

## DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DE METALES PESADOS EN LA CUENCA ALTA Y MEDIA DE LOS RÍOS CHANCAY Y LAMBAYEQUE- CAJAMARCA IMPLICANCIAS AMBIENTALES

Luis Enrique Vargas Rodríguez & Jorge Chira Fernández

INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú  
lvargasr@ingemmet.gob.pe  
jchira@ingemmet.gob.pe

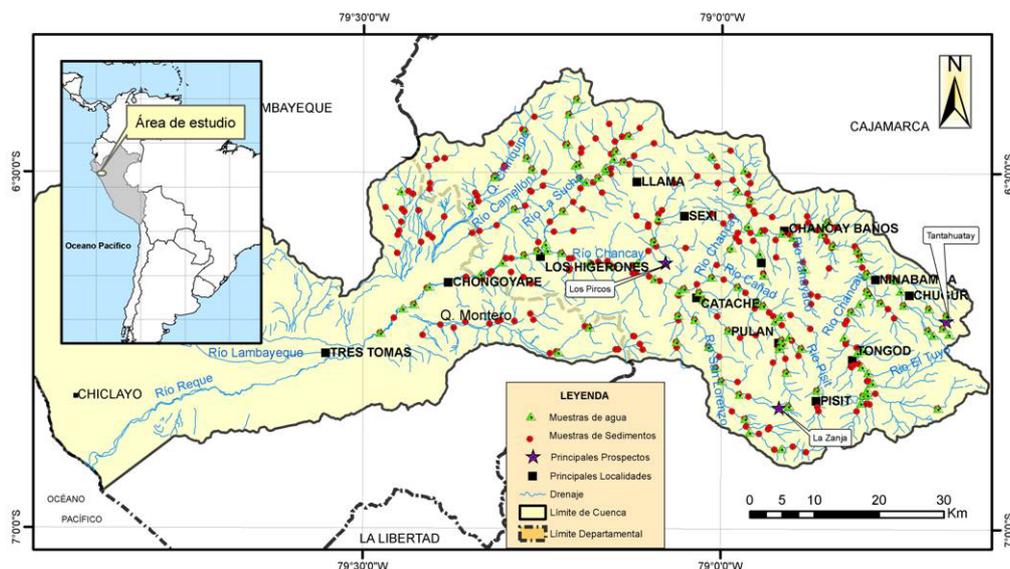
### INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es caracterizar el comportamiento geoquímico de los principales metales pesados para la determinación de su impacto en el medio ambiente así como su eventual relación con las principales ocurrencias minerales. Para tal fin, se efectuó un muestreo de aguas de escorrentía (120 muestras) (INGEMMET, 2005) y de sedimentos activos de corriente (283 muestras), durante los meses de mayo y julio de 2005. Se tomaron lecturas de los parámetros físico-químicos del agua en cada estación de muestreo (Banks D. et al, 2004) así como la descripción de los diversos materiales presentes en el lecho de la corriente, además de la caracterización de las unidades geológicas aflorantes.

La zona estudiada se ubica en los departamentos de Lambayeque y Cajamarca, entre los 6° 20' y 6° 55' de Latitud Sur y 78° 38' y 80° 03' de longitud Oeste, con un área aproximada de 5482 km<sup>2</sup> y una longitud de 170 km. Esta cuenca representa una oferta hídrica anual de 1 304 070 m<sup>3</sup> y 115000 ha cultivadas. (ver mapa 1).

### CONTEXTO GEOLÓGICO

En la cuenca afloran rocas del Triásico superior y Jurásicas representadas por la formación La Leche, los volcánicos Oyotún y la Formación Tinajones. Están presentes también rocas cretácicas pertenecientes al Grupo Goyllarisquizga, las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo, Pullucana, Cajamarca, Celendín, Chota y el Grupo Quillquiñán. El Cenozoico está representado por el Grupo Calipuy. Son importantes los depósitos cuaternarios recientes. Las rocas intrusivas pertenecen al Batolito de la Costa del Cretáceo Superior y a pequeños stocks ácidos de la franja intrusiva de la Cordillera Occidental (Wilson J, 1984).



Mapa 1. Ubicación de muestras

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTOS

Teniendo en cuenta que el agua en esta región es usada principalmente en la agricultura, ganadería y el consumo humano, el criterio para evaluar la calidad del agua ha considerado los límites fijados por la Ley General de Aguas para estos usos específicos (Tipos I, II y III) (Ministerio de Energía y Minas, 1969). Dichos límites se aprecian en la Tabla 1. En lo que respecta a los sedimentos, se ha utilizado como referencia la Tabla Holandesa, la cual se muestra en la Tabla 2 (Pérez L. et al, 2000).

**Tabla 1.** Límites de calidad de aguas\*

PARÁMETRO	Tipo de uso del agua		
	I	II	III
pH	5-9	5-9	5-9
Sulfatos	-	-	400.00
Cu	1.00	1.00	0.50
Pb	0.05	0.05	0.10
Zn	5.00	5.00	25.00
Cd	0.01	0.01	0.05
Mn	0.10	0.10	0.50
Fe	0.30	0.30	1.00
As	0.10	0.10	0.20
Hg	0.002	0.002	0.001

**Tabla 2.** Límites máximos permisibles en sedimentos

ELEMENTO	LMP (ppm)	FUENTE
Cu	500	Tabla Holandesa
Pb	600	Tabla Holandesa
Zn	3000	Tabla Holandesa
Cd	20	Tabla Holandesa
As	50	Tabla Holandesa
Hg	10	Tabla Holandesa
Mn	3000	Límite referencial
Fe	10%	Límite referencial

(\*) Ley general de aguas D.L 17752-Metales Totales

## RESULTADOS DE LA CALIDAD DE AGUA

La interpretación se enfoca en los parámetros que están regulados por la Ley General de Aguas: As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni y Zn. Además de los sulfatos, pH y Fe. A continuación se caracterizan las aguas en cuanto a su calidad de acuerdo a los dos sectores en que se ha dividido la cuenca.

### CUENCA ALTA

La calidad del agua del Río Chancay ha sido caracterizada desde las cabeceras de la cuenca hasta su confluencia con el río Cirato. Las muestras que han resultado con valores por encima de los permisibles caracterizan un sector donde se dan las condiciones de un drenaje ácido de roca (DAR), estando focalizado en el sector que corresponde al prospecto minero Tantauatay. En la Tabla 3 se aprecia un resumen de las muestras que exceden los límites de calidad de agua de la cuenca alta. En ninguna estación de muestreo se ha detectado la presencia de cromo ni de mercurio, por lo que sólo se indica que se encuentran por debajo del límite de detección.

**Tabla 3.** Resumen de calidad del agua superficial de la cuenca alta de los ríos Chancay y Lambayeque

	pH	Sulfat mg/l	As mg/l	Cd mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Hg mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l
Lím. calidad agua*	5-9	400	0.1	0.01	0.05	0.5	0.3	0.002	0.002	0.05	5
Lím. de detec.		1	0.004	0.001	0.001	0.001	0.01	0.001	0.001	0.002	0.001
14e-008	<b>9.55</b>	8	<0.004	<0.001	<0.001	0.002	0.06	<0.001	<0.001	<0.002	0.018
14f-003	5.50	78	<0.004	0.005	<0.001	<b>1.058</b>	0.1	<0.001	<b>0.004</b>	0.011	0.771
14f-006	<b>9.34</b>	5	<0.004	<0.001	<0.001	0.001	0.01	<0.001	<0.001	<0.002	<0.001
14f-016	<b>3.20</b>	-	<0.004	<0.001	<0.001	<b>2.252</b>	<b>6.05</b>	<0.001	<0.001	0.02	0.148
14f-025	<b>3.95</b>	39	<0.004	<0.001	<0.001	0.008	<b>1.62</b>	<0.001	<b>0.003</b>	<0.002	0.035
14f-039	<b>4.66</b>	36	<0.004	<0.001	<0.001	0.006	<b>0.87</b>	<0.001	0.002	<0.002	0.027
14f-044	<b>4.35</b>	80	<0.004	0.001	<0.001	<b>2.544</b>	<b>4.51</b>	<0.001	0.005	0.022	0.191

\* Ley General de Aguas D.L.17752, concentraciones totales. Agua Clase I, II, III, teniendo en cuenta el menor de ellos. Los valores que exceden el límite máximo permisible están en negrita.

### CUENCA MEDIA

Este sector ha sido considerado desde la confluencia del río Chancay con el río Cirato hasta el repartidor La Puntilla, involucrando además los afluentes del río Chancay (ríos Maichu, Camellón y quebrada Montería. Los resultados del análisis de calidad del agua se presentan en la Tabla 4.

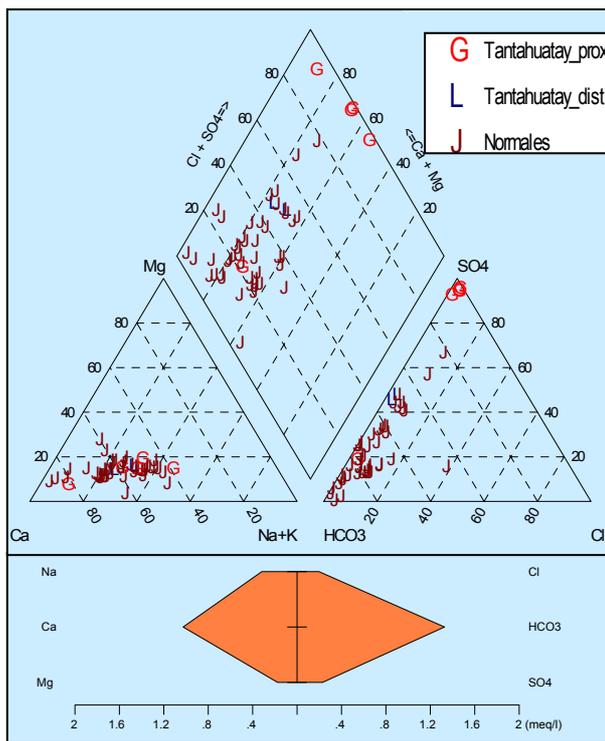
**Tabla 4.** Resumen de calidad del agua superficial de la cuenca media de los ríos Chancay y Lambayeque

	pH	Sulfatos mg/l	As mg/l	Cd mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Hg mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l
Lím. calidad de agua*	5-9	400	0,1	0,01	0,05	0,5	0,3	0,002	0,002	0,05	5
Lím. de det.		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
13e-003	7,97	-	0,031	<0.001	<b>0,138</b>	0,108	0,12	<0.001	<b>0,138</b>	<b>0,404</b>	0,084
14e-069	8,04	<b>517</b>	<0.004	<0.001	<0.001	0,002	0,06	<0.001	<0.001	<0.002	0,023
14e-200	8,55	16	<0.004	<0.001	<0.001	0,003	<b>0,87</b>	<0.001	<0.001	<0.002	0,009

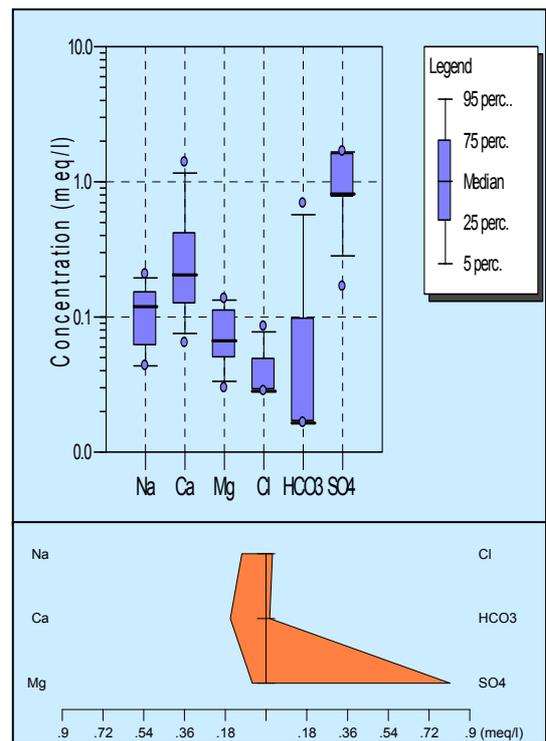
\* Ley General de Aguas D.L.17752, concentraciones totales. Agua Clase I, II, III, teniendo en cuenta el menor de ellos. Los valores que exceden el límite máximo permisible están en negrita.

### CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA

La caracterización química de las aguas permitió establecer que la composición promedio de éstas presenta un carácter bicarbonatado cálcico (Fig. 1), mientras que en el sector donde se encuentra el prospecto minero Tantahuatay las aguas son del tipo sulfatado cálcico (Fig.2).



**Fig. 1.** Caracterización química de las aguas de la cuenca de los ríos Chancay y Lambayeque-Cajamarca.



**Fig. 2.** Composición química de las aguas en el sector Tantahuatay.

### RESULTADOS DE LOS NIVELES ANÓMALOS EN SEDIMENTOS DE ESCORRENTÍA

Se han definido lugares con niveles de As y Cu que superan los Límites Máximos Permisibles según la Tabla Holandesa, tal como se aprecia en la tabla 5. En la cuenca alta, los niveles de As y Cu superan los LMP. Hay tres valores de Cu que superan el LMP (500 ppm). En la cuenca media, la muestra 14e-147 sobrepasa el límite aceptable de As (50 ppm), ésta se ubica en la quebrada Punta de Oro, afluente del río Chancay por la margen izquierda, siendo ésta una contaminación natural.

**Tabla 5.** Resumen de muestras de sedimento que superan el LMP

	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Fe* %	Hg ppm	Mn* ppm	Pb ppm	Zn ppm
LMP **	50	20	500	10	10	3000	600	3000
14f-167	<b>65</b>	0.98	38.9	4.35	0.86	1426	55.1	170
14f-163	<b>82</b>	1.23	46.6	4.64	2.72	1307	679	162
14f-162	<b>102</b>	0.14	13	1.61	0.26	879	12.6	40
14f-158	<b>53</b>	1.49	42.6	3.74	2.54	2133	51.1	186
14f-157	<b>136</b>	0.99	49.7	3.7	3.74	882	90.3	158
14f-143	<b>187</b>	0.78	133.3	4.33	0.31	1877	78.5	116
14f-138	<b>69</b>	0.63	25.3	4.67	0.16	1439	21.4	136
14f-093	<b>379</b>	0.12	<b>530.8</b>	9.8	0.3	384	86.2	41
14f-083	16	2.14	<b>640.9</b>	3.22	2.39	1046	272	439
14f-055	39	5.33	<b>1466</b>	3.24	0.54	1536	56.2	1036
14f-048	<b>228</b>	2.51	481.9	7.23	0.48	649	260.1	533
14e-007	<b>51</b>	0.14	11.4	1.39	0.06	888	15.9	33
14e-147	<b>72</b>	0.2	14.5	1.97	0.1	734	16.6	43

\* Estimado

\*\* Tabla Holandesa

## CONCLUSIONES

- En términos generales, salvo algunos casos puntuales, la calidad de las aguas de la cuenca estudiada es buena, estando apta para consumo doméstico y agropecuario.
- Un sector considerado crítico es el comprendido por el prospecto minero Tantahuatay, donde se ha determinado un drenaje ácido de roca, aunque aguas debajo de Chugur el pH de las aguas es neutralizado por la presencia de calizas. Además existen niveles de hierro, cobre y níquel que sobrepasan los de calidad de aguas, normados por la Ley General de Aguas.
- Se han reconocido tres muestras de agua donde los límites de calidad de aguas son superados en Cr-Ni-Pb, sulfatos y Fe, en las localidades de Popa, San Juan de Licupis y Cuculí Viejo respectivamente, estando relacionados a la actividad antrópica.
- En cuanto a los sedimentos de escorrentía, existen dos sectores cuyas muestras, exceden los LMP en As, correspondiendo a los prospectos mineros Tantahuatay y La Zanja, con el añadido que en el primero de los mencionados, tres muestras exceden los LMP de Cu. Otras dos muestras exceden los LMP en As, sin estar ligadas aparentemente a alguna ocurrencia mineral.
- Se recomienda efectuar un estudio de especiación química en aquellas zonas donde los niveles de calidad de aguas hayan sido superados, con el fin de establecer los niveles de biodisponibilidad de cada uno de estos y por ende, cuan dañinos pueden ser para la vida animal y/o vegetal.
- Es necesario establecer un plan de manejo ambiental en el sector de Tantahuatay, específicamente en la subcuenca que drena hacia Chugur donde se tiene la presencia de pasivos ambientales.

## REFERENCIAS

- Banks D., Markland H., Smith P., Mendez C., Rodríguez J., Huerta A., Seather O. (2004): "Distribution, salinity and pH dependence of elements in surface waters of the catchment areas of the Salars of Coipasa and Uyuni, Bolivian Altiplano". Journal of Geochemical Exploration 84. pág 141-166.
- INGEMMET (2005): "Procedimiento de Muestreo Geoquímico en Aguas Superficiales". Publicación interna.
- Ministerio de Energía y Minas. Ley General de Aguas D.L.17752 (1969).
- Pérez L., Moreno A. & González J. (2000): "Valoración de la calidad de un suelo en función del contenido y disponibilidad de metales pesados". Edafología Volumen 7-3. Universidad Complutense de Madrid. pág 113-120.
- Wilson J. (1984): Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. INGEMMET. Boletín N° 38, Serie A. pág 23-67.