

# Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa

Study of the water quality of basin Santa river

**Alfonso A. Romero<sup>1</sup>; Silvana L. Flores<sup>1</sup>, Werner W. Pacheco<sup>2</sup>**

## RESUMEN

En el presente paper denominado "Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa", se estudio el efecto contaminante del pasivo minero de Ticapampa, que constituye un relave polimetálico de flotación de minerales sulfurados de cobre, plomo y zinc, el cual se localiza en la cuenca media del río Santa, la cual ha sido negativamente impactada desde el año de 1900, por las labores mineras de Collaracra, el Triunfo y la Florida; en el año de 1908, por el funcionamiento de la planta concentradora y de la fundición de la empresa minera The Anglo French Ticapampa Silver Mining Co. y en el año de 1967, por la labor minera de la explotación de la plata, plomo y zinc y el funcionamiento de la planta concentradora, a cargo Compañía Minera Alianza S.A. Empresa Nacional; como consecuencia de la realización de labores mineras y las actividades de beneficio de minerales, se tiene pasivos ambientales, tales como: 4 canchas de relaves polimetálicos y filtraciones de agua de relavera, cuyos drenajes se vierten de manera directa al cuerpo de agua receptor de la cuenca del río Santa, cuya calidad de aguas se han convertido en un lugar sin indicio de vida acuática, siendo el consumo de esta agua nocivo para los seres vivos.

**Palabras Clave:** Cuenca Media, canchas de relave polimetálico, río Santa, pasivo ambiental.

## ABSTRACT

In the present paper called "Study of the quality of the water of the basin from the Santa river", has been studied the polluted effect of the mining passive from Ticapampa that constituted a polymetallic tailing from flotation of sulfide minerals of copper, lead and zinc which has been located in the medium basin of the Santa river, that has been impacted from a negative way since 1900 for mining works of Collaracra, el Triunfo and La Florida; In 1908, by the performance of the Concentrate Plant and the smelting from the Mining Company "THE ANGLO FRENCH TICAPAMPA SILVER MINING CO", and in 1967, for the mining works from the exploitation of silver, lead and zinc and the performance from the Concentrate Plant in charge of Mining Company Alianza S.A., National Enterprise; as a consequence of the development of mining works and activities of benefiting, there are environment passive, such as: four polymetallic tailing ponds and filtrations of water of the tailing, whose drainages pour directly to the body of water, main receptor of the basin of the Santa River, whose quality of waters has become in a place without aquatic life, that don't lead the consumption of this water for has been very nocive for the living organism.

**Keywords:** Medium Basin, Polymetallic tailing ponds, Santa Basin, environment passive.

<sup>1</sup> Docentes de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: aromerob@unmsm.edu.pe

<sup>2</sup> Docente de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: wpachecol@unmsm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

El paper denominado “Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa” involucra el estudio del impacto negativo producido por la presencia de la relavera polimetálica de Ticapampa, que afecta la calidad de aguas de la cuenca media del río Santa.

Para medir el impacto al medio ambiente que pueden ocasionar los relaves ubicados en la Cuenca Superior del río Santa, se ha seleccionado para su estudio a la relavera de la Cía. Minera Alianza ubicada en el distrito de Ticapampa, construida a orillas del río en el km 170 y paralela de la carretera asfaltada Pativilca, Huaraz; tiene una dimensión de 750x200 metros con una altura máxima de 19 metros, lo que nos daría alrededor de 5 millones de toneladas métricas de relaves.

El depósito de relaves “Alianza” se inicia en el año de 1912, con la compañía francesa The Anglo French Silver Mining Co., pasando posteriormente a diferentes compañías mineras, la última de 1967 a 1985, fecha en que paralizan los procesos metalúrgicos de beneficio de minerales. A la fecha, la relavera tiene 90 años existencia.

La relavera de la Cía. Minera Alianza tiene una ubicación no adecuada y cuya operación sólo fue posible por alimentar los relaves por distintos puntos alternados y camuflar los rebalses y deslizamientos de bordes por la corriente del caudaloso río Santa, al que muchas veces se vertió relave directamente.

Los relaves son los residuos sólidos sin valor comercial que se desecha de los procesos metalúrgicos de beneficio de minerales, y los cuales son almacenados en las llamadas relaveras; cuyos diseños de construcción, operación y mantenimiento deben ser desarrollados de acuerdo a normas establecidas para evitar el impacto en el deterioro del medio ambiente. Si se cumple lo establecido, la presa de relaves debe garantizar su estabilidad estática, pseudo estáticas y potencial de licuefacción (Ministerio de Energía y Minas, Perú (1995)).

Después de varios años de paralización, se ha observado drenaje de la relavera; al medir el pH de la escorrentía superficial proveniente de éstos relaves da un pH casi neutro, sin embargo, el contenido de metales pesados en el agua de drenaje es alto.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1. Metales pesados en el agua

El impacto sufrido en un cuerpo de agua por los metales descargados, teóricamente puede medirse en el agua, así como en las partículas suspendidas y en los sedimentos.

Sin embargo, en la práctica se observa, que el análisis del agua da un cuadro poco claro del grado de la contaminación del cuerpo de agua; factores como cambios del caudal, diferente ponderación de las zonas o emisiones locales, causan variaciones temporales muy fuertes en los valores de contaminación.

Normalmente, mientras que las concentraciones de los iones principales como  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Na}^+$  varían solo muy poco y cuando lo hacen la variación es gradual; las concentraciones de los metales pesados varían en más de un orden de magnitud en 24 horas.

También las concentraciones de los metales pesados en partículas suspendidas medidas muestran grandes cambios en cortos períodos de tiempo. Esto se debe a que cada medición de las concentraciones en el agua equivale a una “fotografía” de la situación, la cual puede ser falseada por emisiones limitadas en el tiempo o lugar.

El análisis de sedimentos tiene las siguientes ventajas frente al análisis de aguas:

#### a. Ventajas analíticas

Por lo general, el contenido de los elementos en los sedimentos y partículas en suspensión son varias veces mayores que en el agua.

#### b. Compuestos insolubles

Una parte de los contaminantes metálicos es insoluble, incluso es emitida como sólido. En los efluentes, producto de los procesos de la minería, sólo en caso de aguas ácidas la porción metálica en solución es alta.

Algunos componentes si bien son emitidos en solución, pasan a la fase sólida muy rápidamente y son difícilmente detectadas en el agua.

### 2.2. Tipos de interacción de los metales pesados en las sustancias suspendidas y sedimentos en los cuerpos de agua [2]

El contenido de metales pesados en los cuerpos de agua tiene dos componentes: el contenido natural y la porción antropogenia. Además del contenido de los metales pesados es importante saber la “disponibilidad” (grado para el cual los contaminantes están libres para ser tomados), y así conocer el posible potencial tóxico de un metal pesado determinado.

El tipo de interacción entre los metales pesados y los sedimentos está relacionado estrechamente con la especie química, en la cual el metal se encuentra cuando llega al agua.

Los diferentes tipos de interacciones entre los metales pesados y sedimentos, representan los mecanismos para el enriquecimiento en metales pesados de los

sedimentos, los que se pueden estudiar en los siguientes estados:

- Intercambio Iónico
- Precipitación y Coprecipitación
- Formación de Quelatos.

### 2.3. MOVILIDAD RELATIVA Y BIODISPONIBILIDAD [1]

#### 2.3.1. Movilidad del metal en el ambiente superficial

La movilidad se refiere a la capacidad de un elemento para moverse entre fluidos después de su disolución. Es dificultoso predecir la movilidad de un elemento cuantitativamente en ambientes superficiales. Más bien la movilidad puede ser considerada en un sentido relativo comparando empíricamente el comportamiento de elementos bajo condiciones de cambios ambientales semejante como en las barreras geoquímicas. Por ejemplo, toma en cuenta la tendencia de los elementos para ser adsorbidos hacia oxihidróxidos o para precipitar[2].

Los criterios para las distinciones de movilidad son deducidos por la abundancia de los elementos, antes que ser basados sobre la solubilidad absoluta. Para elementos rédox-sensibles, la forma más oxidada se asume estar presente. Esto es importante porque algunos elementos rédox-sensible, tienen diferentes movilidades y características tóxicas [1].

Por ejemplo, cromo (VI), la forma más tóxica, es más móvil en suelos que cromo (II). Bajo condiciones ácidas el Fe permanece disuelto, pero precipita cuando las condiciones se tornan alcalinas. Elementos semejantes como Cu y As se tornan mucho menos móviles bajo estas condiciones si suficiente precipitado rico en Fe está presente y cuando se alcanza el pH óptimo para adsorción, que es diferente para diferentes elementos y substratos.

En la movilidad relativa generalizada de elementos bajo condiciones reluctantes. Por ejemplo: Cu y Zn se tornan mucho menos móviles cuando el sulfuro de hidrógeno está presente, porque ellos forman sulfuros minerales insolubles [3].

La reducción de pH sucede (aparte de las descargas de aguas ácidas) cuando las reacciones bioquímicas aumentan la concentración de CO<sub>2</sub> en el agua las reacciones bioquímicas aumentan la concentración de CO<sub>2</sub> en el agua (descomposición de las sustancias orgánicas). Si el oxígeno se agota, la sustancia orgánica se descompone anaeróbicamente y se aumenta la concentración de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S en el agua, produciéndose una mayor disminución del pH [1].

El bajo contenido de oxígeno en las aguas juega un

papel importante en los procesos de movilización de metales pesados y no debe ser subestimado. Mientras la movilización de los metales se limite al sistema sedimento-agua de poro, no existe un daño directo para la calidad de agua sobrenadante. Esta situación cambia de golpe, si se remueven grandes cantidades de sedimento en un corto lapso. Por ejemplo en época de grandes caudales o inundaciones. (Ver Tabla N.º 1).

Tabla N° 1. Movilidad relativa de algunos elementos.

Movilidad Relativa	pH de Medio Ambiente	
	Acidez	Alcalinidad
Muy Móvil	Cl, S, Ca, Mg, Na	Cl
Móvil	Ag, As, Cd, Co, Cu, Ni, Zn	Mo, Se, V, U
Poco Móvil	Si, P, K, Fe, Mn, Mo, Se, V, U	Si, P, K, S, Ca, Mg, Na
Inmóvil	Al, Ti, Sn, W, Nb, Ta, Cr, Zr, Th	Al, Ti, Sn, W, Nb, Ta, Cr, Zr, Th, Ag, As, Cd, C, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn

Fuente: Jara M.INGEMMET, 2002

### III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio involucra el estudio del impacto negativo producido por la presencia de la relavera polimetálica de Ticapampa, que afecta la calidad de aguas de la cuenca media del río Santa.

Es en ese sentido, que uno de los objetivos trazados durante el trabajo de campo fue identificar y monitorear los cuerpos de agua, con el propósito de determinar sus características físicas y químicas. Por ello, se han efectuado cuatro muestreos de toma de aguas, en zonas próximas al área impactada por la presencia de este pasivo ambiental.

La Zona de Monitoreo se da en la Cuenca Media del río Santa, es decir en la Zona entre Cátac y Recuay. En el tramo entre Cátac y Recuay es donde se produce la mayor contaminación del río. En la estación de Aguas debajo de Ticapampa, es donde se produce la mayor contaminación por metales pesados; como posible causa de los altos contenidos de arsénico, cobre, plomo, zinc y cadmio se puede señalar a los efluentes por percolación de los relaves fuera de servicio, como el de Cía. Minera Alianza y a los contenidos elevados de éstos elementos del afluente Badén drenando la zona.

Asimismo, la Metodología de Investigación involucra actividades de campo in situ (en la Cuenca Media del río Santa) y de Gabinete, donde las actividades de campo, consideran las actividades de Monitoreo de Calidad de Agua de 4 puntos: P-204, P-205, P-203, P-201.

Como se sabe, la relavera Alianza de Ticapampa se encuentra a orillas del río Santa, donde las aguas de las relaveras descargan las aguas decantadas y filtradas por un canal colector directamente al río Santa.

La inconveniente ubicación, colindante con la ribera del río, ha ocasionado en diferentes oportunidades, por causa de las crecientes, la erosión y destrucción de los muros de contención de las canchas, dando origen al transporte de considerables volúmenes de relaves por el río Santa.

Dada la importancia por su volumen, ubicación y su posible influencia en la contaminación ambiental de la zona, se consideró conveniente realizar un Monitoreo, que involucró un estudio de evaluación de la calidad de aguas del río Santa.

Para el Desarrollo del Monitoreo de la Calidad de Agua de la Cuenca Media del río Santa, se tuvo en cuenta los siguientes materiales:

- Frascos Muestreadores
- Probeta
- Piceta
- pHmetro digital

**3.1. Actividades de monitoreo de calidad de aguas superficiales de cuenca media del río Santa**

Las actividades de Monitoreo de la Calidad de Agua del río Santa involucraron tomas de muestras de agua de cuatro puntos de monitoreo de calidad de aguas superficiales. (Ver Figuras N.º 1, 2, 3, 4, 5,6).

**PUNTO DE MONITOREO P-204 (M1)  
COORDENADAS UTM**

ESTE	NORTE	ALTITUD
0232308	8920770	3446

El punto de monitoreo P-204 es el primer punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M1), la cual se toma en el cuerpo de agua del río Santa, a una distancia de 200 metros aguas arriba de la Cancha de Relave Polimetálico de Ticapampa.



Figura N.º 1. Primer Punto de Monitoreo de Toma de Agua de la cuenca media del río Santa.



Figura N.º 2: Primer Punto de Monitoreo de Toma de Agua.

**PUNTO DE MONITOREO N.º P-205 (M2)  
COORDENADAS UTM**

ESTE	NORTE	ALTITUD
0232229	8921060	3456



Figura N.º 3. Segundo Punto de Monitoreo de Toma de Agua de la cuenca media del río Santa.

El punto de monitoreo P-205 es el segundo punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M2), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la



Figura N.º 4. Segundo Punto de Monitoreo de Toma de Agua de la cuenca media Del río Santa.

Cancha de relave Polimetálico que va directamente a la cuenca del río Santa.

**PUNTO DE MONITOREO N.º P-203 (M3)  
COORDENADAS UTM**

ESTE	NORTE	ALTITUD
0231910	8921694	3459



Figura N.º 5. Tercer Punto de Monitoreo de Toma de Agua de la cuenca media del río Santa.



Figura N.º 6. Tercer Punto de Monitoreo de Toma de Agua de la cuenca media del río Santa.

El punto de monitoreo P-203 es el tercer punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M3), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la Cancha de Relave Polimetálico de Ticapampa.

**PUNTO DE MONITOREO N.º P-201(M4)  
COORDENADAS UTM**

ESTE	NORTE	ALTITUD
0231910	8921694	3454



Figura N.º 7. Tercer Punto de Monitoreo de Toma de Agua de la cuenca media del río Santa.



Figura N.º 8. Tercer Punto de Monitoreo de Toma de Agua de la cuenca media del río Santa

El punto de monitoreo P-201 es el último punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M4), la cual se toma en el cuerpo de agua del río Santa, la cual se toma a una distancia de 200 metros aguas abajo de la Cancha de Relave Polimetálico de Ticapampa.

**IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

A continuación se muestran los resultados de los Análisis Químicos de las Actividades de Monitoreo de las Muestras de Aguas Superficiales. Ver Tablas N.º 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 y Figuras N.º 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

**Tabla N° 2.** Análisis Químico de Puntos de Monitoreo P-204 y P-201.

PARÁMETROS	P204-M1	P201-M4
Fecha	16 /05/07	16 /05/07
Hora	1.30 p.m.	3.30 p.m.
Temperatura del agua (°C)	22.9°C	22.3°C
pH	7.39	7.22
Plata (mg/l)	< 0.001	< 0.001
Aluminio (mg/l)	0.06	0.06
Arsénico (mg/l)	< 0.005	0.040
Boro (mg/l)	0.2	0.2
Bario (mg/l)	0.013	0.010
Berilio (mg/l)	< 0.0003	< 0.0003
Bismuto (mg/l)	< 0.005	< 0.005
Calcio (mg/l)	15.5	15.2
Cadmio (mg/l)	< 0.001	< 0.001
Cerio (mg/l)	< 0.05	< 0.05
Cobalto (mg/l)	< 0.001	< 0.001
Cromo (mg/l)	< 0.001	< 0.001
Cobre (mg/l)	< 0.003	< 0.003
Hierro (mg/l)	< 0.1	0.2
Potasio (mg/l)	1.5	1.5
Lantano (mg/l)	< 0.0005	< 0.0005
Litio (mg/l)	0.06	0.05
Magnesio (mg/l)	2.12	2.15
Manganeso (mg/ L)	0.004	0.016
Molibdeno (mg/l)	< 0.005	< 0.005
Sodio (mg/l)	6.1	5.4
Níquel (mg/l)	0.001	< 0.001
Fósforo (mg/l)	< 0.1	< 0.1
Plomo (mg/l)	< 0.004	< 0.004
Antimonio (mg/l)	< 0.005	< 0.005
Escandio (mg/l)	< 0.003	< 0.003
Selenio (mg/l)	< 0.05	< 0.05
Silicio (mg/l)	3.4	3.4
Estaño (mg/l)	< 0.01	< 0.01
Estroncio (mg/l)	0.106	0.102
Titanio (mg/l)	< 0.003	< 0.003
Talio (mg/l)	< 0.03	< 0.03
Vanadio (mg/l)	< 0.002	< 0.002
Wolframio (mg/l)	0.005	0.005
Itrio (mg/l)	< 0.005	< 0.005
Zinc (mg/l)	0.017	0.075
Circonio (mg/l)	< 0.003	0.003

Según la Tabla N° 2, se deduce que el contenido de arsénico, hierro y zinc es mayor cuando el punto de Monitoreo es P-201, en comparación con el Punto de Monitoreo P-204.

**Tabla N.º 3.** Resultados de Análisis Químico de Aguas Superficiales de Puntos de Monitoreo P-205 y P-203.

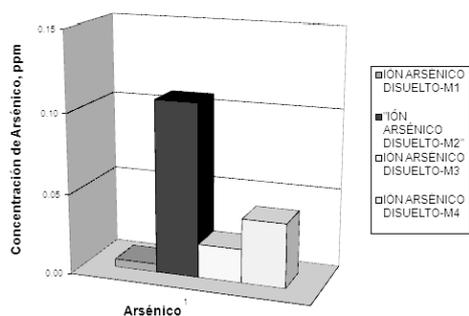
PARÁMETROS	P205-M2	P203-M3
Fecha	16 /05/07	16 /05/07
Hora	1.30p.m.	3.30 p.m.
Temperatura del agua (°C)	16.9 °C	18.6 °C
pH	7.93	5.83
Plata ( mg/L )	0.005	< 0.001
Aluminio ( mg/L)	0.06	1.92
Arsénico ( mg/L)	0.108	0.021
Boro ( mg/L )	8.8	0.7
Bario ( mg/L )	0.068	0.018
Berilio ( mg/L)	< 0.0003	< 0.0003
Bismuto ( mg/L)	< 0.005	< 0.005
Calcio ( mg/L)	34.9	26
Cadmio ( mg/L)	0.003	0.023
Cerio ( mg/L )	< 0.05	< 0.05
Cobalto ( mg/L )	< 0.001	0.024
Cromo ( mg/L )	< 0.001	< 0.001
Cobre ( mg/L)	0.027	0.121
Hierro ( mg/L)	0.5	1.0
Potasio ( mg/L)	30.7	2.7
Lantano ( mg/L)	< 0.0005	< 0.0015
Litio ( mg/L )	--	0.22
Magnesio ( mg/L )	6.94	5.18
Manganeso (mg/ L)	0.213	3.070
Molibdeno ( mg/L )	< 0.005	< 0.005
Sodio ( mg/L )	>70	15.8
Níquel ( mg/L )	0.002	0.010
Fósforo ( mg/L )	< 0.1	< 0.1
Plomo ( mg/L )	< 0.004	0.024
Antimonio ( mg/L )	0.010	< 0.005
Escandio ( mg/L )	< 0.003	< 0.003
Selenio ( mg/L )	< 0.05	< 0.05
Silicio ( mg/L )	6.7	4.3
Estaño ( mg/L )	< 0.01	< 0.01
Estroncio ( mg/L )	0.901	0.175
Titanio ( mg/L )	< 0.003	< 0.003
Talio ( mg/L )	< 0.03	< 0.03
Vanadio ( mg/L )	< 0.002	< 0.002
Wolframio/Tunsteno ( mg/L )	0.005	0.005
Itrio ( mg/L )	< 0.005	< 0.005
Zinc ( mg/L )	0.017	0.075
Circonio ( mg/L )	< 0.003	0.003

Según la Tabla N° 3, se deduce que el contenido de hierro, zinc, cadmio, cobre y plomo, es mayor cuando el punto de Monitoreo es P-203, en comparación con el Punto de Monitoreo P-205. En cambio, las concentraciones de arsénico y antimonio son mayores cuando el punto de Monitoreo es P-205.

**Tabla N.º 4.** Resultados de Análisis Químico de Monitoreo de Puntos M1, M2, M3, M4 con respecto al arsénico

M1	M2	M3	M4
Conc.As. inicial	Conc.As. inicial	Conc.As. inicial	Conc.As. inicial
0.005	0.108	0.021	0.04

**IÓN ARSÉNICO DISUELTO EN CUENCA MEDIA DEL RIO SANTA**

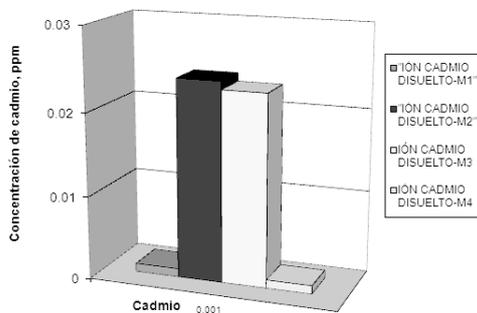


**Figura N.º 7.** Concentraciones de arsénico disuelto en agua de río Santa

**Tabla N.º 5.** Resultados de Análisis Químico de Monitoreo de Puntos M1, M2, M3, M4 con respecto al cadmio

M1	M2	M3	M4
Conc.Cd. inicial	Conc.Cd. inicial	Conc.Cd. inicial	Conc.Cd. inicial
0.001	0.024	0.023	0.001

**IÓN CADMIO DISUELTO EN CUENCA MEDIA DEL RIO SANTA**

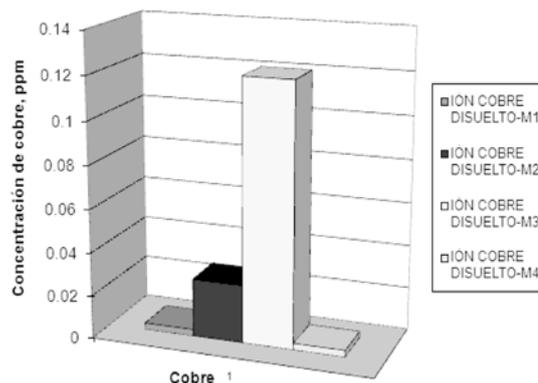


**Figura N.º 8.** Concentraciones de cadmio disuelto en agua de río Santa.

**Tabla N.º 6.** Resultados de Análisis Químico de Monitoreo de Puntos M1, M2, M3, M4 con respecto al cobre

M1	M2	M3	M4
Conc.Cu. inicial	Conc.Cu. inicial	Conc.Cu. inicial	Conc.Cu. inicial
0.003	0.027	0.121	0.003

**IÓN COBRE DISUELTO EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO SANTA**

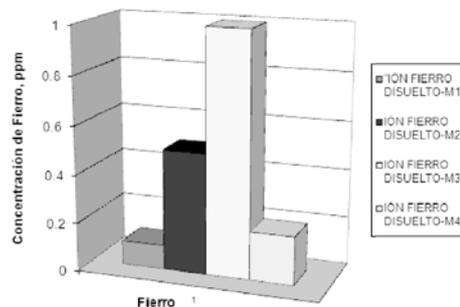


**Figura N.º 9.** Concentraciones de cobre disuelto en agua de río Santa

**Tabla N.º 7.** Resultados de Análisis Químico de Monitoreo de Puntos M1, M2, M3, M4 con respecto al Hierro

M1	M2	M3	M4
Conc. Fe. inicial	Conc. Fe. inicial	Conc. Fe. inicial.	Conc. Fe. inicial
0.1	0.5	1	0.2

**IÓN FIERRO DISUELTO EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO SANTA**

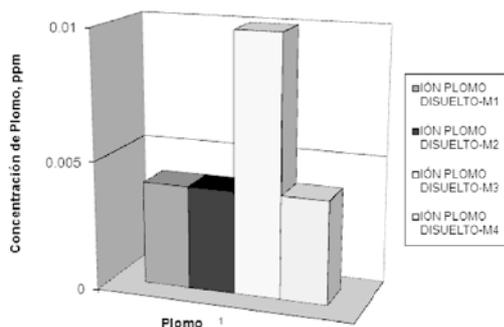


**Figura N.º 10.** Concentraciones de hierro disuelto en agua de río Santa

**Tabla N.º 8.** Resultados de Análisis Químico de Monitoreo de Puntos M1, M2, M3, M4 con respecto al plomo

M1	M2	M3	M4
Conc.Pb inicial.	Conc.Pb inicial	Conc.Pb. inicial	Conc. Pb inicial
0.004	0.004	0.024	0.004

IÓN PLOMO DISUELTO EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO SANTA

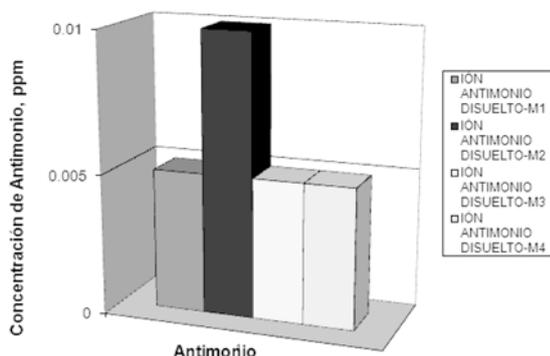


**Figura N.º 11.** Concentraciones de plomo disuelto en agua de río Santa

**Tabla N.º 9.** Resultados de Análisis Químico de Monitoreo de Puntos M1, M2, M3, M4 con respecto al antimonio

M1	M2	M3	M4
Conc.Sb inicial	Conc.Sb inicial	Conc.Sb inicial	Conc.Sb inicial
0.005	0.01	0.005	0.005

IÓN ANTIMONIO DISUELTO EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO SANTA

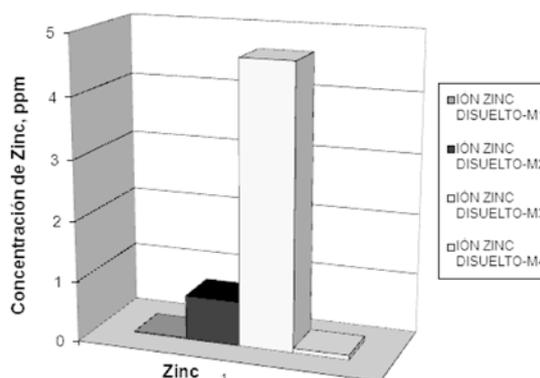


**Figura N.º 12.** Concentraciones de antimonio disuelto en agua de río Santa

**Tabla N.º 10.** Resultados de Análisis Químico de Monitoreo de Puntos M1, M2, M3, M4 con respecto al zinc

M1	M2	M3	M4
Conc. Zn inicial	Conc. Zn inicial	Conc. Zn inicial	Conc. Zn inicial
0.017	0.737	4.652	0.075

IÓN ZINC DISUELTO EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO SANTA



**Figura N.º 13.** Concentraciones de zinc disuelto en agua de río Santa.

Los análisis químicos realizados a las muestras de agua del río Santa demuestran que la calidad de aguas cumple con los requerimientos de la Ley General de Aguas y el Ministerio de Energía y Minas, con excepción de la concentración de hierro y zinc en el tercer punto de monitoreo, cuyas concentraciones son: 1 ppm y 4.652 ppm, respectivamente, con respecto a los valores indicados en la Tabla N.º 11.

**Tabla N.º 11.** Límites máximos permisibles según Ministerio de Energía y Minas y la Ley de Aguas.

Parámetros	NMP (MEM)		Ley de Aguas Clase III
	Promedio	Instantáneo	
pH	6 a 9	6 a 9	5 a 9
TSS (mg/l)	25	50	
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)			400
As (mg/l)	0.5	1.0	0.2
Cd (mg/l)			0.1
Cu (mg/l)	0.3	1.0	0.5
Fe (mg/l)	1.0	2.0	1.0
Pb (mg/l)	0.2	0.4	0.1
Mg (mg/l)			150
Mn (mg/l)			0.5
Zn (mg/l)	1.0	3.0	2.5

## V. CONCLUSIONES

El punto de monitoreo P-203 es el tercer punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M3), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la Cancha de Relave Polimetálico de Ticapampa, el cual es el punto de monitoreo que presenta mayor concentración de metales pesados disueltos tales como: cobre(0.027 ppm), fierro (1 ppm), plomo (0.024 ppm), zinc (4.652 ppm), en comparación con los demás puntos de monitoreo de aguas superficiales.

El punto de Monitoreo P-205 es el segundo punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M2), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la Cancha de Relave Polimetálico que va directamente a la cuenca del río Santa, el cual es el punto de monitoreo que presenta mayores concentraciones de arsénico (0.108 ppm), cadmio (0.024 ppm) y antimonio(0.01 ppm), en comparación con los demás puntos de monitoreo de aguas superficiales.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Jara, M. "Distribución de Metales Pesados en Agua y Sedimento y sus Efectos sobre la Vida Acuática en la Cuenca Superior del río Santa", Tesis para optar el Grado de Magíster en Medio Ambiente, UNI.
- [2] Aduvire, O. y Aduvire, H. "Aguas ácidas de Mina", Revista GEOPRES 141. Madrid (España). 52-62. 2005.
- [3] British Columbia. "Acid Mine Drainage Task Force", Draft Acid Rock Drainage Technical Guide. Canada. 1999.