

# ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES "MESAPATA" PERÍODO 2005 – 2007

## Water quality variability analysis of Minerals Processing Plant of "Mesapata"

Period 2005 – 2006

J. V. Manrique<sup>1</sup>; M. Loarte Rubina<sup>2</sup>; Ing<sup>o</sup> Rafael Figueroa Tauquino<sup>3</sup>

### RESUMEN:

**Introducción:** En general, las plantas de procesamiento de minerales, hacen uso de grandes volúmenes de agua en sus procesos operativos que luego son vertidos a cuerpos receptores, generando alteraciones en su naturaleza y composición.

**Objetivos:** Evaluar la variación de la calidad físico-química, química y de contenidos de metales pesados de las aguas superficiales afectadas por las operaciones de la Planta Concentradora de Minerales "Mesapata" y las de vertido, en el período 2005 - 2007.

**Materiales y métodos:** Para los muestreos y análisis de laboratorio se utilizaron equipos e instrumentos de campo y laboratorio específicos. Para fines de investigación se utilizaron los métodos descriptivo, estadístico y analítico. Se trabajaron con muestras de agua superficial y de vertido, las mismas que fueron tomadas en 5 puntos de monitoreo: dos en el río Santa (Sp01 aguas abajo y Sp02 aguas arriba), uno en la descarga del sistema de tratamiento mediante humedales (Sp03), uno en el canal de captación para la planta (Sp04) y uno en el canal de mezcla de la descarga del sistema de tratamiento con el canal de coronación del depósito de relaves (Sp05).

**Resultados:** Las aguas superficiales y las de vertido presentaron variaciones en calidad físico-química, química y en contenidos de metales pesados. Comparados con la Ley General de Aguas Clase III, en las aguas superficiales se encontraron ligeras variaciones en los valores de pH, conductividad, oxígeno disuelto, y contenidos de sulfatos, sólidos suspendidos totales y el cianuro total. Los metales disueltos de hierro, plomo y zinc, se encontraron excediendo los límites establecidos, tanto aguas arriba y aguas abajo en el río Santa, y en el mismo canal de captación para las operaciones de la planta. Las aguas de vertido en la descarga del sistema de tratamiento y en el canal de mezcla, comparados con los límites establecidos en la R.M. N° 011-96-EM/VMM, presentaron excesos de concentración de sólidos suspendidos, cianuro total y metales disueltos de hierro, plomo y zinc; en el primer caso, y con

valores por debajo de los límites de vertimiento, gracias a la dilución con la mezcla, en el segundo caso, excepto el plomo disuelto que aún excedió el límite entre 1,1 y 4,4 veces.

**Conclusión:** Las aguas superficiales afectadas por las operaciones de la planta concentradora de minerales "Mesapata" y las de vertido, presentaron para el período de estudio, variaciones irregulares de calidad físico-químicas, químicas y en contenidos de metales pesados según su localización con relación a la planta, el tiempo y el comportamiento de los factores meteorológicos y climatológicos.

**Palabras claves:** Variabilidad, monitoreo, vertimiento y humedal.

### ABSTRACT:

**Introduction:** In general, mineral processing plants use large amounts of water in their operative processes that finally are discharged in water bodies generating changes in its nature and composition.

**Objectives:** Assess the physico-chemical and chemical quality variation and heavy metal contents of waters affected by operations of minerals processing plant of Mesapata and discharged water in period from 2005 to 2007.

**Materials and methods:** By sampling and chemical analysis equipments and specific instruments were used, too. By researching, descriptive, statistic and analytical methods were used. Water sampling were took in 5 monitoring places: two in Santa river (Sp01 upstream and Sp02 downstream), one in discharged water of wetlands treatment system (Sp03), one in harnessed water by processing plant (Sp04) and the last in mixing channel of wetlands treatment system waters discharged and tailing pound upstream waters (Sp05).

**Results:** Surfaces waters and discharged waters vary in physical-chemical and chemical qualities, and heavy metals contents. Compared with Waters General Act Class III, values of pH, conductivity, solved oxygen, sulphates, total solids and total

<sup>1</sup>Ing<sup>o</sup> Ambiental y Maestro en Ciencias e Ingeniería con Mención en Gestión Ambiental

<sup>2</sup>Ing<sup>o</sup> Ambiental y Maestro en Ciencias e Ingeniería con Mención en Gestión Ambiental.

<sup>3</sup>Ing<sup>o</sup> Meteorólogo y Maestro en Ciencias e Ingeniería con Mención en Gestión Ambiental.

cyanide were gotten in irregular values. Heavy metals as solved iron, lead and zinc in upstream and downstream of Santa river and harnessed water to minerals processing plant related of established standards were gotten in exceeded values.

Discharged waters of wetlands and mixing channel compared with standards established in R.M. N° 011-96-EM/VMM were variables. In discharged waters solid suspended, total cyanided and solved metals as iron, lead and zinc concentrations were gotten exceeded, while in mixing channel these values were reduced down of related standards due to dilution, except solved lead which were gotten in 1.1 to 4.4 times the standard.

## INTRODUCCIÓN

Las operaciones de las plantas concentradoras de minerales constituyen fuentes de contaminación del agua, principalmente por la descarga de relaves mineros que al ser descargados y quedar expuestos a la intemperie generan agua ácida con contenidos de metales disueltos<sup>1,2,3,4,5</sup> (ver foto N° 1).

El Ministerio de Energía y Minas establece que las empresas mineras tienen la obligación de hacer el monitoreo de calidad del agua del área de influencia de sus operaciones, en forma trimestral, y presentar el informe correspondiente

Para cumplir con esta obligación, las empresas mineras utilizan como estándares de comparación la Ley General de Aguas – Clase III<sup>6</sup>, para fines de uso y la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM<sup>7</sup>, para fines de vertimiento. Sin embargo, estos informes, no son de conocimiento del público, y en la mayoría de los casos son ignorados.

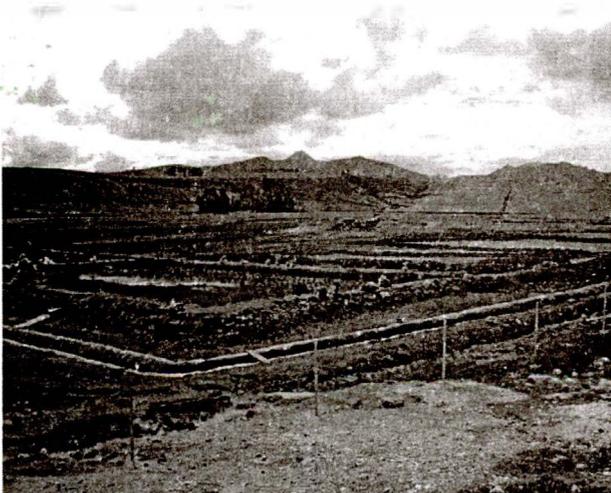


Foto N° 1: Vista panorámica del depósito de relaves de “Mesapata” en el humedal de Yanayacu. Hacia la parte superior derecha se observa el relave acumulado y hacia la parte inferior izquierda el sistema de humedales para tratamiento de aguas de drenaje.

**Conclusion:** Surface waters located around of minerals processing plant of Mesapata and discharged water in physical and chemical qualities and heavy metal contents were gotten irregular variations by studying period according their location, the time and meteorological and climatological factors variations.

**Keywords:** variability, monitoring, discharge and wetland.

Por esta razón se planteó como objetivo de investigación, conocer la calidad de las aguas afectadas por las operaciones de la Planta Concentradora de Minerales “Mesapata” en el período 2005 – 2007, en comparación con la legislación minera<sup>8,9,10</sup>.

## MATERIALES Y METODOS

### *Materiales*

Para fines de muestreo se utilizaron instrumentos de medición directa y recipientes para toma de muestras. Los análisis químicos se realizaron a través del servicio del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM.

### *Métodos*

Se utilizaron los métodos descriptivo, estadístico y analítico para la investigación, el tratamiento de los datos y los análisis correspondientes.

### *Area de estudio*

Paraje de Mesapata en el valle de Yanayacu del distrito de Cátaç, provincia de Recuay, Región Ancash, entre los 3520 y 3600 msnm, a una distancia de 1,5 Km de Catac y a 35 Km hacia el sur de la ciudad de Huaraz.

### *Población y muestra*

Se utilizaron los datos de los reportes de monitoreo de agua realizados trimestralmente durante los años 2005, 2006 y 2007, en los puntos de monitoreo establecidos, consolidándolos en forma de promedios anuales para cada año. Se agruparon los datos según clase de aguas superficiales y de vertimiento.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos tanto en las aguas superficiales como en los de vertimiento indican variaciones de calidad en las propiedades fisico-químicas, químicas y en contenidos de metales pesados según estaciones de monitoreo y el tiempo de monitoreo. En las aguas superficiales se encontraron variaciones de calidad físico-químicas, químicas y en contenidos de metales pesados entre una estación y

otra monitoreados en el mismo periodo anual, así como entre las mismas estaciones monitoreados en diferentes periodos de tiempo, como se puede observar en la Tabla N° 1. Comportamientos

parecidos se encontraron en comparación con los estándares establecidos en la Ley General de Aguas – Clase III.

TABLA N° 01: PROMEDIOS ANUALES DE CONCENTRACION POR ESTACION DE MONITOREO

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	CONCENTRACIONES PROMEDIAS ANUALES									LEY AGUAS CLASE III
		2005			2006			2007			
		Sp 01	Sp02	Sp04	Sp 01	Sp02	Sp04	Sp 01	Sp02	Sp04	
Cianuro total	mg/L	0.025	0.011	0.012	0.025	0.005	0.015	0.023	0.022	0.025	0.005
Cianuro Wad	mg/L	0.005	0.006	0.010	0.014	0.004	0.010	0.015	0.060	0.017	
Conductividad	µS/cm	216.00	223.000	57.000	141.800	138.050	155.800	185.400	180.333	53.300	
pH	Unidad	8.100	8.010	7.460	7.723	7.578	7.260	8.237	8.130	7.407	
SD	mg/L	104.00	105.000	24.000	195.000	183.000	54.000	97.500	98.000	26.500	
ST	mg/L	2.000	90.000	4.000	10.750	10.750	5.250	12.667	7.333	7.667	
Sulfatos	mg/L	57.000	53.000	34.000	33.667	44.000	28.333	60.333	55.000	64.333	
Temperatura	°C	15.100	17.200	10.100	13.450	13.125	13.175	14.600	14.933	12.133	
Turbiedad	UNT	8.100	8.420	5.570	11.817	12.193	120.940	9.953	9.300	4.540	
OD	mg/L	5.850	5.710	0.000	4.957	5.305	5.275	4.915	4.965	5.265	
As total	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.073	0.041	0.038	0.077	0.285	0.050	
Cd total	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.016	0.021	0.009	0.059	0.067	0.086	
Cu total	mg/L	0.100	0.100	0.220	0.033	0.038	0.034	0.040	0.065	0.040	
Cr total	mg/L	0.020	0.020	0.070	0.080	0.050	0.070	-	-	-	
Fe total	mg/L	0.000	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	
Ni total	mg/L	0.020	0.020	0.020	0.259	0.320	0.307	0.065	0.040	0.055	
Pb total	mg/L	0.020	0.020	0.020	0.343	0.187	0.184	0.358	0.328	0.348	
Zn total	mg/L	0.140	0.210	0.360	0.488	0.228	0.640	5.780	8.720	5.850	
As disuelto	mg/L	0.050	0.050	0.050	0.089	0.062	0.056	0.090	0.231	0.099	0.2
Cd disuelto	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.030	-	-	-	-	-	
Cu disuelto	mg/L	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.030	0.027	0.5
Cr disuelto	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.030	-	-	-	-	-	
Fe disuelto	mg/L	0.080	0.190	0.120	0.230	0.185	0.180	0.161	0.299	0.315	
Ni disuelto	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.100	-	-	-	-	-	
Pb disuelto	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.233	0.213	0.170	0.547	0.493	0.670	0.1
Zn disuelto	mg/L	0.090	0.110	0.070	0.360	0.277	0.337	3.737	5.333	3.713	25

Sp01: 100 m. aguas abajo en el Río santa

Sp02: 100 m. aguas arriba en el río Santa

Sp04: Canal de captación de agua para la planta concentradora Mesapata

En las aguas de vertido también se encontraron variaciones en las propiedades físico-químicas, químicas y en contenidos de metales pesados tanto en

las aguas de descarga del sistema de tratamiento como en las aguas del canal de mezcla con las del canal de coronación (ver Tabla N° 2).

**TABLA N° 02: PROMEDIOS ANUALES DE VERTIMIENTO POR ESTACION DE MONITOREO**

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	CONCENTRACIONES PROMEDIAS ANUALES						R. M. 011-96 MEM
		2005		2005		2005		
		Sp 03	Sp05	Sp 03	Sp05	Sp 03	Sp05	
Caudal	L/s	5.00	9.00	13.00	-	16.00	540.00	
Cianuro total	mg/L	0.02	0.02	0.12	0.08	0.11	0.07	1.00
Cianuro Wad	mg/L	0.01	0.01	0.06	0.03	0.06	0.02	
Conductividad	µS/cm	1590.00	233.00	538.05	151.33	1900.67	312.00	
pH	Unidad	7.08	7.08	8.35	7.45	8.73	8.07	6.0 - 9.0
STD	mg/L	832.00	115.00	804.00	222.00	807.00	150.00	
STS	mg/L	50.00	6.00	113.25	28.50	70.00	7.50	25.00
Sulfatos	mg/L	550.00	98.00	626.33	97.67	767.67	186.50	
Temperatura	°C	20.80	19.60	20.53	18.23	16.27	14.50	
Turbiedad	UNT	21.80	5.25	85.17	23.03	32.90	9.75	
OD	mg/L	4.74	5.33	4.68	255.18	4.04	4.58	
As total	mg/L	0.05	0.05	0.32	0.21	0.90	0.07	0.50
Cd total	mg/L	0.00	0.00	0.08	0.03	0.51	0.11	
Cu total	mg/L	0.50	0.06	0.28	0.05	0.48	0.05	0.30
Cr total	mg/L	0.06	0.02	0.05	0.06	-	-	
Fe total	mg/L	0.00	0.00	-	-	-	-	1.00
Ni total	mg/L	0.02	0.02	0.60	0.32	0.83	0.05	
Pb total	mg/L	0.03	0.03	2.42	0.96	2.50	1.00	0.20
Zn total	mg/L	3.72	0.75	1.30	1.31	8.58	6.71	1.00
As disuelto	mg/L	0.05	0.05	0.55	0.15	0.34	0.05	0.50
Cd disuelto	mg/L	0.00	0.00	-	-	-	0.10	
Cu disuelto	mg/L	0.02	0.02	0.22	0.02	0.40	0.03	0.30
Cr disuelto	mg/L	0.00	0.00	-	-	-	-	
Fe disuelto	mg/L	2.10	0.19	2.43	0.41	1.79	0.19	1.00
Ni disuelto	mg/L	0.00	0.00	-	-	-	-	
Pb disuelto	mg/L	0.01	0.01	1.55	0.22	2.57	0.89	0.20
Zn disuelto	mg/L	2.10	0.05	2.27	0.63	5.60	6.18	1.00

Sp03: Descarga del Sistema de Bio-remediación

Sp05: Canal de mezcla de la descarga del Sistema de Bio-remediación y canal de coronación del depósito de relaves

## DISCUSIÓN

De los Resultados que se muestran en las Tabla N° 1, se tiene que:

La calidad de las aguas superficiales monitoreados durante el periodo 2005 - 2007, presentaron variaciones de calidad física, físico-química y en contenidos de metales pesados entre las estaciones de monitoreo y el tiempo de monitoreo. Así, en el punto Sp01 (100 m. aguas abajo del punto de descarga en el Río Santa) el contenido de cianuro total se encontró entre 2,3 y 4,6 veces el valor promisorio asumido como referencia, el plomo disuelto se mantuvo entre 2,3 y 5,5 veces. En el punto Sp02 (100 m. aguas arriba del punto de descarga en el mismo río), el cianuro total se encontró entre el límite promisorio y 4,6 veces dicho límite, el plomo disuelto entre 2,13 y

4,9 veces el límite. En la estación de monitoreo Sp04 (Canal de captación de agua para la planta), el cianuro total se encontró entre 2,6 y 5 veces el límite y el plomo disuelto entre 1,7 y hasta 17 veces el límite. Eventualmente el arsénico llegó a superar los límites en algunas estaciones de monitoreo. Los demás elementos y/o variables se mantuvieron por debajo de los límites establecidos.

De forma similar, según la Tabla N° 2, las aguas de vertimiento presentaron variaciones espaciales y temporales entre estaciones de monitoreo y el período de monitoreo. En la descarga del sistema de tratamiento (Sp03), los sólidos suspendidos totales se encontraron entre 2,8 y 11,4 veces el límite, el hierro disuelto entre 1,8 y 3,5 veces el límite, el plomo disuelto entre 1,6 y 12,9 veces y el zinc disuelto entre 2,3 y 5,6 veces los límites correspondientes. Eventualmente se observaron excesos en los límites

permisibles en los metales de arsénico disuelto y cobre disuelto. Los demás elementos y/o variables monitoreados se encontraron por debajo de los límites.

En tanto en el punto de monitoreo Sp05 (Mezcla de descarga del Sistema de Bio-remediación y canal de coronación del depósito de relaves), las aguas de descarga se encontraron valores de concentración por debajo de los límites de vertimiento en las variables y/o elementos de control, con excepción del plomo disuelto que superó dichos límites entre 1,1 y 4,4 veces; aunque eventualmente los sólidos suspendidos totales y el zinc disuelto también alcanzaron superar los límites de vertimiento correspondientes. Todos los demás elementos y/o variables monitoreados se mantuvieron por debajo de los límites.

En consecuencia, y de acuerdo a la calidad de las aguas de vertimiento, es importante señalar que la eficiencia del sistema de humedales para los sólidos suspendidos y los metales disueltos de hierro, plomo y zinc, resultó ineficiente para el periodo de monitoreo.

## CONCLUSIONES

Las aguas del entorno de la Planta Concentradora de Minerales "Mesapata" presentaron, en el periodo de monitoreo, variaciones de calidad físico-químicas, químicas y en contenidos de metales pesados tanto a nivel de estaciones de monitoreo como el tiempo de monitoreo.

En el cuerpo receptor del efluente de la Planta Concentradora de Minerales "Mesapata", que viene a ser el Río Santa, la concentración del cianuro total se encontró por encima del límite establecido en la Ley General de Aguas - Clase III, tanto aguas abajo como aguas arriba con relación al punto de descarga; es decir, entre 2,3 y 4,6 veces el límite promisorio, aguas abajo, y hasta 4,6 veces el mismo límite, aguas arriba. Este resultado indica que el Río Santa ya viene siendo contaminado por otras fuentes aguas arriba.

Con respecto al agua de captación para la planta, la concentración del cianuro total se mantuvo entre 2,6 y 5 veces el límite promisorio y el plomo total entre 1,7 y hasta 17 veces el límite. Este hecho demuestra que tanto el cianuro total como el plomo disuelto ya están presentes en el agua de captación antes que éste entre a los procesos operativos de la planta, incrementándose luego como consecuencia de dichos procesos.

Con relación a las aguas de vertimiento, en la descarga del Sistema de Biorremediación (Sp03), los sólidos suspendidos totales, el hierro disuelto, el plomo disuelto y el zinc disuelto superaron los límites de vertimiento establecidos por el Ministerio de Energía y Minas; sin embargo, estas concentraciones

al mezclarse con las aguas del canal de coronación del depósito de relaves, se diluyeron hasta alcanzar valores de vertimiento por debajo de los límites, con excepción del plomo que aún superó entre 1,1 y 4,4 veces el límite. Eventualmente los contenidos de sólidos suspendidos totales y el zinc disuelto llegaron a superar los límites de vertimiento correspondientes.

La capacidad de tratamiento del sistema de humedales construido para tratar el drenaje del depósito de relaves fue baja para los sólidos suspendidos y los metales disueltos de hierro, plomo y zinc. Esta deficiencia se debió a que el volumen de agua que se trataba era alto y los canales de decantación no respondieron para retener las partículas finas, por lo que éstas pasaban a las pozas de decantación, sedimentándose allí en forma de lodos, imposibilitando la limpieza y el mantenimiento del sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 JOHNSON, D.B., HALLBERG, K.B. (2005). "Acid Drainage Remediation Options: a Review" Science of the total Environment.
- 2 KLEINMANN, R.P.L. (1989). **Acid Mine drainage in the United States. Controlling the Impact on Streams and Rivers**", en 4<sup>th</sup> World Congress on the Conservation of the Conservation of the Build and Natural Environments, Toronto, pp- 1-10.
- 3 Ministerio de Energía y Minas (1995). **Guía Ambiental de Manejo de Agua en Operaciones Minero-metalúrgicas.**
- 4 Ritcey, G.M. (1989). **Tailings Management (Manejo de Relaves).** Elsevier Scientific Publishing Company. Nueva York.
- 5 Ministerio de Energía y Minas (1993). **Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas.**
- 6 Ley General de Aguas (1969). Perú.
- 7 Ministerio de Energía y Minas (1996). **Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las Actividades Minero-metalúrgicas.** R.M.Nº 011-96-EM/VMM. Perú.
- 8 Ministerio de Energía y Minas (1998).
- 9 Ministerio de Energía y Minas (1993). **Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero Metalúrgica.** D.S. Nº 016-1993-EM. Perú.
- 10 Ministerio de Energía y Minas (1993). **Protocolo de Monitoreo de Calidad del Agua.**

### Correspondencia:

Ingº Jerónimo V. Manrique  
Av. Centenario Nº 200 - Huaraz  
UNASAM – FCAM  
jevicman@hotmail.com