los de mayor profundidad en la cresta del cerro Riolita. En todas perforaciones, se instalaron piezómetros múltiples de PVC, para monitoreo de niveles de agua. Los piezómetros completados, permiten evaluar los efectos de las sucesivas elevaciones del TSF hasta el nivel 3812 msnm.

Para el caso del modelo hidrológico, las estructuras geológicas, están asociados a fracturas y diaclasas en los intrusivos, con orientaciones N-S y NO-SE; estos intrusivos son stocks que se han emplazado en la zona de falla de carácter regional, como es la falla Tingo. En relación a los niveles de agua subterránea, estos fueron determinados en los 77 piezómetros localizados al norte del depósito de relaves hacia el río Tingo, para definir las elevaciones del agua subterránea, gradientes y direcciones de flujo. En cuanto al movimiento de las aguas subterráneas en la zona del depósito de relaves, se espera un componente pequeño de pérdida de flujo para los sistemas de flujo regional e intermedio donde el flujo entre cuencas es posible.

- **Zona de Planta de procesos**

En la zona de la Planta de Procesos de Cerro Corona, se cuenta con 5 manantiales de origen cástico, de los cuales, HME-14 (SP-11) y HME-15 son de régimen permanente y HME-10, HME-12 y HME-13 son de régimen estacional. En la *Tabla 3-61, Detalle de manantiales en la zona de Planta de Procesos*, se presenta el resumen de los caudales de cada estación de monitoreo.

**Tabla 3-60 Detalle de manantiales en la zona de Planta de Procesos**

Código	Coordenadas UTM, WGS84, 17S		Elevación (msnm)	Clasificación	Uso	Caudal (L/s)			Ubicación
	Este (m)	Norte (m)				Mínimo	Medio	Máximo	
HME-10	762274	9250940	3870	Estacional	Monitoreo	0	0.1	0.7	Qda. Hualgayoc
HME-12	762767	9250492	3749	Estacional	Monitoreo	0	1.1	11.7	Qda. Hualgayoc
HME-13 (SP-7)	762980	9250445	3668	Estacional	Monitoreo	0	21.3	121.5	Qda. Hualgayoc
HME-14 (SP-11)	763021	9250468	3656	Permanente	Monitoreo	1.4	11.2	69.7	Qda. Hualgayoc
HME-15	763035	9250528	3656	Permanente	Monitoreo	0.1	2.1	8	Qda. Hualgayoc

Los puntos de monitoreo de agua superficial perteneciente a la zona de Planta de Procesos, se encuentra relacionada a la cuenca del río Hualgayoc (parte alta), se recopiló información de 03 estaciones de aforo, que son parte de la descarga de la zona de Planta de Procesos, localizado al sureste de la Unidad Minera Cerro Corona.

En cuanto a las perforaciones hidrogeológicas e instalación de piezómetros, se instalaron un total de 53 piezómetros tipo Casagrande, que consistieron de 29 perforaciones ejecutados entre 2007 y 2013, con un total de 5171.4 m. Las perforaciones se ejecutaron con los métodos diamantina con recuperación de muestra en testigo (diámetro HQ) y perforación aire reverso (RC) con diámetro de 6 pulgadas y recuperación de muestra de roca en detritos para el monitoreo de agua subterránea, éstos fueron construidos para evaluar la variación piezométrica a través del tiempo y obtener muestras para evaluar la calidad de agua subterránea.

Para el caso del modelo hidrológico, geológicamente la zona de la planta de procesos pertenece a la Formación Yumagual, conformado por niveles de calizas, el grado de karstificación asociado se considera de moderada a alta, presentan una cobertura limitada de suelo y epikarst expuesto que incrementa el potencial de recarga. La karstificación limitada ocurre dentro de la Formación Pariatambo, debido al alto grado de margas intercaladas. En total, se identificaron 22 rasgos cársticos a partir de los programas de perforación diamantina y de circulación reversa (RC) en base a los testigos de perforación. Los números más altos de karst, se encontraron en las perforaciones GWI-4 y GWI-5 en la zona de Planta de Procesos.

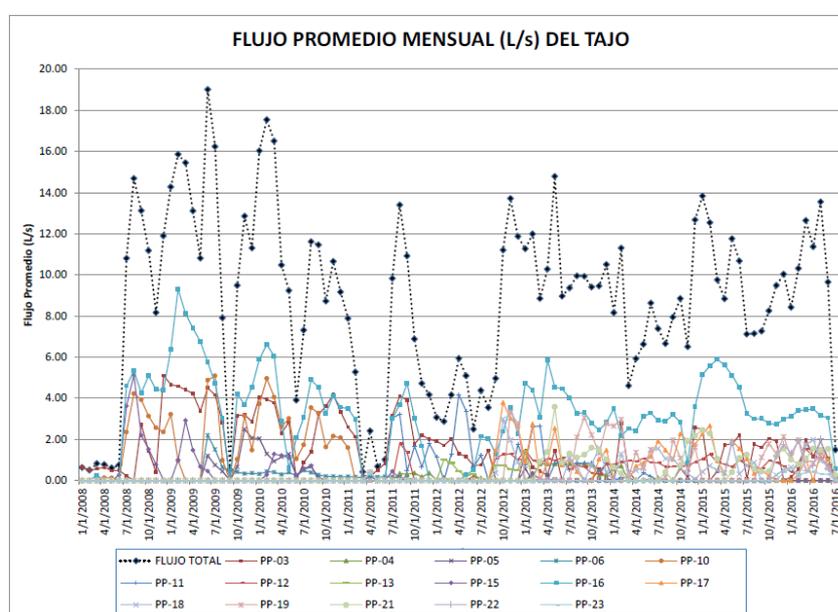
- **Zona de Tajo Abierto**

El tajo Cerro Corona se ubica al noreste de la propiedad. La topografía pre minado de Cerro Corona era montañosa, con una elevación máxima de aproximadamente 3940 msnm. La parte superior de Cerro Corona ha desaparecido desde el inicio del minado en el año 2008, siendo actualmente un tajo con drenaje interno. La base del tajo tiene una elevación actual de 3710 msnm (junio 2016) y será profundizado hasta la elevación 3540 msnm, la cual es una elevación similar a la base del valle Hualgayoc al este del tajo (3540 msnm). Estructuralmente, el área de Cerro Corona al igual que toda el área del distrito minero Hualgayoc, se encuentra fuertemente influenciado por diferentes eventos tectónicos regionales.

El registro histórico de niveles piezométricos incluyen 29 piezómetros de tubería vertical con mediciones realizadas desde febrero 2008 a mayo 2015, 43 sensores de cuerda vibrante con mediciones desde abril 2013 a mayo 2016 y 16 pozos de drenaje con mediciones del nivel de agua desde enero 2008 a julio 2016. Los niveles de agua han sido utilizados para evaluar los niveles piezométricos locales cuando los pozos no han sido bombeados por un largo período de tiempo y no están influenciados por ningún pozo de bombeo local. Esto último nos permite obtener niveles representativos casi estables. Los pozos tienen un área de influencia limitada, con un cono de depresión pequeño y un gran descenso del nivel del agua, influenciando los piezómetros cercanos.

En cuanto a los datos de caudales de bombeo en la Zona de Tajo, el pozo más productivo ha sido PP-16 en el sector pared suroeste del tajo, dentro de la unidad de mármol, con caudales generalmente entre 2 y 6 L/s. El resto de pozos han tenido caudales menores a 4 L/s. El caudal combinado ha fluctuado desde algunos litros por segundo en el 2008 y mediados de 2011 a más de 15 L/s durante 2009 y 2010. Los caudales más recientes han fluctuado entre 7 y 14 L/s. La Gráfica 3-93, *Caudales Promedio mensuales de los pozos de drenaje*, muestra los caudales de flujo promedio mensual para cada pozo y el flujo combinado para todos los pozos.

**Gráfico 3-93 Caudales Promedio mensuales de los pozos de drenaje**



- **Zona de Botaderos de Desmote – Cerro Corona**

Para desarrollar la hidrogeología de esta zona, se ha empleado los estudios hidrogeológicos antecedentes, los cuales incluyen monitoreo de aguas superficiales, geofísica, perforaciones y pruebas hidráulicas. En cuanto al aforo en cauces, se ha registrado un punto de aforo en la Qda. Las Flacas (Botadero de desmote Mecheros), el cual presenta un caudal medio de 6.19 L/s.

En el caso de las perforaciones hidrogeológicas e instalación de piezómetros, en la zona de Botaderos de Facilidades, Mecheros y Las Gordas de Cerro Corona, se encuentran ubicados al Norte y Oeste de la Planta de Procesos de Cerro Corona respectivamente. La investigación hidrogeológica y geotécnica

consistió de 20 perforaciones, ejecutados entre 2008 y 2012. La profundidad de perforación varió de 50 m a 150 m. Se instalaron un total de 15 piezómetros tipo casagrande para el monitoreo de agua subterránea.

En cuanto al Modelo Hidrogeológico, estructuralmente la zona de Mecheros es atravesada por fallas de orientación SSE a NNO, generando un intenso fracturamiento en la formación Yumagual. En relación a los niveles de aguas subterráneas, los niveles de agua registrados en las perforaciones fluctuaron de 100 a 140 m. En general, se espera que las direcciones de flujo del agua subterránea sean similares a la topografía en el Valle de la Qda. Las Flacas con filtraciones de oeste a suroeste a lo largo del eje del valle hacia el Tajo El Zorro. Conceptualmente, se cree que el Tajo El Zorro es un sumidero hidráulico con flujo de agua subterránea radialmente hacia el Tajo.

### **Modelo Numérico de Agua Subterránea**

El Modelo Numérico de agua subterránea de la UM Cerro Corona fue actualizado en base al modelo desarrollado para el instrumento de gestión ambiental aprobado, los cambios estuvieron enfocados a la actualización del modelo conceptual y de los componentes de mina, usando como herramienta informática el software FEFLOW (Versión 6.2).

El modelo numérico predice que con la configuración de final de operaciones, 9.6 L/s del agua de la presa de relaves llegarán al río Tingo en época húmeda y 9.1 L/s en época seca. La presa de relaves sigue con el mismo nivel entre época húmeda o seca, pero los niveles de agua subterránea en los alrededores de la presa son más bajos en la época seca y generan entonces mayores gradientes entre la presa y los diferentes receptores. Desde el Botadero Gordas, se estima que 0.1 L/s llegarán al Río Tingo y que 0.2 L/s llegarán a la zona de Hualgayoc en época húmeda, bajan a 0.02 L/s y 0.03 L/s en época seca. Desde el Botadero Mecheros, se estima que 0.2 L/s llegarán al Río Tingo en época húmeda y 0.03 L/s en época seca. Desde el Botadero Facilidades, se estima que 0.1 L/s llegarán al río Tingo en época húmeda y 0.02 L/s en época seca.

No se predice reducciones de flujo para los manantiales durante las operaciones de mina, excepto por SCB-01 que será cubierta por las instalaciones. No se observa (o es mínima) reducción de flujos base entre las condiciones preminadas y final de operaciones de mina en las quebradas Corona, Hualgayoc Alto, Mesa de Plata, Coymolache Alto y Quilcate.

### **3.1.13.2 Calidad de Agua Subterránea**

Para la caracterización de la evolución de la calidad del agua subterránea, se han considerado los resultados obtenidos en cinco (05) piezómetros de control, usando los resultados correspondientes a los monitoreos de seguimiento y control durante los años 2007, 2008, 2009 y 2010 así como los resultados del monitoreo efectuados entre abril y junio del 2006, como parte de la línea de base del Plan de Cierre de Minas aprobado por el MINEM.

El recurso hídrico subterráneo de la unidad minera Cerro Corona está constituido por los acuíferos y afloramientos de agua subterránea que se ubican en el área de las operaciones mineras cuyas características fisicoquímicas y microbiológicas pueden ser alteradas como consecuencia de las actividades propias o ajenas a GFLC. En esta sección se presenta la caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea y se evalúa su calidad en referencia a las normas aplicables según el tipo de uso.

Esta caracterización se sustenta en los resultados de laboratorio de los monitoreos de agua realizados desde los primeros estudios de línea base del EIA del Proyecto Cerro Corona (KP, 2005) y de todas las modificaciones posteriores. Asimismo, incluye información actualizada derivado de las actividades de seguimiento y control que son ejecutados en el marco del cumplimiento del Programa de Monitoreo Ambiental que fue aprobado por el MEM. Se considera como fecha de cierre al primer trimestre de 2016.

*La Tabla 3-62, Frecuencia de Monitoreo y Parámetros de Control de Agua Subterránea y Manantiales, presenta el detalle de las estaciones instaladas en el área de influencia de GFLC. Mientras que en la Figura 3-30, Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea y Manantiales, se muestra la distribución espacial de las mismas.*

Tabla 3-61 Frecuencia de Monitoreo y Parámetros de Control de Agua Subterránea y Manantiales

Estación de Monitoreo	Cuerpo de Agua /ubicación	Coordenadas UTM		Parámetros de Muestreo	Frecuencia
		Norte	Este		
<b>Manantiales</b>					
TMI-1	Manantial Las Tomas, captación Manuel Vásquez (al Sureste del TSF)	9251320	759614	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros de Campo:</li> <li>- Flujo</li> <li>- pH</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> <li>- Oxígeno Disuelto</li> <li>- Parámetros Físicoquímicos:</li> <li>- STS</li> <li>- STD</li> <li>- Alcalinidad</li> <li>- Cloruros</li> <li>- Sulfatos</li> <li>- Sulfuros</li> <li>- Fosfatos</li> <li>- Nitratos</li> <li>- Aceites y grasas</li> <li>- Metales totales*</li> <li>- Metales disueltos*</li> <li>- Cianuro total</li> <li>- Cianuro WAD</li> <li>- DQO</li> <li>- Parámetros Microbiológicos:</li> <li>- DBO5</li> <li>- Coliformes Fecales</li> <li>- Coliformes Totales</li> </ul>	Trimestral
HME-1	Manantial ubicado en la quebrada Mesa de Plata antes de la confluencia con el río Hualgayoc	9251976	764177		
HMI-2	Manantial ubicado al Suroeste del tajo Cerro Corona	9251290	762746		
HME-3	Manantial Chorro Colorado (parte alta de la subcuenca del río Hualgayoc)	9249315	762121		
HME-4	Manantial ubicado en la parte alta de la subcuenca del río Hualgayoc (margen de la carretera)	9249871	763123		
HME-5	Manantial ubicado en la parte alta de la subcuenca del río Hualgayoc (margen de la carretera)	9249939	763170		
HME-6	Manantial ubicado en la margen de la carretera, hacia Hualgayoc	9250381	763341		
HME-7	Manantial ubicado en la ladera de Coymolache (ladera Este de la quebrada Corona)	9250938	763940		
HME-8	Manantial ubicado al Este de la Ciudad de Hualgayoc	9251740	764942		
HME-9	Manantial situado en la ladera Coymolache (entre el tajo y el río Hualgayoc)	9251156	763262		
HME-10	Manantial ubicado al Sureste del tajo Cerro Corona	9251033	762369		
HME-11	Manantial siguiente al HME-7 (ladera Este de la quebrada Corona)	9250919	763938		
HME-12	Manantial ubicado en Coymolache (entre el tajo Cerro Corona y el río Hualgayoc)	9250500	762772		
HME-13	Manantial ubicado en Coymolache (al Este del tajo Cerro Corona).	9250454	762985		
HME-14	Manantial ubicado en Coymolache (al Este del tajo Cerro Corona).	9250476	763027		
HME-15	Manantial ubicado en Coymolache (entre el tajo Cerro Corona y el río Hualgayoc)	9250536	763041		
<b>Piezómetros (Pozos de Monitoreo)</b>					
HPI-1	Ubicada en la quebrada Corona. Profundidad de 100m. Registra variaciones de niveles de agua en las inmediaciones del tajo por influencia del dewatering.	9251436	763121	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros de Campo:</li> <li>- Nivel de agua.</li> <li>- pH</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> <li>- Oxígeno Disuelto</li> <li>- Parámetros Físicoquímicos:</li> <li>- STS</li> <li>- STD</li> <li>- Alcalinidad</li> <li>- Cloruros</li> <li>- Sulfatos</li> <li>- Sulfuros</li> </ul>	Trimestral
HPI-2	Ubicada en el tajo Cerro Corona. Profundidad de 37.1m. Registra variaciones de niveles de agua en las inmediaciones del tajo por influencia del dewatering.	9251976	763211		
TPI-1	Ubicada en la quebrada La Hierba, relacionado con el depósito de relaves.	9252007	759838		
TPI-2	Ubicada en el LVU Las Águilas. Cerca de la parte media del depósito de relaves.	9252341	760217		

Estación de Monitoreo	Cuerpo de Agua /ubicación	Coordenadas UTM		Parámetros de Muestreo	Frecuencia
		Norte	Este		
TPI-3	Ubicada aguas abajo del LVU Las Gordas. Al Oeste del depósito de desmonte.	9252545	760550	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fosfatos</li> <li>- Nitratos</li> <li>- Nitritos</li> <li>- Aceites y grasas</li> <li>- Metales totales*</li> <li>- Metales disueltos*</li> <li>- Cianuro total</li> <li>- Cianuro WAD</li> <li>- DQO</li> <li>- Parámetros Microbiológicos:</li> <li>- DBO5</li> <li>- Coliformes Fecales</li> <li>- Coliformes Totales</li> </ul>	
<p>Nota:  * Los parámetros considerados para metales totales y disueltos como mínimo son: Pb, As, Cd, Cr, Zn, Cu, Se, Hg, Al, Sb, Be, Bi, Bo, Ca, Co, Sn, Sr, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Ag y K.  Coordenadas UTM, WGS84 – Zona 17S  Fuente:  GFLC</p>					

Las tendencias temporales de la química del agua subterránea y manantiales es evaluada a partir de los resultados históricos de laboratorio del monitoreo en manantiales y piezómetros instalados en la zona de influencia directa de las operaciones de GFLC, las cuales ya fueron detalladas previamente. En general, se usaron los registros de monitoreo del período 2004-2016.

Se consideran tres fases para las actividades realizadas en la unidad minera Cerro Corona: línea base del año 2004 al 2006, construcción del año 2006 al 2008 y la fase de operación del año 2008 al 2016. Un resumen de los resultados obtenidos se presenta a continuación: