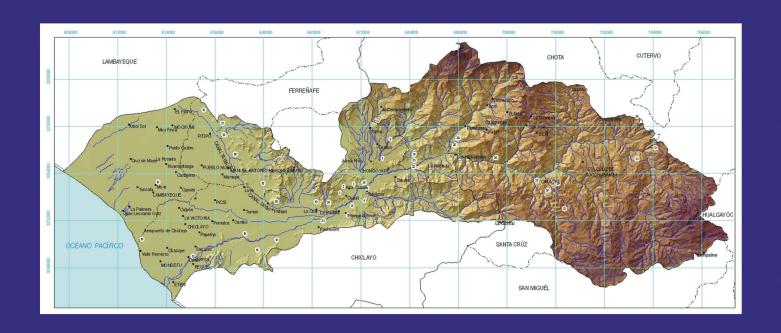
# Geoquímica Ambiental de la Cuenca del Río Chancay-Lambayeque

## Boletín N° 15 Serie B Geología Económica



Jorge Chira Fernández Raymond Rivera Cornejo Jorge Acosta Ale Por:

Keller Guerra Seminario Luis Vargas Rodríguez Michael Valencia Muñoz

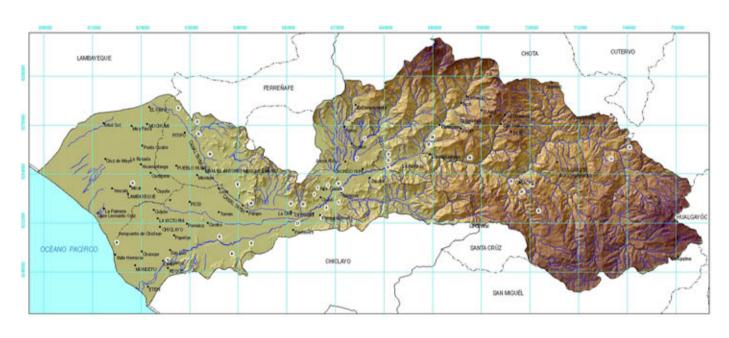


Dirección de Geología Económica y Prospección Minera Institución Geocientífica al Servicio del País

Lima-Perú 2006

## Geoquímica Ambiental de la Cuenca del Río Chancay-Lambayeque

## Boletín N° 15 Serie B Geología Económica



Por:

Jorge Chira Fernández Raymond Rivera Cornejo Jorge Acosta Ale Keller Guerra Seminario Luis Vargas Rodríguez Michael Valencia Muñoz



Institución Geocientífica al Servicio del País

Lima-Perú 2006

#### GEOLOGÍA ECONÓMICA N° 15, Serie B, 2006.

Hecho el Depósito Legal N° 2006-5289 Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú Primera Edición, INGEMMET 2006 Se terminó de imprimir el 10 de julio del año 2006 en los talleres de INGEMMET.

#### © INGEMMET

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Ing. Víctor Lay Biancardi Director Ejecutivo: Dr. José Macharé Ordóñez Director Geocientífico: Dr. Víctor Carlotto Caillaux.

Comité Editor: José Macharé O., Víctor Carlotto C., Hernando Núñez del Prado, Humberto Chirif R., Francisco Herrera R.

Unidad encargada de edición: Oficina de Relaciones Institucionales y Cooperación.

Correción Geocientífica: Humberto Chirif, Jorge Merino, José Macharé, Víctor Carlotto.
Digitalización y SIG: Keller Guerra
Corrección gramatical y de estilo: Jorge Reyes V.
Diagramación: Zoila Solis.

#### Referencia bibliográfica

Chira, J.; Guerra, K.; Rivera R.; Vargas, L.; Acosta, J.; Valencia, M. 2006. Geoquímica Ambiental de la Cuenca del Río Chancay-Lambayeque. INGEMMET, Serie B. Geología Ecómica, N° 15, 125p., 5 mapas escala 1:400 000

Portada: Área geográfica cubierta por el estudio

### Contenido

RESUMEN	
CAPÍTULO IINTRODUCCIÓN	
GEOLOGÍA REGIONAL	
CAPÍTULO IIIASPECTOS METALOGENÉTICOS	<b>15</b> 15
CAPÍTULO IVPROSPECCIÓN GEOQUÍMICA REGIONAL	<b>19</b>
CAPÍTULO V CALIDAD DEL GEOQUÍMICA DEL AGUA SUPERFICIAL	3 <b>7</b>
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	57

#### RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

#### Mapa escala 1:400 000 Mapa N° 4.1 Mapa de ubicación de muestras de sedimentos. Mapa N° 4.2 Mapa de anomalías geoquímicas. Mapa N° 5.1 Mapa de ubicación de muestras de agua Mapa N° 5.2 Mapa de calidad de agua Mapa N° 5.3 Mapa de calidad de sedimentos de quebrada **Figuras** Figura N° 1.1 Ubicación del área de estudio. Figura N° 2.1 Unidades litológicas. Figura N° 3.1 Mapa metalogenético. Figura N° 4.1 Distribución del As. Figura N° 4.2 Distribución del W. Figura N° 4.3 Distribución del Sb. Figura N° 4.4 Distribución del Mo. Figura N° 4.5 Distribución del Cr. Figura N° 4.6 Distribución del Au. Figura N° 4.7 Distribución del Ag. Distribución del V. Figura N° 4.8 Figura N° 4.9 Distribución del Pb. Figura N° 4.10 Distribución del Hg. Figura N° 4.11 Distribución del Cu. Figura N° 4.12 Distribución del Zn. Figura N° 4.13 Distribución del U. Figura N° 4.14 Distribución del Ni. Figura N° 4.15 Distribución del Co. Figura N° 4.16 Distribución del Cd. Figura N° 4.17 Correlación tobas ácidas del Neógeno. Figura N° 4.18 Correlación andesitas y dacitas del Paleógeno. Figura N° 4.19 Correlación calizas del Cretáceo inferior. Figura N° 4.20 Correlación areniscas y cuarcitas de Jurásico-Cretáceo inferior. Figura N° 4.21 Distribución - pH

Figura N° 4.22

Figura N° 4.23

Distribución - CE

Distribución - TDS

- Figura N° 5.1 Cr en aguas cuenca alta
- Figura N° 5.2 Hg en aguas cuenca alta
- Figura N° 5.3 pH en aguas cuenca alta
- Figura N° 5.4 Sulfatos en aguas cuenca alta
- Figura N° 5.5 As en aguas cuenca alta
- Figura N° 5.6 Cd en aguas cuenca alta.
- Figura N° 5.7 Pb en aguas cuenca alta.
- Figura N° 5.8 Zn en aguas cuenca alta.
- Figura N° 5.9 Cu en aguas cuenca alta.
- Figura N° 5.10 Fe en aguas cuenca alta.
- Figura N° 5.11 Ni en aguas cuenca alta.
- Figura N° 5.12 Cd en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.13 Hg en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.14 Sulfatos en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.15 pH en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.16 As en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.17 Cr en aguas cuenca media.
- Figura N° 5. 18 Ni en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.19 Pb en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.20 Cu en aguas cuenca media.
- Figura N° 5 .21 Zn en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.22 Fe en aguas cuenca media.
- Figura N° 5.23 pH en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.24 Sulfatos en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.25 Hg en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.26 Cd en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.27 Cr en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.28 Pb en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.29 Zn en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.30 As en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.31 Cu en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.32 Fe en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.33 Ni en aguas cuenca baja.
- Figura N° 5.34 Cd en sedimentos cuenca alta.
- Figura N° 5.35 Pb en sedimentos cuenca alta.
- Figura N° 5.36 Zn en sedimentos cuenca alta.
- Figura N° 5.37 Hg en sedimentos cuenca alta.
- Figura N° 5.38 Fe en sedimentos cuenca alta.

Figura N° 5.39	Mn en sedimentos - cuenca alta.
Figura N° 5.40	As en sedimentos - cuenca alta.
Figura N° 5.41	Cu en sedimentos - cuenca alta.
Figura N° 5.42	Cd en sedimentos - cuenca alta.
Figura N° 5.43	Cu en sedimentos - cuenca media.
Figura N° 5.44	Pb en sedimentos - cuenca media.
Figura N° 5.45	Hg en sedimentos - cuenca media.
Figura N° 5.46	Zn en sedimentos - cuenca media.
Figura N° 5.47	Fe en sedimentos - cuenca media.
Figura N° 5.48	Mn en sedimentos - cuenca media.
Figura N° 5.49	As en sedimentos - cuenca media.
<u>Tablas</u>	
Tablas N° 4.1	Muestras duplicadas de sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque (elemento Cu).
Tablas N° 4.2	Muestras duplicadas de sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque (elemento Pb).
Tablas N° 4.3	Muestras duplicadas de sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque (elemento Zn).
Tablas N° 4.4	Contenido de Cu en muestras «estándares» para sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque.
Tablas N° 4.5	Contenido de Pb en muestras «estándares» para sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque.
Tablas N° 4.6	Contenido de Zn en muestras «estándar» para sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque.
Tablas N° 4.7	Contenido de metales traza en muestras «blanco» para sedimentos de quebrada en la cuenca del río Chancay- Lambayeque.
Tabla N° 4.8	Límites de detección. Método análitico para muestras de sedimento: digestión agua regia + ICP-MS.
Tabla N° 4.9	Tabla de Poblaciones estadísticas.
Tabla N° 4.10	Parámetros estadísticos - geoquímicos (cobre).
Tabla N° 4.11	Parámetros estadísticos - geoquímicos (plomo).
Tabla N° 4.12	Parámetros estadísticos - geoquímicos (zinc).
Tabla N° 4.13	Parámetros estadísticos - geoquímicos (molibdeno).
Tabla N° 4.14	Parámetros estadísticos - geoquímicos (antimonio).
Tabla N° 4.15	Parámetros estadísticos - geoquímicos (oro).
Tabla N° 4.16	Parámetros estadísticos - geoquímicos (mercurio).
Tabla N° 4.17	Parámetros estadísticos - geoquímicos (arsénico).
Tabla N° 4.18	Parámetros estadísticos - geoquímicos (plata).
Tabla N° 4.19	Parámetros estadísticos - geoquímicos (uranio).
Tabla N° 4.20	Parámetros estadísticos - geoquímicos (cromo).
Tabla N° 4.21	Parámetros estadísticos - geoquímicos (níquel).
Tabla N° 4.22	Parámetros estadísticos - geoquímicos (cobalto).
Tabla N° 4.23	Parámetros estadísticos - geoquímicos (wolframio).
Tabla N° 4.24	Parámetros estadísticos - geoquímicos (vanadio).

Tabla N° 4.25	Parámetros estadísticos - geoquímicos (vanadio).
Tabla N° 4.26	Componentes principales de cada población estadística.
Tabla N° 4.27	Anomalías geoquímicas de la cuenca Chancay-Lambayeque.
Tabla N° 5.1	Resumen de calidad de agua superficial de la cuenca alta del río Chancay-Lambayeque.
Tabla N° 5.2	Resumen de calidad de agua superficial de la cuenca media del río Chancay-Lambayeque.
Tabla N° 5.3	Resumen de calidad de agua superficial de la cuenca baja del río Chancay-Lambayeque.
Tabla N° 5.4	Análisis de metales en sedimentos - cuenca alta del río Chancay-Lambayeque.
Tabla N° 5.5	Análisis de metales en sedimentos - cuenca media del río Chancay-Lambayeque.
Tabla N° 5.6	Límites de detección para la determinación de metales en aguas por ICP.
Tabla N° 5.7	Límites de calidad de aguas.
Tabla N° 5.8	Límites máximos permisibles en sedimentos.
Tabla N° 5.9	Muestras de agua que exceden los límites de calidad de agua - cuenta alta.
Tabla N° 5.10	Resumen de calidad del agua superficial de la cuenca media del río Chancay -Lambayeque.
Tabla N° 5.11	Muestras de agua que exceden los límites de calidad de agua - cuenca baja
Tabla N° 5.12	Muestras de sedimento que superan el límite máximo permisible (LMP).

#### RESUMEN

El INGEMMET ha iniciado la preparación de estudios geoambientales de las cuencas hidrográficas del país, sobre todo de aquellas que comprenden recursos minerales, minas en operación o proyectos mineros cuya ejecución puede tener implicancias en el entono ambiental. Ha iniciado esta clase de estudios por la cuenca del río Chancay-Lambayeque en el norte del Perú, en la cual se encuentran en fase de exploración los proyectos de La Zanja, Tantahuatay, Los Pircos, y probablemente otros, para lo cual es necesario dotar a la comunidad de estudios geoambientales que muestren con precisión los niveles actuales de metales en las aguas a efecto de monitorear la posible repercusión de las actividades en la cuenca que podrían afectar la calidad química de las aquas.

El presente boletín muestra los resultados de la prospección geoquímica tanto de sedimentos de quebrada como de aguas efectuados en la cuenca, la cual comprende un área de 5482 km², efectuándose muestreos con una densidad de una muestra cada 10 km² para las partes altas de la cuenca, habiéndose tomado 283 muestras de sedimentos activos de corriente y 157 muestras de agua, poniendo énfasis en las áreas cercanas a los proyectos mineros y definiendo de esta forma no sólo la concentración de los metales en las aguas sino también la existencia de otras anomalías geoquímicas en la cuenca que podrán ser objeto de exploración en el futuro.

Este estudio también ha comprendido la caracterización de las muestras así como de los lugares de recolección, información bastante útil para el procesamiento e interpretación de los datos obtenidos.

Las muestras de sedimentos han sido analizadas por ICP-MS con digestión de agua regia para 52 elementos y por ensayo al fuego-AAS para la determinación de oro. Las muestras de agua fueron

analizadas por metales totales disueltos mediante ICP para 28 elementos, por mercurio mediante Vapor frío AAS, y por cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos.

Para el procesamiento estadístico de los datos geoquímicos, se ha considerado 16 elementos, y se ha visto por conveniente agruparlas en seis poblaciones, en función a la litología del lugar de muestreo así como la edad de la unidad proveedora de dicho material clástico. La mayor cantidad de muestras (74%) corresponden a las asignadas a los volcánicos Calipuy.

En el procesamiento se ha aplicado una estadística univarial, bivarial y multivarial, que ha permitido determinar 35 áreas con anomalías geoquímicas de los elementos escogidos, en las que están incluidas aquellas relacionadas a ocurrencias mineras conocidas como son Tantahuatay, La Zanja y Los Pircos.

Se han identificado 11 anomalías de oro, una de las cuales tiene 133 ppb de abundancia en la quebrada Portachuelo, constituyéndose en una anomalía de primer orden. Destacan asimismo las anomalías de metales base como el Zn (hasta 1035 ppm, quebrada Perla), Pb (hasta 260 ppm, río Colorado), Cu (hasta 1466 ppm, quebrada Perla). Aproximadamente el 50% de las anomalías determinadas, están relacionadas directamente a los volcánicos Calipuy, mientras que el 50% restante están ligadas a los intrusivos neógenos.

Esta información es complementaria al estudio de peligros geológicos de la cuenca y en conjunto permitirán conocer no sólo la concentración de metales en las aguas y sedimentos actuales sino también bosquejar las posibilidades futuras de desarrollo minero de la cuenca a efectos de que la autoridad regional planifique adecuadamente su política de prevención bajo los criterios de desarrollo sostenible de la cuenca.

## PÁGINA EN BLANCO

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El presente estudio se ha desarrollado con el propósito de contribuir al estudio geoambiental de la cuenca Chancay-Lambayeque con la información sobre geoquímica de las aguas y de los sedimentos a efectos de ofrecer a los lectores una visión del estado actual de la cuenca desde el punto de vista geoambiental de manera que sirva de orientación a las autoridades regionales en la planificación del desarrollo de la cuenca.

Los primeros cinco capítulos tratan de la geoquímica de sedimentos de quebrada, llevada a cabo mediante la recolección de 283 muestras de sedimentos, analizados luego geoquímicamente para determinar la concentración de metales y la posible existencia de áreas anómalas que pudieran significar nuevos prospectos mineros en el futuro cuando se lleve a cabo un exhaustivo programa de exploración en la zona. El Capítulo sexto corresponde a la geoquímica de las aguas, habiéndose tomado 153 muestras a lo largo de las quebradas y afluentes de los ríos que conforman la cuenca, estas muestras han sido analizadas por metales y sales disueltas para determinar su concentración actual, poniendo énfasis en las áreas cernadas a los prospectos mineros ya conocidos.

El informe viene acompañado de gráficos y mapas en los que se describe tanto para aguas como para sedimentos la ubicación de los lugares de muestreo, los resultados del análisis de las muestras y la caracterización geoquímica respectiva a efectos ofrecer al lector una imagen visual completa de la geoquímica de la cuenca.

Para velar por la calidad de los datos se han usado los controles necesarios mediante muestras estándar, duplicados y blancos, ubicadas adecuadamente y el procesamiento de los datos ha sido llevado a cabo mediante técnicas computacionales y estadísticas teniendo en cuenta las unidades geológicas a las que fueron asignadas las muestras. Los resultados se muestran en este informe.

Se deja clara constancia que esta geoquímica deberá ser complementada con los análisis bacteriológicos que deberán realizarse a bajo estándares de DIGESA, a efectos de contar con una información completa para planificar la protección de la cuenca a la luz de las actividades mineras e industriales que tendrán lugar en la región.

#### **UBICACIÓN**

La zona de estudio se encuentra ubicada en los departamentos de Lambayeque y Cajamarca; geográficamente, está comprendida entre 6° 20' a 6° 56' de latitud sur y 78° 38' a 80° 00' de longitud oeste, en la ladera occidental de la Cordillera de los Andes en el norte del Perú, desde la divisoria continental, esto es, en la vertiente de Pacífico (Figura N° 1.1).

La cuenca Chancay-Lambayeque presenta un área aproximada de 4 000 km², limita al norte con la cuenca del río La Leche, al sur con la cuenca del río Jequetepeque-Zaña, por el este con la cuenca del río Chotano y por el oeste con el océano Pacífico.

#### **CLIMA**

En la parte baja de la cuenca, de 0 a 200 msnm, el clima es árido, influenciado por la corriente de Humboldt que actúa como elemento regulador de los fenómenos meteorológicos, las temperaturas promedio varían entre 18°C y 31°C. La precipitación anual promedio es de 33,05 mm, pero se ve notablemente alterada durante la ocurrencia del fenómeno El Niño.

En la cuenca media, de 200 a 2 000 msnm, la temperatura anual promedio fluctúa entre 16°C y 20°C. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 5,9 mm y 187,4 mm.

En la parte alta de la cuenca, sobre los 2 000 msnm, el clima es templado. La temperatura alcanza una media anual mínima de 11°C y una máxima de 19°C. Se registran precipitaciones anuales que varían entre 1251 mm y 1997 mm.

A nivel de cuenca, los vientos del sur y sureste son predominantes y de moderada intensidad, motivando que la humedad relativa sea alta, alcanzando un promedio anual de  $72\,\%$ , fluctuando entre el  $58\,\%$  y  $93\,\%$ .

#### **FISIOGRAFÍA**

Se distinguen seis unidades fisiográficas principales que por su disposición y características muestran un carácter diferencial sobre los suelos que contienen.

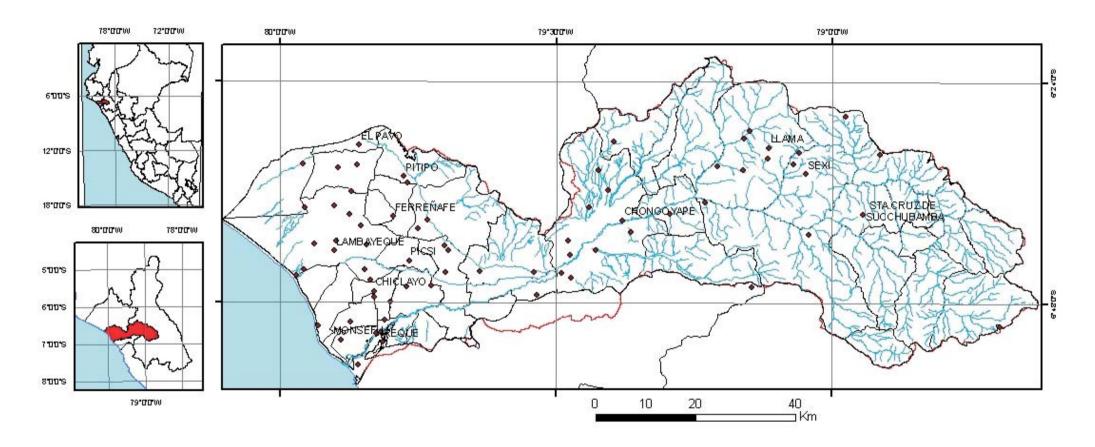


Figura N° 1.1

- a) Valle Encañonado: Abarca cerca de 53 000 ha; se inicia desde la confluencia de los ríos Chancay con el Maichil en las faldas del cerro Baicón (400 msnm), dirigiéndose hacia el suroeste hasta las faldas de los cerros Puntilla, Desaguadero y Campana (150 msnm).
  - En este sector se encuentra el reservorio Tinajones, el río desciende suavemente formando un estrecho valle, limitado por cerros altos, pedregosos y desnudos. El valle está formado por tres niveles de terrazas bajas discontinuas, parcialmente erosionadas en algunos sectores y cortadas en otros por cambios en el curso del río y que forman ligeros meandros. Las terrazas tienen una pendiente entre 0 % a 5%; la agricultura es intensiva y variada, la caña de azúcar y el arroz, son los cultivos mayoritarios. Las playas formadas por el río son estrechas y están constituidas por depósitos de arena, limo y cantos rodados, sustenta una vegetación ribereña escasa y mayormente herbácea.
- b) Llanura Aluvial: Comprende 147 000 ha, se inicia en el río Chancay en la falda de los cerros La Puntilla. Está formada por depósitos de materiales transportados por el canal Lambayeque y el río Reque en la parte sur y los ríos La Leche, Mórrope, Motupe y sus afluentes por el norte. En este espacio se encuentran diseminadas y aisladas pequeñas lomas y colinas; la parte más ancha tiene 45 km de longitud; los terrenos son planos y con escasa gradiente.
  - En esta unidad fisiográfica se encuentran terrazas bajas y amplias, con una pendiente de 2% a 5%; terrazas medias y altas hacia el este; en la zona de Pucalá, el cauce del río ocupa un área pequeña, terrazas pantanosas en una área reducida y el río que desemboca al mar, formando en su bocana una zona inundada (Eten).
- c) Abanicos Aluviales locales: Es una franja discontinua de más de 16 200 ha, se encuentra limitando la Llanura Aluvial

- hacia el este. Estos abanicos formados por numerosas quebradas no tienen importancia, pues sólo la playa Querque (300 ha) sostiene una pequeña agricultura de tipo temporal.
- d) Médanos: Comprenden más de 21 000 ha, se ubican en las partes irrigadas de las pampas de Mórrope, La Mariposa Vieja y los Perros. Estos médanos son característicos de la llanura costeña y están constituidos por arena cuaternaria. Estos terrenos no tienen vegetación.
- e) Formaciones Eólicas: Ocupan más de 9 500 ha, se encuentran en forma dispersa en diversos sectores del valle.
   En el sector Lambayeque están agrupados formando una cadena.
- f) Terrenos Litorales: Es una estrecha faja de 3 300 ha, cerca al mar y está constituida por depósitos marinos.

#### HIDROGRAFÍA

El río Chancay-Lambayeque pertenece a la vertiente del Pacífico, presenta un régimen irregular, su longitud es de 170 km y en su recorrido recibe aportes eventuales principalmente de los ríos Cañad, San Lorenzo, Cirato y Cumbil.

La naciente del río Chancay-Lambayeque se encuentra en la laguna de Mishacocha con el nombre de quebrada Mishacocha (cerros Coymolache y los Callejones) a una altitud aproximada de 3800 msnm, su cauce discurre de este a oeste; posteriormente adopta sucesivamente los nombres de Chicos y Llantén, conociéndose con el nombre de río Chancay-Lambayeque desde su confluencia con el río San Juan hasta el repartidor La Puntilla, a partir de este punto, el río se divide en tres cursos: canal Taymi (al norte), río Reque (al sur) y entre ambos el río Lambayeque; solamente el río Reque desemboca en el océano Pacífico al norte del puerto de Eten, mientras que los otros dos ramales el Lambayeque y el Taymi no llegan al mar, debido a que sus aguas son utilizadas para el riego, hasta su agotamiento.

## PÁGINA EN BLANCO

## **CAPÍTULO II**

#### **GEOLOGÍA REGIONAL**

#### **ESTRATIGRAFÍA**

Las unidades litoestratigráficas que se encuentran en el área de estudio, comprenden un rango que va desde el Triásico hasta el Cuaternario.

La descripción de la litología, grosor, relaciones estratigráficas y edad de cada una de estas unidades se detalla a continuación (Ver Figura N° 2.1).

#### Triásico superior- Cretáceo superior

#### Formación La Leche

Esta unidad presenta calizas grises moderadamente silicificadas, bien estratificadas, intercaladas con niveles de lutita, tobas de color violáceo y derrames dacíticos y andesíticos, usualmente puede ser confundida con la Formación Pariatambo.

La Formación La Leche tiene un grosor que varía desde un promedio de 400-500 m hasta un valor máximo mayor a 1000 m. (WILSON J., 1984).

Esta formación es bastante fosilifera y contiene una fauna diversa, Wilson J. (1984) reporta entre otros fósiles: espículas de esponja, corales dendroides indeterminables, *Isastraea?*sp., *Pentacrinus sp.*, los que probablemente pertenecen al Noriano. Los fósiles más jóvenes reportados en la zona de estudio indican el tope del Jurásico inferior, pero es probable que las calizas hayan alcanzado pisos más jóvenes del Jurásico inferior.

La base de esta secuencia no ha sido observada en el área de estudio. La Formación La Leche infrayace a los volcánicos Oyotún, intercalándose con esta unidad, esto es observable en la hacienda Cuculí Viejo, en la carretera que une Chongoyape y Chiclayo.

#### Volcánicos Oyotún

Consiste de bancos de piroclásticos y lavas andesíticas y dacíticas, las rocas más comunes son brechas andesíticas masivas de color negro azulado y dacitas porfiríticas, ya sea como lava o como roca piroclástica con fenocristales de plagioclasa y cuarzo en una matriz fina gris verdosa.

Presenta intercalaciones sedimentarias de tobas, grauwacas y areniscas feldespáticas comunes en la zona de Chongoyape, se ven escasos niveles de calizas laminadas con silicificación moderada (WILSON J., 1984).

El grosor de esta unidad en la localidad típica es de 500 m aproximadamente, en Chongoyape y Chiclayo se estima un grosor de 400 m.

Los volcánicos Oyotún suprayacen a la Formación La Leche e infrayacen en discordancia ligeramente angular a la Formación Tinajones, como se evidencia en el sector noroeste del cuadrángulo de Chongoyape.

Se tienen fósiles del Liásico inferior en la zona de Pátapo, en intercalaciones calcáreas, a pocos metros de la base de los volcánicos, no pudiéndose precisar la edad del techo, pero las relaciones estratigráficas sugieren que la edad correspondería al tope del Liásico, faltando aún pruebas concluyentes (WILSON J., 1984).

#### Formación Tinajones

Consiste de tobas, lutitas de color marrón verdoso, grauwacas de color marrón o gris, cuarcita blanca o marrón rojiza muy compacta y conglomerados de guijarros volcánicos en una matriz arenosa. Además se observan sills dacíticos entre Batán Grande y Chongoyape (WILSON J., 1984).

El grosor de esta formación en el sector norte del cuadrángulo de Chongoyape alcanza aproximadamente 1000 m adelgazándose hacia el sur.

La Formación Tinajones suprayace en discordancia ligeramente angular a la Formación Oyotún, pasando gradualmente hacia las cuarcitas del Grupo Goyllarisquizga.

La Formación Tinajones contiene fósiles de invertebrados así como de plantas. Se tienen reportes *de Trigonia Lorenti DANA*, del Valanginiano inferior en el cuadrángulo de Incahuasi, además de *Berriasellidae*? del Titoniano y Berriasiano en el área de Yaypón (cuadrángulo de Chongoyape). Restos de Otozamites del Neocomiano son muy comunes (WILSON J., 1984).

La base de esta formación se ubica en el Berriasiano, pudiendo llegar hasta el Titoniano, el límite superior se ubica en el Neocomiano. La Formación Tinajones se correlaciona con las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz.

#### Grupo Goyllarisquizga

#### a) Formación Chimú

La Formación Chimú no aflora en la zona de estudio, teniendo afloramientos al sur del cuadrángulo de Celendín, en el límite con el cuadrángulo de San Marcos (WILSON J., 1984).

#### b) Formación Santa

Al igual que la Formación Chimú, la Formación Santa aflora sólo en el límite de los cuadrángulos de Celendín y San Marcos (WILSON J., 1984).

#### c) Formación Carhuaz

Presenta afloramientos en los sectores central y sur del cuadrángulo de Chota, está conformada de lutitas, areniscas y cuarcitas marrones y grisáceas bien estratificadas, la Formación Carhuaz presenta un grosor de 200 m.

En cuanto a las relaciones estratigráficas, la Formación Carhuaz suprayace a las formaciones Santa y Chimú en el área de Cajamarca, desapareciendo estas últimas hacia el norte; el tope de la Formación Carhuaz es concordante con las areniscas y cuarcitas de la Formación Farrat. La Formación Carhuaz representa un depósito con predominio continental acumulado durante el Neocomiano y Aptiano (WILSON J., 1984).

#### d) Formación Farrat

Presenta afloramientos en el sector sur del cuadrángulo de Chota, la unidad está constituida de cuarcitas y areniscas blancas de grano grueso a medio con estratificación cruzada. La Formación Farrat yace concordantemente sobre la Formación Carhuaz, al tope se tiene a la formación Inca en discordancia paralela.

En base a las edades de las formaciones que la limitan, se determina que la formación Farrat pertenece al Aptiano. (WILSON J., 1984).

#### Formación Inca

La base de esta unidad presenta algunos metros de caliza arenosa masiva con abundantes restos de *Exogyra* limonitizada, seguida por areniscas de grano medio a grueso con cemento limonítico y lutitas arenosas ferruginosas bien estratificadas con intercalaciones de caliza.

En el cuadrángulo de Chongoyape, el grosor de la formación no supera los 25 m y en los cuadrángulos de Incahuasi, Cutervo y Chota el grosor varía entre 60 y 80 m.

Yace en discordancia sobre los niveles clásticos del Grupo Goyllarisquizga. El contacto superior es concordante y nítido, debido a la ausencia de niveles arenosos ferruginosos donde se advierte un predominio de sedimentos pelíticos y calcáreos de colores grises y amarillos (WILSON J., 1984).

En el cuadrángulo de Chota se tienen afloramientos con amonites del género *Parahoplites*. BENAVIDES, V. (1956) le asignó una edad perteneciente al Albiano inferior.

#### Formación Chúlec

La Formación Chúlec consiste de capas delgadas bien estratificadas de lutitas grises, margas amarillas y calizas margosas marrones, generalmente se presentan en capas delgadas y nodulares. En el cuadrángulo de Chota la Formación Chúlec alcanza un grosor promedio de 250 m; además, en los cuadrángulos de Chongoyape y Chiclayo la Formación Chúlec no sobrepasa los 50 m de lutitas con escasas capas calcáreas.

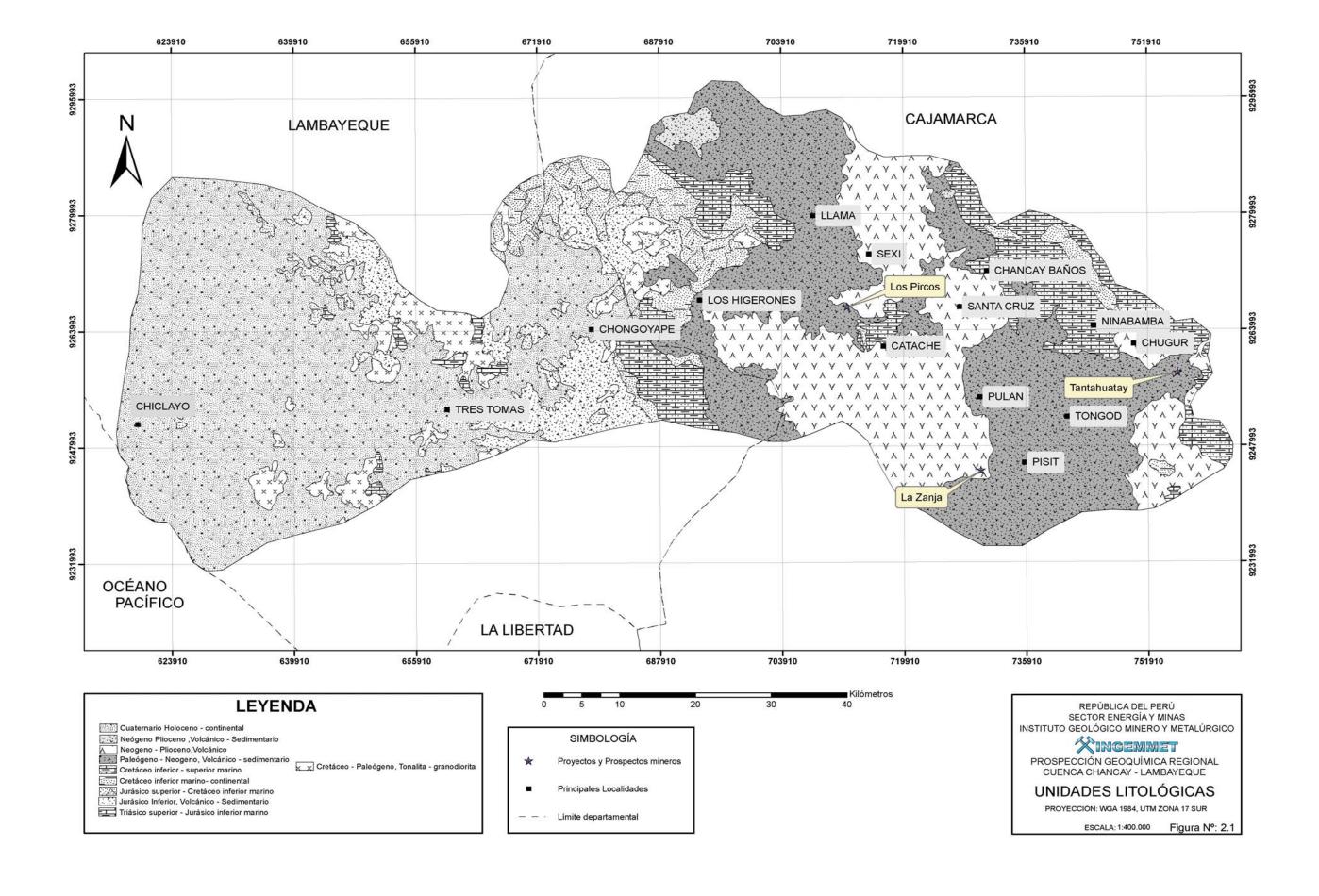
Presenta contactos concordantes tanto en la base como en el tope con las formaciones Inca y Pariatambo respectivamente. El contacto en la base está definido por el paso de niveles pelíticos a niveles arenosos y ferruginosos de la Formación Inca. El contacto superior queda marcado por la aparición de las calizas en forma de lajas de la Formación Pariatambo (WILSON J., 1984).

En las facies más gruesas de la Formación Chúlec en el cuadrángulo de Chota, se tiene una fauna compuesta por amonites, erizos y lamelibranquios; los amonites reportados son *Knemiceras* y *Parengonoceras*, que según BENAVIDES, V. (1956) indican la parte inferior del Albiano medio. Las facies más finas contienen escasos amonites y abundantes restos de *Trigonia, Exogyra, Neithea y Echinoidea*.

#### Formación Pariatambo

Presenta un buen desarrollo en el cuadrángulo de Chota, alcanzando un grosor de 150-250 m de calizas con intercalaciones de lutitas en niveles delgados, ambas presentan amonites y escamas de peces. Las calizas son de grano fino, color negro, bituminosas y frecuentemente con un olor fétido, con estratificación delgada, formando lajas características; los niveles lutáceos son negros y bituminosos.

Hacia el oeste de Chota la Formación Pariatambo se vuelve tobácea, entre Cumbil y Llama las calizas presentan intercalaciones de lutitas grises y tobas violáceas. Los niveles tobáceos predominan



en el sector occidental del cuadrángulo de Chongoyape, aflorando en Huaca Blanca al sur de la localidad de Chongoyape, alcanzando grosores de 200-300 m de tobas bien estratificadas con intercalaciones de caliza gris.

Suprayace concordantemente a margas, lutitas y calizas de la Formación Chúlec, el contacto superior con el Grupo Pulluicana es concordante, evidenciado por el paso hacia arriba de calizas oscuras y tobas a bancos de caliza gris oscura de mayor grosor.

Todas las facies contienen *Oxitropidoceras carbonarium* (GABB), que indica la parte superior del Albiano medio (WILSON J., 1984).

#### Grupo Pulluicana

Presenta su mejor desarrollo en el cuadrángulo de Chota, está compuesto de caliza arcillosa de color gris, irregularmente estratificada con intercalaciones de niveles margosos de color marrón y lutitas grisáceas a verdosas, además de algunas capas de limonitas y areniscas. En este sector el Grupo Pulluicana alcanza un grosor de 800 a 1100 m.

En el cuadrángulo de Chongoyape el Grupo Pulluicana está constituido por calizas y lutitas negras, teniendo un grosor promedio de 200 m, reduciéndose a 25 m en el cerro Las Minas en la margen izquierda del río Chancay, al sureste de la localidad de Chongoyape.

El contacto inferior del Grupo Pulluicana con la Formación Pariatambo es concordante en el cuadrángulo de Chota, pero más al este el contacto se manifiesta en discordancia paralela. El Grupo Pulluicana infrayace concordantemente a las lutitas y margas del Grupo Quillquiñán, siendo el contacto muy nítido por el contraste existente entre dichas facies (WILSON J., 1984).

Los fósiles reportados en el Grupo Pulluicana son: *Exogyra, Inoceramus*, siendo escasos los amonites. Benavides, V. (1956) dató este grupo en el intervalo que va desde la etapa tardía del Albiano medio y el Cenomaniano temprano en base al hallazgo en las capas basales de *Oxitropidoceras carbonarium* (GABB) y *Acanthoceras* en la parte superior del grupo.

El Grupo Pulluicana se correlaciona con la parte inferior de la Formación Jumasha en los Andes Centrales y con la parte inferior de la Formación Copa Sombrero (WILSON J., 1984).

#### Grupo Quillquiñán

El Grupo Quillquiñan está compuesto de lutitas friables de color gris oscuro y capas delgadas de margas azuladas. En el sector de Chongoyape el grosor promedio es de 120 m y en el cuadrángulo de Chota alcanza de 150 a 200 m.

Se pueden observar niveles de 15 a 20 cm de grosor de margas porosas y ferruginosas con abundantes moldes de lamelibranquios. Las calizas que se intercalan con las lutitas y margas son escasas.

El Grupo Quillquiñán suprayace al Grupo Pulluicana de manera concordante e infrayace concordantemente a la Formación Cajamarca (WILSON J., 1984).

Esta unidad fue datada en el intervalo Cenomaniano tardío a Turoniano temprano por su contenido de amonites (BENAVIDES V. 1956).

#### Formación Cajamarca

La Formación Cajamarca tiene su mejor desarrollo al noreste del cuadrángulo de Chota, donde alcanza grosores de 500 m en promedio llegando a 700 m en algunas zonas. En el área de estudio aflora en el cerro Las Minas (al sureste de la localidad de Chongoyape), donde alcanza un grosor de 150 m.

Esta unidad está compuesta de calizas finas bien estratificadas de color marrón claro, con presencia de fauna como amonites, gasterópodos y foraminíferos.

La Formación Cajamarca, tanto al tope como a la base está limitada de manera concordante por la Formación Celendín y el Grupo Quillquiñán, respectivamente (WILSON J., 1984).

Por el contenido de *Coilopoceras newelli*, se le asigna a esta formación una edad Turoniana tardía (BENAVIDES V., 1956). Se le correlaciona con la parte superior de la formación Jumasha y con la Formación Copa Sombrero en el noroeste del país.

#### Formación Celendín

La Formación Celendín aflora en el cuadrángulo de Chota al norte y noreste de la localidad de Chancay Baños, está constituida de delgadas capas de caliza nodular arcillosa de color crema oscuro a marrón, con intercalaciones de lutitas y margas de color gris con tonos azulados, predominando éstas últimas sobre las calizas.

El grosor de esta unidad es variable, en la localidad de Bambamarca alcanza hasta 300 m, mientras que en el área de estudio sólo unas decenas de metros.

La Formación Celendín suprayace concordantemente a la Formación Cajamarca. El contacto superior es una discordancia paralela donde yacen los conglomerados y areniscas de la Formación Chota (WILSON J., 1984).

La fauna presente la constituyen amonites, lamelibranquios, gasterópodos y echinoideos; según los amonites encontrados, BENAVIDES, V. (1956) indicó que esta unidad pertenece al Coniaciano y Santoniano temprano.

#### Formación Chota

Esta unidad aflora en la parte central y oriental del cuadrángulo de Chota, no habiéndose observado en el área de estudio.

#### Paleógeno - Neógeno

#### Volcánico Llama

Los volcánicos Llama se encuentran ampliamente distribuidos en la cuenca Chancay-Lambayeque, se tienen afloramientos en las localidades de Chancay Baños, Platanar y La Esperanza pertenecientes al cuadrángulo de Chota; al suroeste del cuadrángulo de Cutervo (al sur de la localidad de Huambos); al norte y noreste de la localidad de Chongoyape.

La base está compuesta de conglomerados rojizos con intercalaciones de tobas violáceas a moradas, los clastos del conglomerado basal son guijarros bien redondeados de cuarcita y en menor proporción de composición calcárea y volcánica. El grosor es variable, así por ejemplo en la localidad de Cochabamba presenta un espesor de 1-5 m, en la localidad de Llama y Catache alcanza un grosor de 50 m y en la localidad del mismo nombre alcanza hasta 1 200 metros.

Se infiere que el grosor fue mucho mayor que el máximo observable, ya que existió un período de fuerte erosión antes del vulcanismo Porculla.

Sobre la base conglomerádica existe una secuencia de lavas y material piroclástico, la litología más común es una brecha andesítica masiva de color violáceo a morado; lavas andesíticas de textura porfirítica de color gris verdoso y violáceo y niveles de tobas andesíticas. Aunque la predominancia litológica está representada por las andesitas, existen proporciones significativas de dacitas y riodacitas.

El volcánico Llama yace en discordancia paralela al este de la zona de estudio (Bambamarca) sobre la Formación Chota, variando a una discordancia levemente angular en el sector de Yauyucán y Querocoto sobre las calizas del Grupo Pulluicana. El tope del volcánico Llama infrayace discordantemente al volcánico Porculla del Paleógeno (WILSON J., 1984).

La edad de estos volcánicos se infiere a partir de sus relaciones estratigráficas, al yacer en discordancia paralela sobre la Formación Chota, se le asigna una edad Paleógena (WILSON J., 1984).

#### Volcánico Porculla

Esta unidad no aflora en la zona de trabajo.

#### Volcánico Huambos

Esta unidad volcánica aflora en el sector suroeste del cuadrángulo de Cutervo en la localidad de Huambos, al oeste del cuadrángulo de Chota y en el sector oriental del cuadrángulo de Chongoyape.

Están constituidos por tobas y brechas ácidas con fragmentos de cuarzo de hasta 3 mm de diámetro, cristales euhedrales de biotita en una matriz feldespática y fragmentos de pómez fibrosos de color blanco.

Existen niveles de tobas andesíticas que se distinguen por su coloración rojiza a morada, en contraste con los niveles piroclásticos ácidos que presentan colores grises verdosos, rosados o amarillos; además se observan escasos niveles de ignimbritas.

El grosor del volcánico Huambos es irregular debido a la erosión posterior, pero en promedio alcanza entre 50 y 100 m con un máximo aproximado de 400 m en la localidad de Huambos y en los alrededores de la hacienda Udima (cuadrángulo de Chongoyape).

Se le asigna al volcánico Huambos una edad correspondiente al Plioceno medio o tardío, debido a que los Andes habían ascendido por lo menos 1000 m y además se produjo la erosión de las superficies 2000 m, 2900 m y 3600 m, encontrándose las tobas cubriendo estas superficies (WILSON J., 1984).

Se le correlaciona con la Formación Yungay (Wilson J. *et al*, 1964), también con las tobas que conforman el bosque de piedras en la parte central del Perú y con el volcánico Sencca al sur del Perú. (WILSON J., 1984).

#### Depósitos Cuaternarios Recientes

En la zona de estudio tenemos una diversidad de depósitos cuaternarios. En la faja costera y de estribaciones andinas existen abundantes depósitos de naturaleza aluvial y fluvial, constituidos por conglomerados, gravas, arenas y limos; sobre estos depósitos se tienen depósitos eólicos, los que forman playas a lo largo del litoral.

En la Cordillera Occidental y la región interandina los depósitos fluviales y aluviales se encuentran restringidos a pisos de valles, desembocaduras de las quebradas, terrazas y zonas planas (WILSON J., 1984).

#### **ROCAS ÍGNEAS**

En la zona de estudio las rocas intrusivas están representadas por dos grupos principales: el Batolito de la Costa y una línea de stocks menores a lo largo de la Cordillera Occidental.

#### Batolito de la Costa

El Batolito de la Costa se encuentra emplazado en estratos relativamente deformados del Mesozoico y Paleógeno, en esta región consiste de grandes cuerpos de tonalita y granodiorita acompañados de cuerpos menores de diorita, sienita, monzonita y pequeños intrusivos ácidos de edad posterior (WILSON J., 1984).

Se han notado las siguientes fases de intrusivos:

a) Diorita.- Se tienen afloramientos algo restringidos de diorita, los que son cortados por los demás componentes del batolito, esta fase de dioritas parece indicar la primera etapa de intrusión; es posible que las monzonitas, que en realidad son dioritas, hayan sufrido un metasomatismo producto de las intrusiones posteriores.

Estos intrusivos afloran en el curso superior de la quebrada de los Desaguaderos (al norte del cerro de La Puntilla), en el cerro Saltur (al sur de la localidad del mismo nombre) donde también se presentan monzonitas y sienitas, ésta última intruye a las dos primeras, las relaciones entre ellas hacen pensar que posiblemente pertenecen a una misma unidad; todo esto ubicado en el cuadrángulo de Chiclayo; también se presentan afloramientos de diorita al norte de la localidad de Chongoyape (WILSON J., 1984).

- b) Monzonita.- Esta fase intrusiva presenta un desarrollo restringido en la zona de estudio, aflorando con mejor notoriedad al este de la localidad de Reque en el cerro Negro, cerro Guitarra, cerro San Juanito y el cerro de Reque.
- c) Granodiorita y Tonalita.- La mayor parte del Batolito de la Costa está constituido por grandes cuerpos de granodiorita y tonalita, estos plutones son extensos y muestran contactos verticales con la roca encajonante, sin producir un efecto considerable sobre éstas ya sea del tipo metasomático o estructural.

En el cuadrángulo de Chiclayo, entre los cerros Pan de Azúcar y Chumillán, la tonalita debido a su ascenso genera una gran cúpula sin cortar la roca caja, la Formación La Leche (WILSON J., 1984).

d) Sienita.- Se presentan importantes cuerpos de sienita, los cuales cortan a las unidades antes mencionadas, siendo parte de los últimos grandes intrusivos de este complejo batolítico.

Esta unidad presenta sus mejores afloramientos en el cuadrángulo de Chiclayo en el cerro de Reque, Colorado, Negro, Cabeza de Mono, Saltur y Ventarrón, en este último se observan facies xenolíticas, las cuales sugieren que el mecanismo de «stoping» fue importante en el emplazamiento de los intrusivos (WILSON J., 1984).

#### Franja Intrusiva de la Cordillera Occidental

En la Cordillera Occidental se encuentran aflorando una serie de stocks alineados los cuales conforman una franja, los que son generalmente de composición dacítica, asociados en gran parte a la mineralización polimetálica de la zona. Los intrusivos subvolcánicos de esta franja están relacionados con las unidades volcánicas del Paleógeno-Neógeno.

a) Intrusivos menores

Constituidos por stocks, sills pórfido cuarcíferos y andesíticos, en la mayoría de los casos las edades de estos intrusivos no se han comprobado, siendo probable que representen una misma fase de intrusión. Los sills pórfido cuarcíferos y aplíticos se encuentran cerca a los contactos de granodiorita, en otros casos, según las relaciones de campo entre los intrusivos mayores y menores se logró determinar que estos últimos son más jóvenes.

## PÁGINA EN BLANCO

## **CAPÍTULO III**

#### **ASPECTOS METALOGENÉTICOS**

Se distinguen dos provincias metalogenéticas: la Provincia Metalogenética de Cu y Polimetálicos, en la planicie costanera y la Provincia Metalogenética de Ag, Au y Polimetálicos de la franja volcánica cenozoica de la Cordillera Occidental (Figura N° 3.1).

## PROVINCIA METALOGENÉTICA DE CU Y POLIMETÁLICOS EN LA PLANICIE COSTANERA

Dentro de la que se encuentra la denominada faja cuprífera del Pacífico, que abarca extensas regiones de los territorios de Chile y Perú. La mayor parte de esta provincia se encuentra constituida por el Batolito Andino, cuya composición varía entre gabros y granitos; sin embargo, predominan tonalitas, granodioritas, adamelitas y dioritas. Este macizo aflora continuamente entre los paralelos 8° y 16°, pero hacia el norte y sur de los mismos los afloramientos son discontinuos. Hacia el sector oeste del batolito afloran formaciones volcánicas y volcano-sedimentarias del Jurásico y Cretáceo inferior, mientras que en el sector oriental atraviesan rocas clásticas y calcáreas del Jurásico y Cretáceo, además de rocas volcánicas pertenecientes al Cretáceo superior – Terciario inferior.

Los depósitos cupríferos de esta provincia consisten en vetas, pipes, mantos de sustitución y diseminados del tipo «pórfido de cobre» emplazados tanto en plutones como en rocas encajonantes.

Desde el valle de Mala, hasta las cercanías a Chiclayo, la mineralización de cobre presenta menor intensidad, sin embargo hay áreas de alteración manifestadas por la presencia de sombreros de hierro y en otras localidades por pequeñas venillas y ojos de calcopirita con pirita y cuarzo, dentro del batolito y las rocas encajonantes.

Las vetas son los yacimientos más comunes, sus dimensiones son muy variables, presentan como rumbo predominante el noroeste con buzamientos moderados a muy fuertes.

Entre los depósitos polimetálicos más importantes de la planicie costanera, tenemos el de Tambogrande (Cu, Zn, Au, Ag), ubicado al norte del área de estudio en el departamento de Piura, el cual se encuentra emplazado en rocas volcano-sedimentarias. Al sur del área en estudio se encuentran los depósitos de Marcona, en el

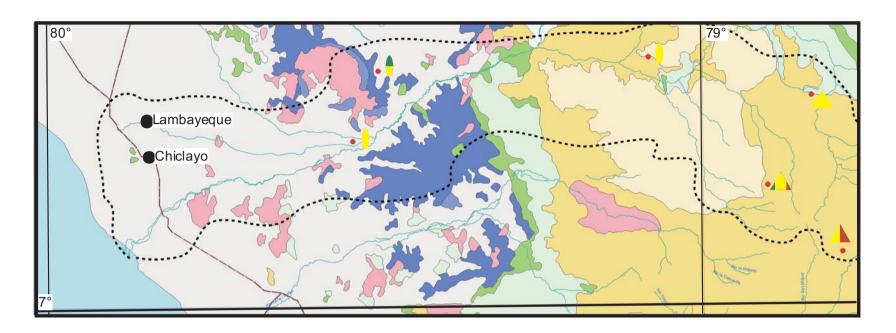
departamento de Ica, Acarí, ubicado a 50 km al este de Marcona y Morritos en el departamento de Tacna.

## PROVINCIA METALOGENÉTICA DE AG, AU Y POLIMETÁLICA DE LA FRANJA VOLCÁNICA CENOZOICA DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

En el sector norte de la Cordillera Occidental, cerca de Cajamarca y Huaraz, existen algunos depósitos diseminados de Au-Ag, siendo los más importantes los de Yanacocha, Sipán, Pierina y Tantahuatay (VIDAL & CABOS, 1983, CANDIOTTI & GUERRERO, 1997, KLEIN et al., 1997, NOBLE et al., 1997). Las edades de estos depósitos oscilan entre 15,7 a 14,5 Ma. (Mioceno medio) y se encuentran relacionados con estrato-volcanes desarrollados a lo largo de fallas con rumbo suroeste-noreste. Los conos volcánicos están conformados por rocas piroclásticas, domos y diques de composición andesítica a dacítica. Los mayores valores de Au se encuentran asociados a zonas de brechas hidrotermales silicificadas y rocas piroclásticas silicificadas y lixiviadas, las que se encuentran rodeadas por alteración argílica avanzada, constituida por cuarzoalunita y acompañada con una disminución gradual de valores de Au. Finalmente, la argilitización avanzada gradúa hacia la periferia a una alteración argílica estéril conformada principalmente por caolinita. Según KLEIN et al. (1997) y NOBLE et al. (1997), los depósitos se formaron por fluidos ácidos de alta sulfuración que provocaron primero la alteración argílica avanzada con cuarzoalunita pirita, La formación de vuggy sílica y la deposición de minerales de alta sulfuración (enargita, azufre nativo, baritina). Luego, el Au y la Ag fueron introducidos en un estado tardío por fluidos de menor sulfuración que destruyeron pirita, enargita, azufre y baritina y formaron óxidos e hidróxidos de hierro.

Asimismo, la presencia de estos *stocks* ácidos jóvenes que cortan tanto a los sedimentos mesozoicos como a los volcánicos terciarios, han introducido una mineralización de cobre, plomo, zinc y plata, dando lugar a depósitos polimetálicos de vetas y skarn, los cuales son descritos líneas abajo.

 Sarita Colonia, es un yacimiento ubicado en el departamento de Lambayeque, provincia de Lambayeque, del tipo de relleno de fisura emplazado en granodiorita-tonalita y cuya mineralización se encuentra caracterizada por calcopirita,



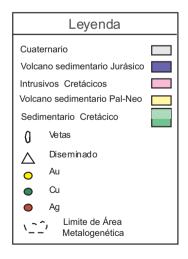


Fig. N° 3.1

Mapa metalogenético de la zona de estudio

galena, esfalerita y como ganga presenta pirita, cuarzo y óxidos de hierro.

- Asunción, ubicado en la provincia de Chota, departamento de Cajamarca, es un yacimiento del tipo relleno de fisura y de reemplazamiento en forma de mantos emplazados en calizas, tufos y derrames volcánicos, su mineralización consta de galena, esfalerita, marmatita, calcopirita, tetraedrita y como minerales de ganga pirita y calcita.
- La Unión, es un skarn ubicado en el departamento de Lambayeque, emplazado en horizontes calcáreos y cuya mineralización está constituida por calcopirita, galena, esfalerita, covelita, bornita, malaquita y como minerales de ganga, pirita, granate, cuarzo y calcita.
- Orolcocha y Doña Celinda, son dos depósitos ubicados en el departamento de Lambayeque, localidad de Batán Grande, del tipo skarn, cuya mineralización está constituida por galena, calcopirita, esfalerita y estibina.
- Los Pircos, constituye otra de las zonas de interés en esta franja, se ubica en el departamento de Cajamarca en la localidad de Sexi, este yacimiento es un sistema epitermal de baja sulfuración, caracterizado por la presencia de un sistema de vetas de cuarzo, calcita y baritina. Su mineralización está constituida por pirita fina con inclusiones de oro, galena y esfalerita, oro libre en cuarzo, argentita, sulfosales de plata y hematita. Estas vetas se encuentran alojadas en la Formación Llama del Terciario inferior, la cual se caracteriza según WILSON y GUEVARA (1985) por ser una secuencia de rocas volcánicas continentales de origen lávico y clástico, cuya composición varía de andesitas a riodacitas.

Algunos trabajos de interpretación de imágenes satelitales y observaciones de orden regional han permitido identificar estructuras y corredores estructurales alineados en dirección NE-SO, conformadas por fallas y plegamientos, centros de actividad hidrotermal y emplazamiento mineral.

 La Zanja, ubicado en el departamento de Cajamarca, distrito de Pulán, provincia de Santa Cruz, es un epitermal de Au-Ag-(Cu) de alta sulfuración que se encuentra hospedado en La caldera La Zanja de la Formación Porculla, de probable edad Mioceno. Está conformada por ignimbritas soldadas y flujos piroclásticos gruesos dacíticos a la base. Esta secuencia es cortada por domos andesíticos-dacíticos y domos riodacíticosriolíticos. La caldera es finalmente rellenada por depósitos volcanoclásticos intracaldera y de avalancha. En la misma zona se encuentran otros dos centros volcánicos de edad Mioceno como son Hueco Grande y San Miguel. También afloran piroclásticos y volcanoclásticos del Terciario inferior y sedimentos clásticos-carbonatados del Cretáceo pertenecientes al Grupo Goyllarisquizga.

Se encuentra emplazado entre estructuras circulares y fallas secundarias NNE-SSO.

La mineralización es del tipo ácido-sulfato: enargita-baritina. Sulfuros: enargita, pirita, bornita, cinabrio, calcopirita, covelita, galena, esfalerita. Óxidos: limonitas (goethita), hematita, sulfatos: baritina. Otros: azufre nativo y turmalina.

Tantahuatay, es otro yacimiento del tipo epitermal de Au-Ag de alta sulfuración ubicado en el departamento de Cajamarca, distrito de Chugur. Se encuentra alojado en rocas volcánicas del tipo diatremas piroclásticas, con domos subaéreos en ambientes parcialmente lagunares. Inicialmente predominan las emisiones piroclásticas a partir de fisuras, brechas-pipe y/ o diatremas. A continuación aparecen los diques y domos andesítico-dacíticos que configuran lineamientos kilométricos. A finales del ciclo eruptivo aparecen nuevamente chimeneas de brecha en asociación a zonas de intenso fracturamiento con alteración hidrotermal del tipo argílica avanzada y mineralización aurífera de alta sulfuración. La base de la columna estratigráfica está definida por una secuencia silicoclástica perteneciente al Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior. Suprayacen otra secuencia de silicoclásticos y carbonatos del Cretácico superior pertenecientes a las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Grupo Pulluicana. Estas secuencias son intruídas por monzonitas porfiríticas, stocks subvolcánicos y sills andesíticos del Eoceno.

La mineralización se presenta en cuerpos silíceos (cuarzo) y pirita con enargita-oro, los cuales son afectados por diversas etapas de oxidación para formar menas diseminadas de Au  $\pm$  Ag. La introducción posterior de sílice, en asociación con baritina, es acompañada por oro nativo y electrum. Los óxidos de Fe (limonitas, jarosita) se han formado a partir de los sulfuros (pirita, enargita, covelita, tetraedrita y otras sulfosales de Ag, Pb y Cu).

A escala distrital, la mayor parte del fracturamiento se ordena en los sistemas N 45° a 60° E, N 15° a 45° O y en menor grado N-S. Las principales fallas reconocidas son las de más reciente actividad, con formación de *horsts* y *grabens* con orientación N 30° O.

## PÁGINA EN BLANCO

## **CAPÍTULO IV**

#### PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA REGIONAL

#### PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS

Se ha colectado un total de 283 muestras de sedimentos activos de quebrada, de acuerdo al diseño elaborado para una escala regional, con una densidad de 1 muestra /10 km². Estos sedimentos fueron tomados entre los meses de junio y agosto del año 2005, con 50 días de campo, habiendo participado 3 brigadas de 2 geólogos cada una.

En cada lugar de muestreo se ha tomado información relativa a la ubicación, características del sedimento, rodados, así como del entorno geológico; con esta información se ha asignado cada muestra la unidad litológica a la que pertenece, esto es, a la unidad geológica predominante en los litotipos de tamaño reducido (<3 cm), el que finalmente es analizado en laboratorio.

Con dicha información se ha elaborado una base de datos en formato Excel, la cual está disponible al público interesado.

El manejo de la mencionada data de campo, junto a los resultados analíticos de laboratorio, ha permitido efectuar el procesamiento estadístico con la finalidad de determinar zonas anómalas así como caracterizar la asociación geoquímica de cada una de ellas.

#### **MUESTREO DE SEDIMENTOS**

Las muestras de sedimentos activos han sido tomadas de quebradas tanto de primero, segundo o tercer orden, húmedas o secas, siendo tamizadas en campo con la malla Nº 30; se utilizó el floculante «Bozefloc», con el fin de recolectar el material más fino contenido en el sedimento.

Las muestras húmedas fueron colocadas en bolsas microporosas, mientras que para las muestras secas se utilizaron bolsas de polietileno, debidamente codificadas y selladas. El peso mínimo de cada muestra fue de  $3,5\,\mathrm{kg}$ .

La ubicación de las muestras ha sido tomada con GPS y referidas al sistema de coordenadas UTM, Datum Horizontal WGS-84.

#### ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

Este es un aspecto muy importante, toda vez que involucra el debido cuidado a tenerse en cuenta en las diversas etapas del

estudio, desde el diseño de muestreo hasta la elaboración de mapas geoquímicos y presentación de resultados.

A las 283 muestras de sedimento se han adicionado 41 muestras de control (14 estándares, 14 blancos y 13 duplicados), de manera que cada sub-cuenca ha quedado cubierta por el control de calidad diseñado para este proyecto.

#### **PRECISIÓN**

Para el control de este parámetro de calidad, se recolectaron muestras duplicadas para determinadas muestras de campo, esta muestra duplicada evaluará el grado de repetibilidad de los resultados analíticos, así como la buena aplicación de los protocolos de muestreo del geólogo en el campo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en muestras duplicadas para muestras de sedimentos de quebrada.

Los valores presentados en la Tabla Nº 4.1 muestran claramente que para el elemento Cu se obtuvo una buena precisión, por lo que la repetibilidad de los resultados es aceptable.

Los valores presentados en la Tabla Nº 4.2 demuestran una buena precisión, puesto que los resultados analíticos se encuentran dentro de los rangos permisibles.

En la Tabla Nº 4.3 se observan los resultados para las muestras duplicadas por el elemento Zn, las cuales se encuentran en el margen de aceptabilidad salvo las muestras 13e-008 y 13e-048 que exceden en 1,2 ppm, lo que no es inconveniente para validación de los resultados.

#### **Exactitud**

Este parámetro de calidad fue controlado mediante el empleo de muestras estándar o muestras patrón las cuales fueron adquiridas de laboratorios certificados; tanto los lotes de muestras de sedimentos de quebrada como en el de aguas de escorrentía se insertaron muestras estándar.

Las muestras estándar controlaran la exactitud de los métodos analíticos, el rango de aceptabilidad para este parámetro, estuvo determinada por los laboratorios que emiten dichos estándares.

Tabla Nº 4.1

Muestras duplicadas de sedimentos de quebrada de la cuenca del río
Chancay-Lambayeque (elemento Cu)

Muestra	Límite de detección (ppm)	Valores obtenidos (ppm)	Valor promedio (ppm)	S.D (ppm)	Tolerancia permisible* (%)	Límite mínimo permisible (ppm)	Límite máximo permisible (ppm)
13e-008	0,50	25,90	27,400	2,12	20,00	21,92	32,88
13e-048		28,90					
13e-035	0,50	31,50	31,350	0,21	20,00	25,08	37,62
13e-049		31,20					
14e-024	0,50	30,80	29,150	2,33	20,00	23,32	34,98
14e-046		27,50					
14e-038	0,50	34,60	36,400	2,55	20,00	29,12	43,68
14e-045		38,20					
14e-109	0,50	19,90	20,150	0,35	20,00	16,12	24,18
14e-177		20,40					
14e-124	0,50	34,70	33,850	1,20	20,00	27,08	40,62
14e-176		33,00					
14e-152	0,50	23,00	21,500	2,12	20,00	17,20	25,80
14e-173		20,00					
14e-154	0,50	32,30	30,700	2,26	20,00	24,56	36,84
14e-175		29,10					
14e-174	0,50	18,70	18,600	0,14	20,00	14,88	22,32
14e-064		18,50					
14f-029	0,50	51,80	53,250	2,05	20,00	42,60	63,90
14f-099		54,70					
14f-090	0,50	22,60	24,050	2,05	20,00	19,24	28,86
14f-100		25,50					
14f-118	0,50	22,70	22,750	0,07	20,00	18,20	27,30
14f-177		22,80					
14f-146	0,50	37,10	35,150	2,76	20,00	28,12	42,18
14f-175		33,20					

<sup>\*</sup> Tolerancia permisible, determinada según el método analítico, ataque húmedo y límite de detección. Donde la tolerancia permisible expresada en (%) está referida al valor promedio.

Tabla № 4.2

Muestras duplicadas de sedimentos de quebrada de la cuenca del río

Chancay-Lambayeque (elemento Pb)

Muestra	Límite de detección (ppm)	Valores obtenidos (ppm)	Valor promedio (ppm)	S.D (ppm)	Tolerancia permisible* (%)	Límite mínimo permisible (ppm)	Límite máximo permisible (ppm)
13e-008		9,90					
13e-048	0,20	12,40	11,150	1,768	20,00	8,920	13,380
13e-035		13,80					
13e-049	0,20	13,80	13,800	0,000	20,00	11,040	16,560
14e-024		12,60					
14e-046	0,20	12,90	12,750	0,212	20,00	10,200	15,300
14e-038		12,70					
14e-045	0,20	13,70	13,200	0,707	20,00	10,560	15,840
14e-109		10,80					
14e-177	0,20	9,00	9,900	1,273	20,00	7,920	11,880
14e-124		18,20					
14e-176	0,20	21,30	19,750	2,192	20,00	15,800	23,700
14e-152		16,30					
14e-173	0,20	16,00	16,150	0,212	20,00	12,920	19,380
14e-154		21,00					
14e-175	0,20	20,50	20,750	0,354	20,00	16,600	24,900
14e-174		13,00					
14e-064	0,20	13,00	13,000	0,000	20,00	10,400	15,600
14f-029		25,50					
14f-099	0,20	17,60	21,550	5,586	20,00	17,240	25,860
14f-090		12,70					
14f-100	0,20	13,40	13,050	0,495	20,00	10,440	15,660
14f-118		25,90					
14f-177	0,20	24,90	25,400	0,707	20,00	20,320	30,480
14f-146		8,80					
14f-175	0,20	8,30	8,550	0,354	20,00	6,840	10,260

<sup>\*</sup> Tolerancia permisible, determinada según el método analítico, ataque húmedo y límite de detección. Donde la tolerancia permisible expresada en (%) está referida al valor promedio.

Tabla Nº 4.3 Muestras duplicadas de sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque (elemento Zn)

Muestra	Límite de detección (ppm)	Valores obtenidos (ppm)	Valor promedio (ppm)	S.D (ppm)	Tolerancia permisible* (%)	Límite mínimo permisible (ppm)	Límite máximo permisible (ppm)
13e-008	1,00	36,00	46,500	14,849	20,00	37,200	55,800
13e-048		57,00					
13e-035	1,00	55,00	57,000	2,828	20,00	45,600	68,400
13e-049		59,00					
14e-024	1,00	61,00	61,500	0,707	20,00	49,200	73,800
14e-046		62,00	1				
14e-038	1,00	63,00	65,500	3,536	20,00	52,400	78,600
14e-045		68,00					
14e-109	1,00	36,00	36,500	0,707	20,00	29,200	43,800
14e-177		37,00					
14e-124	1,00	71,00	76,500	7,778	20,00	61,200	91,800
14e-176		82,00	ľ				
14e-152	1,00	75,00	74,000	1,414	20,00	59,200	88,800
14e-173		73,00	1				
14e-154	1,00	96,00	93,000	4,243	20,00	74,400	111,600
14e-175		90,00					
14e-174	1,00	49,00	47,000	2,828	20,00	37,600	56,400
14e-064		45,00					
14f-029	1,00	101,00	98,500	3,536	20,00	78,800	118,200
14f-099		96,00					
14f-090	1,00	52,00	53,500	2,121	20,00	42,800	64,200
14f-100		55,00					
14f-118	1,00	96,00	96,500	0,707	20,00	77,200	115,800
14f-177		97,00					
14f-146	1,00	62,00	60,500	2,121	20,00	48,400	72,600
14f-175		59,00					

<sup>\*</sup> Tolerancia permisible, determinada según el método analítico, ataque húmedo y límite de detección. Donde la tolerancia permisible expresada en (%) está referida al valor promedio.

A continuación se presentarán tablas donde se muestran los resultados obtenidos para dichas muestras estándar, para los elementos Cu, Pb, Zn, en el caso de sedimentos de quebrada y Cu, Pb, Zn y Al para aguas de escorrentía.

Las concentraciones de Cu reportadas en las muestras estándar para sedimentos de quebrada, demostraron ser exactas en cuanto a calidad se refiere (ver Tabla Nº 4.4).

Los resultados de las concentraciones de Pb obtenidos en las muestras estándar, se encuentran dentro de los límites de aceptación, salvo la muestra 13e-010 la cual tuvo una diferencia por defecto de 0,40 ppm, variación que carece de significancia alguna al momento e validar los datos, por ser una cantidad muy cercana al límite de detección (ver la Tabla Nº 4.5).

Las concentraciones de Zn obtenidas en las muestras estándar no exceden los límites permisibles, salvo la muestra 13e-010 la cual presenta una diferencia porcentual por defecto de 2,8 %, lo que en términos generales sólo representa un valor de advertencia (ver la Tabla  $N^{\circ}$  4.6).

#### Contaminación

El aseguramiento de la calidad para los resultados obtenidos, no podría ser garantizado si se evidencia la presencia de algún agente contaminante, es por eso que se emplearon muestras «blancos» para descartar la presencia de contaminaciones durante la etapa del análisis químico; tanto para las muestras de sedimentos de quebrada como para las muestras de aguas de escorrentía.

Tabla Nº 4.4

Contenido de Cu en muestras "Estándares" para sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque

Muestra	Límite de detección (ppm)	Valores obtenidos (ppm)	Valor promedio (ppm)	S.D (ppm)	Límite mínimo permisible* (ppm)	Límite máximo permisible* (ppm)
14e-100	0,50	134,20	160,00	26,00	108,00	212,00
14e-080	0,50	127,10	160,00	26,00	108,00	212,00
14f-010	0,50	85,20	95,00	10,00	75,00	115,00
13e-030	0,50	77,10	95,00	10,00	75,00	115,00
13e-010	0,50	281,70	311,00	18,00	275,00	347,00
14f-120	0,50	136,80	160,00	26,00	108,00	212,00
14f-010	0,50	127,40	160,00	26,00	108,00	212,00

<sup>\*</sup> Límites permisibles establecidos según la relación: Valor promedio ± 2 S.D

Tabla Nº 4.5

Contenido de Pb en muestras "Estándares" para sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque

Muestra	Límite de detección (ppm)	Valores obtenidos (ppm)	Valor promedio (ppm)	S.D (ppm)	Límite mínimo permisible* (ppm)	Límite máximo permisible* (ppm)
14e-100	0,20	7,70	14,00	7,00	0,00	28,00
14e-080	0,20	7,40	14,00	7,00	0,00	28,00
14f-010	0,20	34,40	69,00	18,00	33,00	105,00
13e-030	0,20	39,00	69,00	18,00	33,00	105,00
13e-010	0,20	40,60	49,00	4,00	41,00	57,00
14f-120	0,20	7,40	14,00	7,00	0,00	28,00
14f-010	0,20	8,00	14,00	7,00	0,00	28,00

<sup>\*</sup> Límites permisibles establecidos según la relación: Valor promedio ± 2 S.D

Muestra	Límite de detección (ppm)	Valores obtenidos (ppm)	Valor promedio (ppm)	S.D (ppm)	Límite mínimo permisible* (ppm)	Límite máximo permisible* (ppm)
14e-100	1,00	58,00	86,00	17,00	52,00	120,00
14e-080	1,00	55,00	86,00	17,00	52,00	120,00
14f-010	1,00	27,00	31,00	4,00	23,00	39,00
13e-030	1,00	25,00	31,00	4,00	23,00	39,00
13e-010	1,00	576,00	677,00	42,00	593,00	761,00
14f-120	1,00	57,00	86,00	17,00	52,00	120,00
14f-010	1,00	62,00	86,00	17,00	52,00	120,00

Tabla Nº 4.6

Contenido de Zn en muestras "Estándar" para sedimentos de quebrada de la cuenca del río Chancay-Lambayeque

Los blancos empleados para sedimentos, estuvieron constituidos de arena cuarzosa, de arena cuarzosa, con concentraciones de metales traza conocidos, en cuanto a las muestras «blanco» para aguas, se utilizó agua destilada con concentraciones conocidas a nivel de cationes y aniones; además para aguas se emplearon muestras «blancos» las que se trasladaron al campo y luego se insertaron con las demás muestras, este tipo de blancos son los denominados «blancos viajeros» donde se controla la presencia de contaminación producida durante las fase de campo. A continuación se presentan tablas resumen indicando los resultados obtenidos en las muestras «blanco», en el caso de sedimentos, los elementos Ag, As, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, U y Zn; para muestras de agua, los elementos Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb y V.

Los resultados analíticos mostrados en la Tabla 4.7, para muestras «blanco» de sedimentos, se encuentran libres de contaminación, puesto que no exceden los límites permisibles.

#### PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

Previamente a los análisis de laboratorio, las muestras han sido tamizadas a malla 200, luego de lo cual se procedió con un ataque de agua regia, para posteriormente, determinar los elementos mayores y traza por el método ICP- Espectrometría de Masa, mientras que para la determinación de oro se ha utilizado la técnica de Ensayo al fuego y Espectrometría de Absorción Atómica. Dicho procedimiento se ha llevado a cabo en los Laboratorios de SGS del Perú.

#### **Ataque Químico**

#### A) Digestión con agua regia

La digestión con agua regia consiste en el tratamiento de una muestra de sedimentos con una mezcla 3:1 de ácido

hidroclórico y ácido nítrico. El ácido nítrico destruye la energía orgánica y las sustancias con óxidos de sulfuro que en reacción con concentrados de ácido hidroclórico genera el agua regia.

El agua regia puede proveer un mejoramiento de la anomalía en algunos ambientes geológicos, siendo un solvente efectivo para muchos sulfatos, sulfuros, óxidos y carbonatos, suministrando una digestión parcial para muchos elementos formadores de roca de naturaleza refractaria.

#### Métodos Analíticos

#### A) Plasma Acoplado Inductivamente - Espectrometría De Masas (ICP-MS)

La espectrometría de masas (MS, *mass spectrometry*) se basa en la ionización de los componentes de la muestra y en la posterior separación de los iones obtenidos en función de su relación masa-carga. Los iones son transportados mediante campos eléctricos y canales de vacío hasta el analizador de masas.

El ICP-MS es un instrumento muy poderoso para el análisis multielemental *de trazas* (ppb-ppm). El plasma consiste de iones, electrones y partículas neutrales formados a partir del gas argón y se utiliza para atomizar y ionizar los elementos en una muestra. Los iones resultantes pasan a un espectrómetro de masa donde son separados y recolectados de acuerdo a su cociente masa/carga. De esta forma se pueden identificar los constituyentes en una muestra. Los isótopos de los elementos son identificados por su proporción de masa a carga (*M/E*) y la intensidad de un pico específico en el espectro masivo es proporcional a la cantidad de ese isótopo (elemento) en la muestra original.

<sup>\*</sup> Límites permisibles establecidos según la relación: Valor promedio ± 2 S.D

Elemento	Ag	As	Cd	Cu	Hg	Мо	Ni	Pb	Sb	U	Zn
Unidades	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP*	0,17	19,89	0,1	35,78	0,02	43	50,59	22,84	1,38	0,23	18,42
Lím. de detección	0,01	1	0,01	0,5	0,01	0,05	0,5	0,2	0,05	0,05	1
14f-150	0,03	3,00	0,05	10,10	0,01	6,49	10,90	3,00	0,35	0,05	3,00
14f-130	0,03	4,00	0,04	15,50	0,01	10,00	16,80	2,30	0,41	0,05	7,00
14f-110	0,04	4,00	0,05	13,90	0,01	9,37	18,80	2,50	0,39	0,05	5,00
14f-060	0,04	5,00	0,04	14,40	0,01	8,51	18,70	3,00	0,45	0,05	5,00
14f-040	0,03	3,00	0,06	11,30	0,01	6,53	12,10	2,50	0,37	0,05	5,00
14f-020	0,05	3,00	0,07	10,60	0,01	7,80	12,10	3,10	0,36	0,05	5,00
14e-150	0,03	4,00	0,08	16,60	0,01	8,30	19,50	2,70	0,42	0,05	5,00
14e-130	0,04	5,00	0,06	17,70	0,01	11,90	20,70	3,30	0,46	0,06	4,00
14e-110	0,03	3,00	0,07	14,70	0,01	7,38	19,00	3,00	0,42	0,05	3,00
14e-070	0,03	2,00	0,06	17,50	0,01	9,29	23,00	3,60	0,54	0,06	5,00
14e-040	0,06	3,00	0,04	11,80	0,01	7,40	11,90	2,40	0,43	0,05	5,00
14e-020	0,04	2,00	0,06	9,70	0,01	5,36	9,10	3,30	0,33	0,05	4,00
14e-040	0,07	2,00	0,09	13,50	0,01	15,00	15,30	3,00	0,39	0,05	7,00
14e-020	0,08	2,00	0,07	9,90	0,01	5,61	9,20	3,30	0,37	0,05	5,00

Tabla Nº 4.7

Contenido de metales traza en muestras "Blanco" para sedimentos de quebrada en la cuenca del río Chancay-Lambayeque

Con este método se ha determinado un total de 52 elementos, los cuales se pueden apreciar en la Tabla  $N^{\circ}$  4.8, con sus correspondientes límites de detección.

#### B) Espectrometría de Absorción Atómica

La absorción atómica es una técnica analítica espectrofotométrica que permite la determinación de metales. Está especialmente indicada para determinar elementos alcalinos, alcalinotérreos y metales pesados presentes en cualquier tipo de muestra previamente disuelta. Los niveles que se pueden analizar van desde % hasta ppb (1 mg/tonelada). Se basa en la producción de un estado excitado de un átomo causada por la absorción de un fotón por el átomo. Cuando la luz que contiene el espectro del elemento específico pasa por una mezcla de gas de átomos no excitados de este elemento específico, las longitudes de ondas características para este elemento son absorbidas parcialmente produciendo de tal modo el espectro de líneas característico para este elemento

Para la mayoría de los elementos el espectro de líneas se ubica en la región ultravioleta y de la luz visible del espectro electromagnético. Como la intensidad de la absorción depende directamente de la cantidad de átomos presentes y capaces de absorber, la extinción de la muestra y la concentración del elemento específico están relacionadas linealmente. A través de calibración se obtiene la concentración del elemento en la muestra.

#### C) Ensayo al Fuego

Las muestras se mezclan con agentes fundentes que incluyen el óxido de plomo y se funden a alta temperatura en un horno de gas. El óxido de plomo se reduce a plomo metálico, el cual colecta el metal precioso. Los metales preciosos se separan del plomo mediante un procedimiento llamado copelación, que consiste en la sublimación selectiva de este último. La técnica final que ha sido utilizada para determinar el contenido de metal precioso, hasta Espectrometría de Absorción Atómica (AAS) o Espectrometría de Emisión Atómica por ICP (ICP – AES).

En la determinación de oro por el método combinado Ensayo al Fuego – Absorción Atómica se pueden alcanzar y reportar contenidos de hasta 5 ppb.

<sup>\*</sup> Límites máximos permisibles determinados según muestras patrón.

Tabla Nº 4.8 Límites de detección

Método análitico para muestras de sedimento: digestión agua regia + ICP-MS

Elemento	Ag	Al	As	В	Ba	Be	B	Ca	Cd
L.D.	0,01 - 10 ppm	0,01 - 15%	0,1 ppm - 1%	10 ppm - 1%	5 ppm - 1%	5 ppm - 1% 0,1 ppm - 0,01%		0,02 ppm - 1% 0,01 ppm - 15%	0,01 ppm - 1%
Elemento	Ce	CS	Cr	CO	Cu	Fe	Ga	Ge	Hg
L.D.	0,05 ppm - 0,1%	0,05 ppm - 0,1%	1 ppm - 1%	0,1 ppm - 1%	0,5 ppm - 1%	0,01% - 15%	0,1 ppm - 1%	0,1 ppm - 1%	0,01 ppm - 1%
Elemento	JH	u	У	Га	П	Γα	Mg	Mn	Mo
L.D.	0,05 ppm - 0,05%	0,02 ppm - 0,05%	0,01% - 15%	0,1 ppm - 1%	1 ppm - 5%	0,01 ppm - 0,1%	0,01% - 15%	5 ppm - 1%	0,05 ppm - 1%
Elemento	Na	Ni	Nb	Ь	Pb	Rb	S	Sb	Sc
L.D.	0,01% - 15%	0,5 ppm - 1%	pm - 1% 0,05 ppm - 0,1%	50 ppm - 1%	0,2 ppm - 1%	0,2 ppm - 1%	0,2 ppm - 1% 0,01% ppm - 5%	0,05 ppm - 1%	0,1 ppm - 1%
Elemento	Se	Sn	Sr	Та	Q⊥	Te	Th	Li	E
L.D.	1 ppm - 0,1%	0,3 ppm - 0,1%	0,5 ppm - 1%	0,05 ppm - 1%	0,02 ppm - 1%	0,05 ppm - 0,1%	0,1 ppm - 1%	0,01% - 15%	0,02 ppm - 1%
Elemento	Ŋ	Λ	W	γ	λþ	Zn	Zr		
L.D.	0,05 ppm - 1%	1 ppm - 1%	0,1 ppm - 1%	0,05 ppm - 1% 0,1 ppm - 0,01%	%10'0 - mdd 1'C	1 ppm - 1%	0,5 ppm - 1%		

Método análitico para muestras de sedimento: ensayo al fuego - absorción atómica

|--|

#### ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

Para el presente tratamiento se contó con un total de 283 muestras de sedimentos de quebrada recolectadas en campo, las cuales fueron separadas en 6 poblaciones estadísticas, teniendo como criterio el litotipo predominante en la sub-cuenca muestreada. (Tabla  $N^{\circ}$  4.9).

El análisis y procesamiento estadístico de los datos ha permitido discriminar 16 elementos traza (Au, Cu, Pb, Zn, Ag, Mo, U, V, Sb, W, As, Hg, Co, Cr, Ni, Cd), de acuerdo a su asociación con los principales elementos de interés económico, lo que equivale a un total de 4 528 datos tratados estadísticamente.

Con ayuda del coeficiente de correlación de Pearson a escala logarítmica se determinó la relación de pares de elementos, considerando solamente las que mostraron rangos entre fuertes a muy fuertes.

Se elaboraron mapas isovalóricos de distribución de los principales elementos (Figuras 4.1 a 4.16) así como de pH, conductividad y sólidos disueltos totales en las muestras de agua (Figuras 4.21 a 4.23). Así mismo se utilizó el análisis de componentes principales (PCA), con la finalidad de determinar las diferentes asociaciones entre elementos de cada población y así poder establecer los elementos quía característicos para cada ambiente geológico.

El procesamiento de los datos se realizó utilizando software como SPSS, Geosoft y ArcGis.

#### Procesamiento de la Información

Después de haber separado la base de datos en poblaciones litológicas, se procedió a calcular los estadígrafos necesarios para la obtención de los parámetros geoquímicos que nos permitan encontrar las muestras con valores anómalos.

Estadísticamente la mayoría de elementos mostraron una distribución *Log* normal, que es la que mejor se ajusta a este tipo de análisis, existiendo algunas excepciones para las cuales se utilizaron los percentiles 95 y 97.5 tal es el caso de las poblaciones 4 y 5. La población 6 no fue procesada por contar con sólo 4 muestras.

Con ayuda del *boxplot* se depuraron valores erráticos tomándose como criterio que valores por encima de tres veces el rango intercuartílico se consideran como valores aislados o extremos, por lo tanto fueron eliminados.

Una vez comprobada la normalidad de los elementos de cada población, se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas para calcular la media geométrica y desviación estándar. Según conceptos geoquímicos el valor del *background* es equivalente al promedio del conjunto de datos procesados. El cálculo del *threshold*, se obtiene calculando el producto de dos veces la desviación estándar más el valor del *background*. En las Tablas 4.10 a 4.25 se presentan los parámetros estadísticos-geoquímicos de cada elemento en las diferentes poblaciones estadísticas.

#### Cobre

Éste elemento presenta una distribución *Log*-normal. Los rangos presentados por el *background* de las diferentes poblaciones se encuentran entre 2,96 ppm hasta 3,13 ppm, correspondiendo el valor mas bajo a la población constituida por Tobas ácidas del Neógeno y el más alto a la población que agrupa a Andesitas y Dacitas del Paleógeno.

Los valores erráticos fueron depurados teniendo como criterio el gráfico estadístico denominado *boxplot* o caja de bigotes, siendo la población de Tobas ácidas y Andesitas del Paleógeno donde se depuró hasta un máximo de 8% del total de muestras.

Los valores de *threshold* se encuentran entre 44,26 ppm hasta 49,40 ppm perteneciendo a las poblaciones 2 y 1 respectivamente.

Tabla Nº 4.9
Tabla de poblaciones estadísticas

Población	Cantidad de muestras	Nombre de la población			
Población 1	95	Tobas ácidas del Neógeno			
Población 2	115	Andesitas y dacitas del Paleógeno			
Población 3	35	Calizas del Cretáceo inferior			
Población 4	27	Areniscas y cuarcitas del Jurásico – Cretáceo inferior			
Población 5	7	Lutitas del Jurásico – Cretáceo inferior			
Población 6	4	Tobas ácidas y andesitas del Jurásico			

#### Plomo

Presenta una distribución *Log*-normal. El *background* de sus poblaciones se encuentra entre 13,20 ppm en las Calizas del Cretáceo inferior hasta 15,49 ppm en las Tobas ácidas y Dacitas del Neógeno.

El *threshold* se encuentra entre 23,57 ppm en Andesitas y Dacitas del Paleógeno y 29,96 ppm en Tobas ácidas del Neógeno.

#### Zinc

Presenta una distribución *Log*-normal. El *background* de sus poblaciones se encuentra entre 54,60 ppm en la Tobas ácidas del Neógeno hasta 64,07 ppm en la población de Calizas del Cretáceo inferior.

Los valores erráticos eliminados fueron eliminados hasta en un 8% en la población 1.

El *threshold* se encuentra entre 94,63 ppm en la población de Areniscas y cuarcitas del Jurásico – Cretácio inferior y 157,59 ppm en las Calizas del Cretáceo inferior.

#### Molibdeno

Presenta una distribución *Log*-normal, en la población 1, teniendo un valor de 0,72 ppm como *background*.

El *threshold* en la población 1 es de 1,70 ppm. En el resto de poblaciones éste parámetro fue calculado utilizando el percentil número 95, variando entre 2,02 hasta 7,10 ppm en las poblaciones 2 y 3 respectivamente.

#### **Antimonio**

Presenta una distribución normal en la población 1, su *background* es 1,58 ppm. En el resto de poblaciones fueron procesadas utilizando el percentil 95.

La mayor cantidad de valores erráticos fueron depurados en la población 1, constituyendo el 10,5 % del total de sus muestras.

El *threshold* se encuentra entre 2,00 ppm en la población 4 hasta 5,00 ppm en la población 2.

#### Oro

Presenta una distribución *Log*-normal en la población 1, siendo su *background* 8,85 ppb.

Debido a la complejidad de la distribución de éste elemento, las poblaciones restantes fueron procesadas utilizando el percentil 97,5 obteniendo así una mayor confiabilidad en los valores de *threshold* encontrados.

El *threshold* se encuentra entre 8ppb hasta 39,40 ppb, correspondiendo el valor mas alto a la población 2.

#### Mercurio

Presenta una distribución errática por lo que el *threshold* de éste elemento en todas las poblaciones fue calculado con percentiles. Los valores de éste parámetro oscilan entre 0,15 ppm en la población 3 hasta 0,29 ppm en la población 2.

#### Arsénico

Presenta una distribución *Log*-normal. El *background* de sus poblaciones se encuentra entre 5,70 ppm en la población 2 hasta 10,99 ppm en la población 5.

El *threshold* se encuentra entre 25,28 ppm en la población 3 hasta 48,91 ppm en la población 1.

#### Plata

Éste es otro de los elementos con distribución errática en todas las poblaciones por lo que sus parámetros fueron calculados utilizando el percentil 95.

El *threshold* de éste elemento varía entre 0,10 ppm en la población 5 hasta 0,23 ppm en la población 2.

#### Uranio

Presenta una distribución normal. El *background* de sus poblaciones se encuentra entre 0,65 ppm en la población 2 hasta 0,74 ppm en la población 1.

El *threshold* calculado varía entre 0,99 ppm en la población 2 hasta 1,54 en la población 4.

#### Correlaciones geoquímicas

Las correlaciones se realizaron utilizando *Geosoft* módulo *Chimera*. Se utilizó el coeficiente de *Pearson* a escala logarítmica debido a que la distribución de los elementos se acomoda mejor a esta escala. La intensidad de las correlaciones varía entre los rangos desde nulo hasta muy fuerte, sin embargo en la descripción sólo se han considerado los elementos cuyas correlaciones se encuentran entre los rangos: fuerte a muy fuerte. En las figuras 4,17 a 4,20 se muestran las correlaciones para los diferentes elementos estudiados.

#### Tobas ácidas y dacitas del Neógeno

Formada por sedimentos pertenecientes a tobas y dacitas del Neógeno. En esta población el cromo presenta una correlación fuerte con níquel (0,79); El vanadio con cobalto (0,82); zinc con cadmio (0,74); La plata se correlaciona con la misma intensidad con el plomo (0,75); arsénico con plomo (0,70) y el antimonio con plomo (0,72).

Tabla N° 4.10
Parámetros estadísticos - geoquímicos (cobre)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	92	106	33	24	7	*
Valor mínimo (ppm)	5	10,7	6,1	19,6	1,056	*
Valor máximo (ppm)	64	49,7	70,6	42,5	48,9	*
Background (In)	2,96	3,13	2,99	*	*	*
Desv. estandar(ln)	0,47	0,33	0,66	*	*	*
Threshold (ppm)	49,40	44,26	74,44	42,1	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.11
Parámetros estadísticos - geoquímicos (plomo)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	92	98	33	26	7	*
Valor mínimo (ppm)	5	8,8	6,6	9,7	11	*
Valor máximo (ppm)	64	26,4	29,7	26,2	29,7	*
Background (In)	2,74	2,66	2,58	*	*	*
Desv. estandar(In)	0,33	0,25	0,37	*	*	*
Threshold (ppm)	29,96	23,57	27,66	24,29	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.12
Parámetros estadísticos - geoquímicos (zinc)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	87	102	32	26	7	*
Valor mínimo (ppm)	28	35	24	36	37	*
Valor máximo (ppm)	113	116	154	96	102	*
Background (In))	4,00	4,14	4,16	*	*	*
Desv. estandar(ln)	0,46	0,26	0,45	*	*	*
Threshold (ppm)	137	105,64	157,59	94,63	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.13 Parámetros estadísticos - geoquímicos (molibdeno)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	88	105	*	27	7	*
Valor mínimo (ppm)	0,3	0,26	0,43	0,54	0,86	*
Valor máximo (ppm)	2,18	2,08	11,4	2,22	2,89	*
Background (In)	-0,33	*	*	*	*	*
Desv. estandar(In)	0,43	*	*	*	*	*
Threshold (ppm)	1,70	2,02	7,10	2,12	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

In = (Logaritmo natural)

Tabla N° 4.14
Parámetros estadísticos - geoquímicos (antimonio)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	85	110	32	27	7	*
Valor mínimo (ppm)	0,3	0,29	0,36	0,58	0,7	*
Valor máximo (ppm)	3,69	4,75	3,38	2,42	2,32	*
Background (ppm)	1,58	*	*	*	*	*
Desv. estandar(ppm)	0,84	*	*	*	*	*
Threshold (ppm)	3,26	4,71	3,05	2,41	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.15
Parámetros estadísticos - geoquímicos (oro)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	54	115	34	16	7	*
Valor mínimo (ppb)	5	-5	-5	-5	-5	*
Valor máximo (ppb)	16	133	18	8	10	*
Background (In)	2,18	*	*	*	*	*
Desv. estandar(In)	0,65	*	*	*	*	*
Threshold (ppb)	32,46	39,4	16,5	8	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.16
Parámetros estadísticos - geoquímicos (mercurio)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	81	105	28	12	7	*
Valor mínimo (ppm)	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	*
Valor máximo (ppm)	0,21	0,4	0,16	0,27	0,17	*
Background (In)	*	*	*	*	*	*
Desv. estandar(In)	*	*	*	*	*	*
Threshold (ppm)	0,19	0,29	0,15	0,27	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.17
Parámetros estadísticos - geoquímicos (arsénico)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	91	105	35	27	7	*
Valor mínimo (ppm)	2	2	2	4	6	*
Valor máximo (ppm)	60	82	39	35	23	*
Background (In)	2,21	1,74	2,05	*	10,99**	*
Desv. estandar(In)	0,84	0,80	0,59	*	6,00	*
Threshold (ppm)	48,91	28,22	25,28	32,14	22,99	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

<sup>\*\*</sup> valor en ppm

Tabla N° 4.18	
Parámetros estadísticos - geoquímicos (pla	ta)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	89	109	33	25	7	*
Valor mínimo (ppm)	0,03	0,03	0,03	0,05	0,07	*
Valor máximo (ppm)	0,26	0,37	0,26	0,16	0,14	*
Background (In)	*	*	*	*	*	*
Desv. estandar(ln)	*	*	*	*	*	*
Threshold (ppm)	0,21	0,23	*	0,15	0,1	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.19
Parámetros estadísticos - geoquímicos (uranio)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
Nº totales	95	115	35	27	7	4
Nº utilizadas	88	114	35	26	7	*
Valor mínimo (ppm)	0,18	0,24	0,44	0,37	0,42	*
Valor máximo (ppm)	1,44	1,04	1,54	1,75	1,24	*
Background (ppm)	0,74	0,65	*	*	*	*
Desv. estandar(In)	0,26	0,17	*	*	*	*
Threshold (ppm)	1,26	0,99	*	1,54	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.20 Parámetros estadísticos - geoquímicos (cromo)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
N° totales	95	115	35	27	7	4
N° utilizadas	93	109	34	25	7	*
Valor mínimo (ppm)	3	6	6	10	1,005	*
Valor máximo (ppm)	25	34	32	20	22	*
Background (In)	2,19	2,61	2,52	*	*	*
Desv. estandar(ln)	0,46	0,40	0,38	*	*	*
Threshold (ppm)	22,42	30,27	26,58	19,69	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.21 Parámetros estadísticos - geoquímicos (níquel)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
N° totales	95	115	35	27	7	4
N° utilizadas	92	106	34	26	7	*
Valor mínimo (ppm)	2,6	4,7	10,6	9,5	15,5	*
Valor máximo (ppm)	20,1	27	30,4	24,7	26,8	*
Background (In)	1,95	2,35	2,76	*	*	*
Desv. estandar(ln)	0,47	0,40	0,26	*	*	*
Threshold (ppm)	17,99	23,34	26,58	23,57	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.22
Parámetros estadísticos - geoquímicos (cobalto)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
N° totales	95	115	35	27	7	4
N° utilizadas	88	109	34	27	7	*
Valor mínimo (ppm)	4,4	6,2	4	8,2	15,7	*
Valor máximo (ppm)	22,7	25,2	31	23,6	21,4	*
Background (ppm)	2,32	2,50	2,27	*	17,20**	*
Desv. estandar(In)	0,35	0,31	0,42	*	2,00	*
Threshold (ppm)	20,49	22,65	22,42	23,34	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.23
Parámetros estadísticos - geoquímicos (wolframio)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
N° totales	95	115	35	27	7	4
N° utilizadas	95	115	35	15	7	*
Valor mínimo (ppm)	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	*
Valor máximo (ppm)	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2	*
Background (ppm)	*	*	*	*	*	*
Desv. estandar(In)	*	*	*	*	*	*
Threshold (ppm)	0,3	0,3	*	0,3	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.24
Parámetros estadísticos - geoquímicos (cadmio)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
N° totales	95	115	35	27	7	4
N° utilizadas	85	97	35	25	7	*
Valor mínimo (ppm)	0	0,07	0,1	0,3	0,2	*
Valor máximo (ppm)	0,5	0,55	5,3	0,9	0,72	*
Background (ppm)	0,23	0,22	-0,47	*	*	*
Desv. estandar(In)	0,11	0,12	0,92	*	*	*
Threshold (ppm)	0,45	0,46	3,94	0,9	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

Tabla N° 4.25
Parámetros estadísticos - geoquímicos (vanadio)

Poblaciones	Pob1	Pob2	Pob3	Pob4	Pob5	Pob6
N° totales	95	115	35	27	7	4
N° utilizadas	86	107	35	27	7	*
Valor mínimo (ppm)	23	28	9	19	18	*
Valor máximo (ppm)	140	167	127	88	46	*
Background (ppm)	4,03	4,30	*	*	*	*
Desv. estandar(In)	0,4	0,4	*	*	*	*
Threshold (ppm)	125,21	164,02	*	81,45	*	*

<sup>\*</sup> Cantidad insuficiente de muestras

<sup>\*\*</sup> Cu ppm

#### Tobas ácidas y andesitas del Paleógeno

Esta población es la denominada Tobas ácidas y andesitas del Paleógeno. La mayor intensidad de correlación es fuerte entre el cromo con níquel (0,82), con vanadio (0,78), con cobalto (0,70); vanadio con cobalto (0,78); zinc con cadmio (0,69); plata con plomo (0,71), arsénico con antimonio (0,80) y cadmio con plomo (0,70).

#### Calizas del Cretáceo inferior

Constituida por sedimentos de calizas del Cretáceo inferior. En esta población encontramos elementos cuyas correlaciones van desde fuerte hasta muy fuerte. Se observa que el cobre presenta una correlación muy fuerte con el zinc (0,88) y así mismo el zinc con el plomo (0,87). La intensidad baja a fuerte cuando se correlaciona el vanadio con cobalto (0,82) y molibdeno con níquel (0,75).

La población 4, constituida por areniscas y cuarcitas del Jurásico-Cretáceo inferior, no presenta correlaciones significativas presentando intensidades que van desde nulas hasta moderadas.

Los elementos de las poblaciones 5 y 6 constituidas por Lutitas del Jurásico – Cretáceo inferior y Tobas ácidas y andesitas del Jurásico respectivamente, no fueron correlacionados debido a la escasa cantidad de muestras existentes en cada población.

#### Análisis de Componentes Principales

Se ha efectuado la estadística multivarial de los datos de cuatro poblaciones estadísticas, dado que las dos restantes tienen insuficiente cantidad de datos como para que tengan una buena representatividad. En ese sentido, se ha procedido a desarrollar en análisis de componentes principales con el fin de recoger las mayores proporciones de variabilidad para cada asociación.

Se consideran los tres primeros componentes principales, los cuales explican la mayor parte de la varianza en cada uno de los casos. Esto se observa en la Tabla Nº 4.26, en la que se detalla la varianza explicada para cada uno de los componentes.

De acuerdo a las asociaciones que se han identificado, se pueden caracterizar cada una de las poblaciones consideradas en este proceso.

Como se podía esperar, muchas de las anomalías geoquímicas determinadas, reflejan los principales componentes que resultan de dicho análisis, como se mencionará líneas abajo.

#### 1. Tobas ácidas del Neógeno

En esta población de intrusivos ácidos ocurre una fuerte asociación Ag-As-Zn-Sb, que explica el 39 % de la varianza, mientras que la asociación Cr-V-Co explica el 20 % de dicha varianza. Un tercer factor es Cu-Au, el cual explica el 8 % de la misma.

El primer componente se ve reflejado en las muestras anómalas 14f-158, 14f-093 y 14f-048, siendo estas dos últimas también representativas de la tercera componente, en tanto que la segunda asociación está representada por la muestra anómala 14f-052.

#### 2. Andesitas y dacitas del Paleógeno

Para esta población se tiene la asociación Pb-Cd-Zn, que explica el 36 % de la varianza. Una segunda componente es Cr-V-Co, que explica el 22 % de la varianza. Un tercer factor es Ni-Mo, que explica el 9 % de la varianza.

La primera asociación ocurre claramente en las muestras anómalas 14f-157 y 14f-143, en tanto que la segunda destaca en las muestras 14f-169, 14f-146 y 14f-065. La tercera asociación queda representada en la muestra anómala 14e-013

En comparación con los volcánicos neógenos hay notables diferencias, como por ejemplo el caso del Cd, el cual está asociado al Pb-Zn o la asociación Cu-Au, que tiene cierta asociación en aquellas.

#### 3. Calizas del Cretáceo inferior

Una primera componente Pb,Cd-Zn, explica el 36% de la varianza. La asociación Cr-V-Co explica el 22 %, mientras que la asociación Ni-Mo explica el 14% de la varianza.

La primera asociación se ve reflejada en las muestras 14f-055 y 14e-091; la segunda asociación se observa en la muestra anómala 14f-038, en tanto que la asociación Ni-Mo se identifica en la muestra anómala 14e-063.

#### 4. Areniscas y cuarcitas del Jurásico- Cretáceo inferior

Una primera componente es Pb-Zn, la cual explica el 25 % de la varianza, una segunda componente es Cu-Au, que explica el 19 % de la varianza, mientras que el tercer componente Ag-Sb nos explica el 13 % de la misma.

Una muestra anómala representativa de la primera componente es la 13e-038, mientras que la segunda se puede identificar en la muestra anómala 14e-153.

Tabla Nº 4.26 Componentes principales de cada población estadística\*

Población estadística	PC1	Var. exp. %	PC2	Var. exp. %	PC3	Var. exp. %
Pob1 (95)	Ag,As,Zn,Sb	39	Cr-V-Co	20	Cu-Au	8
Tobas ácidas/dacitas del Neógeno						
Pob2 (115)	Pb-Ag,As,Hg,Au	34	Ni,Cr,V,Co,Cu	26	Cd,Mo	9
Tobas ácidas/andesitas del Paleógeno						
Pob3 (35)	Cd-Pb-Zn	36	Cr-V-Co	22	Ni-Mo	14
Calizas Cretáceo inferior						
Pob4 (27)	Pb-Zn	25	Cu-Au	19	Ag,Sb	13
Areniscas-cuarcitas Jurásico- Cretáceo inferior						

<sup>\*</sup> La cantidad de muestras figura entre paréntesis

#### **ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS**

Una vez calculados los «threshold» para cada elemento estudiado, se ha procedido a determinar el grado de intensidad de cada anomalía, el cual está en función a dicho parámetro, de manera que se consideran anomalías débiles (1 a 2 veces el threshold), anomalías moderadas (2 a 3 veces el threshold), anomalías fuertes (3 a 4 veces el threshold) y anomalías muy fuertes (más de 4 veces el threshold).

La Tabla  $N^{\circ}$  4.27, muestra todas las anomalías de oro, así como las moderadas a muy fuertes (a partir de 2 veces el threshold) para el caso de los elementos restantes.

La denominación de dichas anomalías está de acuerdo al nombre de la quebrada donde se ha tomado la muestra y, a falta de nombre de la quebrada, se le denomina según la localidad donde se emplaza la anomalía.

Dicha tabla muestra información relativa a la ubicación de las anomalías, el área que involucra la muestra, la distribución areal de cada unidad geológica, la relación con alguna ocurrencia minera conocida, así como los elementos anómalos con sus respectivas concentraciones.

Tabla Nº 4.27 Anomalías geoquímicas de Cuenca Chancay- Lambayeque

ld	Anomalía	Código de Muestra	Coorde Norte	enadas Este	Área (Km2)	Distribución Areal de Unidades Geológicas (Km2)	Ocurrencia	Asociación	Concentraciones (ppm)	
1	HUALANGA	13e-042	9288726	703813	9,2	Fm. Llama: 5.2, Volc. Porculla: 4.0	Mineral	Geoquímica Hg (Sb)	1.48 (3.59)	
2	SAN MATEO	13e-022	9284911	699507	11,0	Fm. Llama: 10, Pulluicana: 0.5, Porculla: 0.3,		II	3,11	
2	LIMON CARRO	13e-024	9282966	705893		Pariatambo: 0.2. Fm. Llama: 6.7.		Au	34*	
4	EL MOLINO	13e-024 13e-034	9281720	691848	10.1	Fm. Llama: 2.2, Chúlec: 2.1, Gpo. Goyllarisquizga: 2,		Mo (Cd, Ni)		
					-,	Pariatambo: 1.9, Pulluicana: 1.4, Tinajones: 0.4. Fm. Huambos: 14.3.			3.74 (1.21, 20.1)	
5	PALOMITA	14e-009	9279535	720593	14,3	Fm. Pulluicana, Chúlec, Pariatambo: 10.9,		Cr (Ni, Ag)	73 (46.4, 0.28)	
6	EL HORNO	14e-104	9278363	691604		Gpo. Goyllarisquizga: 2.8		Ag	2,61	
7	HUAMBOYACO	14f-165	9276078	725410	7,7	Fm. Huambos: 7.5, Llama: 0.2.		V (Cr, Cu, Co, Ni, Sb, U)	400 (40, 63.7, 37.7, 31.6, 3.69, 1.54)	
8	CHILENO	14e-068	9275488	699684	9,2	Fm. Llama: 5.8, Pulluicana, Chúlec, Pariatambo: 1.9, Tonalita del Batolito de la Costa: 1.5.		Mo (Cd, Ni, U)	4.82 (1.46, 19.2, 1.41)	
9	PLATANAR	14f-146	9272544	725073	4,7	Fm. Llama: 1.5, Huambos: 3.2.		Ni (V)	97.5 (167)	
10	CERRILLOS	14e-069	9271123	676512	7,4	Dep. Cuaternarios: 4.4, Fm. Tinajones: 1.1, Volcánico Oyotún:1.1 Tonalita del Batolito de la Costa: 0.8.		Cd (Ag, W)	1.81 (0.18, 0.3)	
11	LAS CHANILLAS	14e-019	9270533	710603	5,2	Fm. Llama: 5.2.		Au	18*	
12	CARHUAQUERO	14e-146	9270355	692853	8,8	Fm. Llama: 4.4, Tinajones: 3.5, Dep. Cuaternarios: 0.7, Volcánico Oyotún: 0.2.		Cu (Cr)	95.4 (28)	
13	CAÑA BRAVA	14e-029	9269109	711084	26,6	Fm. Llama: 18.6, Huambos: 8.	Los Pircos	Mo (Ni, U)	10.5 (25.1, 1.47)	
14	LA PLANTA	14e-103	9268431	690601	12,4	Fm. Llama: 5.6, Pariatambo, Chúlec, Pulluicana: 3.8, Dep. Cuaternarios: 3.		Ag (U)	0.54 (1.01)	
15	SHILIMBO	14e-061	9267884	688694	6,8	Dep. Cuaternarios: 2.8, Fm. Pulluicana, Chúlec, Pariatambo: 1.5, Llama: 1, Batolito de Andahuaylas: 1.5.		Au	46*	
16	CIRATO	14e-013	9266750	707420	10,6	Fm. Llama: 10.3, Huambos: 0.3	Los Pircos	Mo (Au, Ni)	4.25 (45*, 27)	
17	TUPALA	14e-085	9266296	697723	6,4	Fm. Huambos: 5.8, Llama: 0.6.		Au	106*	
18	CALABOZO	14e-088	9265731	688654	5,6	Fm. Pariatambo: 2.4, Llama: 1.4, Cajamarca: 1.3, Pulluicana: 0.5.		Ag	0,48	
19	NINABAMBA	14f-083	9264572	747351	11,7	Fm. Huambos: 7.1, Pariatambo: 1.6, Pulluicana: 1.1, Grupo Goyllarisquizga: 1.1, Celendin: 0.8.		Cu (Zn,Hg)	640.9 (439, 2.39)	
20	PERLA	14f-055	9264373	748050	13,7	Fm. Huambos: 4.8, Pariatambo: 2.8, Pulluicana: 2.8, Chúlec: 2, Celendin: 1.3.		Cu, Zn (Ag,Pb,As, Cd, Sb)	1466, 1036 (0.52, 56.2, 39, 5.33, 3.38)	
21	TACAMACHE	14f-034	9260532	749156	12,1	Fm. Llama: 6.3, Huambos: 5.8.		Cu	490,3	
22	RIO COLORADO	14f-048	9258896	755724	9,6	Fm. Llama:8 , Pariatambo: 1.2, Huambos: 0.4.	Tantahuatay	Cu, Ag, As, Pb, Sb (Zn, Mo, Au, Cd)	481.9, 3.38, 22.8, 260.1, 21.8 (533, 5.4, 96*, 2.51)	
23	PORTACHUELO	14e-018	9258320	716926	19,2	Fm. Huambos: 19.2.		Ag (Au)	4.73 (133*)	
24	EL SILLÓN	14e-121	9257107	700664	7,7	Fm. Llama: 5.1, Huambos: 2.6.		Zn (Cd)	275 (1.74)	
25	HONDA	14e-153	9257070	679825	10,9	Volcánico Oyotún: 4.9, Tonalita del Batolito de la Costa: 4.1, Dep. Cuaternarios: 1.1, Fm. Pulluicana, Chúlec, Pariatambo: 0.8.		W (Au,Cu,V,As,Sb)	1.6 (41*, 62.8, 88, 35, 2.42)	
26	TANTAHUATAY	14f-093	9256951	755205	5,1	Fm. Llama: 5.1.	Tantahuatay	Cu, Ag, As (Au, Mo, Pb, Sb)	530.8, 1.32, 379 (104*, 6.5, 86.2, 7.14)	
27	LA CAL	14e-158	9256318	668389	13,2	Dep. Cuaternarios: 10.1, Volcánico Oyotún: 1.8, Fm. La Leche: 1		Au, Cr	51*, 39	
28	PULAN	14f-158	9255182	730358	2,73	Fm. Llama: 2.73.	La Zanja	Hg (Sb, Zn, Ag, As, Cd, Pb)	2.54 (8.14, 186, 0.29, 53, 1.49, 51.1)	
29	EL ROBLE	14f-167	9254418	730480	3	Fm. Llama: 3.	La Zanja	Sb (Zn, Ag, Pb)	8.26 (170, 0.32, 55.1)	
30	COMUCHE	14e-035	9254130	719050	10,7	Fm. Huambos: 1.79.		Ag (Au, Hg)	0.77 (70*, 0.67)	
31	EL CEDRO 2	14f-163	9252227	730967	8,3	Fm. Llama: 7, Huambos: 1.3	La Zanja	Sb (Cu, Zn, Ag, Cd, Pb)	9.5 (46.6, 162, 0.43, 1.23, 67.9)	
32	SAN PEDRO	14f-157	9250146	731009	20,5	Fm. Huambos: 12.3, Llama: 8.2.	La Zanja	Sb (Ag, Pb, Cu, Zn, As, Mo)	18.2 (0.69, 90.3, 49.7, 158, 136, 2.28)	
33	LA PALIZADA	14f-153	9248848	721047	23,1	Fm. Huambos: 23.1		Ag	1,21	
34	EL CEDRO 1	14f-143	9244833	731385	6,8	Fm. Llama: 4.8, Huambos: 2.		Sb, Cu, Ag (As, Pb)	20.3, 133.3, 0.9 (187, 78.5)	
35	CORRALES	14f-152	9241310	728324	7,1	Fm. Llama: 7.1.		Sb (As)	11.8 (95)	

<sup>\*</sup> Concentraciones de Au en ppb.

# PÁGINA EN BLANCO

### **CAPÍTULO V**

### CALIDAD DEL GEOQUÍMICA DEL AGUA SUPERFICIAL

#### CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

El presente capítulo tiene el propósito fundamental el caracterizar desde el punto de vista físico-químico, las aguas y sedimentos de la Cuenca del río Chancay- Lambayeque, de tal manera que sirva como referencia para los estudios de línea de base geoambiental de la cuenca.

Para ello, se ha procedido a efectuar un muestreo, habiéndose colectado 157 muestras de agua para ser analizadas por metales totales disueltos mediante ICP para 28 elementos, por mercurio mediante Vapor frío-AAS, y análisis de cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos. Para fines de control de calidad se han insertado muestras estándar, blancos y duplicados en cada «batch» de 20 muestras.

Cada parámetro físico-químico se ha comparado con los límites de calidad de agua o límites máximos permisibles, tanto para aguas como para sedimentos, con el fin de identificar las fuentes existentes de contaminación que podrían afectar la calidad de agua, así como caracterizar la variación espacial en la calidad dentro de las corrientes que constituyen la cuenca hidrográfica mencionada.

Para cumplir con estos fines, se llevó a cabo un programa de muestreo de aguas y sedimentos entre los meses de mayo y julio de 2005.

El desarrollo de este trabajo ha contado con el valioso apoyo del sector privado, como es el Grupo Norte, conformado por las siguientes compañías mineras: Minera Yanacocha, Gold Fields Ltd., Colquirrumi, Minas Buenaventura (Tantahuatay y La Zanja), quienes han colaborado con el costo de los análisis de aguas, permitiendo de esta manera dar a conocer una información necesaria para el desarrollo sostenible de la región.

#### Programa de Muestreo

#### Criterios seguidos

La toma de muestras se efectuó 1 km antes y 1 km después de la presencia de potenciales factores de riesgo para la contaminación de las aguas, mientras que en zonas donde no hay contaminación aparente, el muestreo se ha efectuado con mayor espaciamiento

(4 km). Similar control se ha establecido en las confluencias de los ríos, esto es, 1 km antes y 1 km después de dicha confluencia a fin de determinar los efectos de adición y dilución.

Sobre la base del uso y desarrollo de los recursos de aguas existentes dentro de la cuenca, se usó como parámetros de calidad los parámetros establecido en la Ley General de Aguas.

Para la etapa de muestreo se contó con tres brigadas de trabajo, cada una conformada por dos geólogos.

#### Procedimiento de Muestreo

En cada lugar previamente definido, se tomó muestras de agua superficial, las que fueron recolectadas empleando un balde de plástico. Cada muestra fue tomada por duplicado, en un intervalo de tiempo de 20 minutos, habiéndose registrado los parámetros físicos como temperatura, conductividad, TDS y pH. Un litro de agua fue destinado para la determinación de metales totales disueltos, para lo cual fue filtrada (papel filtro 0,4 mm) y conservado a 4 °C. Otro litro fue destinado para análisis de cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, lo que implicó el respectivo filtrado, preservado a pH < 2,0 (con 1 ml de HNO $_3$  al 2 %) y conservado a 4°C.

Para el control de los otros parámetros físico-químicos se ha utilizado el instrumento Combo pH & CE Waterproof HI 98130, con el que se ha determinado in situ el pH, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos totales disueltos (TDS).

Aspecto importante es también la información de carácter geológico obtenida en campo, como la composición y estado de las rocas, estructuras mineralizadas; la presencia de minas activas, abandonadas o de prospectos mineros; algunos aspectos hidrológicos y antropológicos (presencia de carreteras, industrias, depósitos de basura, entre otros).

#### Lugares de Muestreo

Se han tomado en un total 157 muestras de agua en lugares previamente elegidos (Mapa Nº 5.1), dicho muestreo se llevó a cabo en los meses de junio y agosto del año 2005.

Los puntos de muestreo fueron seleccionadas para contar con la información que permitiera hacer un análisis de calidad del agua existente en condiciones naturales, incluyendo el efecto que pudiera tener en ella las actividades o instalaciones existentes (minas o prospectos mineros, áreas impactadas por la agricultura, ganadería u otra actividad humana), en toda la extensión de la cuenca del río Chancay- Lambayeque.

Al igual que para aguas, se cuenta con información analítica de 283 muestras de sedimento de corriente (Mapa Nº 5.3), que nos permitirá determinar los casos en que superan los límites máximos permisibles (LMP), teniendo como referencia la Tabla Holandesa, puesto que en el Perú no se cuenta aun con una norma referida a dichos límites.

Para facilitar la caracterización de la calidad del agua superficial, los lugares de muestreo fueron definidos en tres sectores:

- Cuenca alta, hasta la confluencia de los ríos Chancay Cirato.
- · Cuenca media, hasta el repartidor La Puntilla.
- Cuenca baja, a partir del repartidor La Puntilla hacia el Océano Pacífico.

A continuación, se muestran cada uno de los sectores establecidos con sus respectivos fuentes de aportes.

Sector	Aportantes				
	Río Chancay				
Cuenca Alta	Río Cañad				
	Río Cirato				
	Río Chancay				
Cuenca Media	Río Maichu				
	Río Camellón				
	Quebrada Montería				
	Río Lambayeque				
Cuenca Baja	Río Reque				
	Canal Taymi				

En la cuenca alta se encuentran emplazados los poblados de Santa Cruz, Chugur, Ninabamba, etc., y los prospectos mineros Tantahuatay y La Zanja, los cuales constituyen posibles fuentes de contaminación. La cuenca media involucra los poblados de Chongoyape, Catache, así como el proyecto minero Los Pircos. En la cuenca baja está emplazada la ciudad de Chiclayo, incluyendo sus distritos aledaños, así como importantes industrias azucareras como Pomalca, Tumán y Pucalá.

Los resultados de calidad de agua de cada grupo de estaciones se muestran en las Tablas  $N^{\circ}$  5.1, 5.2 y 5.3, mientras que los de sedimentos se observan en las Tablas  $N^{\circ}$  5.4 y 5.5. (Ver Anexo).

#### Aseguramiento y Control de Calidad

A las muestras de agua, se les ha insertado un total de 21 muestras de control (entre estándares, duplicados y blancos), para el correspondiente control de calidad, lo que nos permite establecer el grado de precisión, exactitud y contaminación en lo referente al procedimiento de muestreo y análisis geoquímico de las muestras de aqua.

Asimismo, se han utilizado «blancos de viaje» con el fin de desechar cualquier factor de contaminación externa producida durante el traslado de las muestras recolectadas (en el caso de obtener datos positivos de los parámetros de interés en las muestras).

#### **Procedimientos Analíticos**

Para el caso de aguas, previo proceso de filtrado, preservación y conservación de las muestras, las determinaciones analíticas se han efectuado por metales totales disueltos y por 4 aniones en los Laboratorios de SGS del Perú, de acuerdo a métodos estandarizados, según el siguiente detalle:

a) Carbonatos y bicarbonatos

Método Titrimétrico. Método 920.194. AOAC Official Methods of Analysis

b) Cloruros

Método Argentométrico. 4500-CI—B-. APHA\_AWWA\_WEF20th Edition,1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

c) Sulfatos

Método Turbimétrico. 4500-(SO4)=APHA\_AWWA\_WEF20th Edition, 1998 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

d) Mercurio por AAS

Técnica de vapor frío usando FIAS. 7470A. EPA-Año1994.

e) Metales totales

Metales traza por ICP. EPA- 200.7:1994.

Tanto las muestras de campo como las de control de calidad fueron analizadas en los laboratorios de SGS del Perú.

En la tabla  $N^{\circ}$  5.6 se aprecian los límites de detección inferiores utilizados por el método de ICP-Total de los Laboratorios SGS.

Tabla N° 5.6 Límites de detección para la determinación de metales en aguas por ICP

Elemento	Límite de detección (mg/l)	Elemento	Límite de Detección (mg/l)
Mercurio	0,001	Magnesio	0,02
Plata	0,001	Manganeso	0,002
Aluminio	0,03	Molibdeno	0,001
Arsénico	0,004	Sodio	0,125
Boro	0,01	Níquel	0,001
Bario	0,001	Fósforo	0,125
Berilio	0,0006	Plomo	0,002
Bismuto	0,006	Antimonio	0,006
Calcio	0,125	Estaño	0,012
Cadmio	0,001	Estroncio	0,001
Cobalto	0,001	Titanio	0,125
Cromo	0,001	Talio	0,005
Cobre	0,001	Vanadio	0,002
Hierro	0,01	Zinc	0,001
Potasio	0,01		

#### Uso Actual del Agua

Existe una red de canales en la cuenca, en la que el agua es utilizada plenamente para el consumo doméstico y agrícola. Esto conlleva a la necesidad de respaldar estos usos de consumo, toda vez que en algunos casos la calidad del agua superficial que se usa, no satisface los niveles requeridos por la Ley General de Aquas.

#### Parámetros de Calidad de Agua

Las muestras de agua han sido analizadas por metales disueltos, cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, contando asimismo con información relativa a pH, temperatura, Sólidos Totales Disueltos (TDS) y Conductividad Eléctrica (CE).

#### Criterios de Evaluación de Calidad del Agua y Sedimentos

Se usaron los criterios de calidad de agua establecidos por la Ley General de Aguas para caracterizar la calidad de agua superficial. Dicha ley establece límites de calidad de agua sobre la base del uso previsto.

Teniendo en cuenta que la agricultura, ganadería y el consumo humano son los usos principales del agua en esta región, el criterio para evaluar la calidad ha considerado los límites fijados por la Ley General de Aguas para estos usos específicos (Tipos I, II y III); dichos límites se aprecian en la Tabla N° 5.7.

En lo que respecta a los sedimentos, se ha utilizado como referencia la Tabla Holandesa, la cual se muestra en la Tabla Nº 5.8.

Tabla № 5.7 Límites de calidad de aguas

Parámetros	Unidades	Ley General de Aguas D.L. 17752 - Metales Totales					
		I	II	III			
pН		5-9	5-9	5-9			
Sol. suspend. totales	(mg/l)						
Sulfatos	(mg/l)			400,00			
Cu	(mg/l)	1,00	1,00	0,50			
Pb	(mg/l)	0,05	0,05	0,10			
Zn	(mg/l)	5,00	5,00	25,00			
Cd	(mg/l)	0,01	0,01	0,05			
Mn	(mg/l)	0,10	0,10	0,50			
Fe	(mg/l)	0,30	0,30	1,00			
As	(mg/l)	0,10	0,10	0,20			
Hg	(mg/l)	0,002	0,002	0,001			

Tabla N° 5.8 Límites máximos permisibles en sedimentos

Elemento	LMP (ppm)	Fuente
Cu	500	Tabla Holandesa
Pb	600	Tabla Holandesa
Zn	3 000	Tabla Holandesa
Cd	20	Tabla Holandesa
As	50	Tabla Holandesa
Hg	10	Tabla Holandesa
Mn	3 000	Límite Referencial
Fe	10%	Límite Referencial

#### Resultados del programa de Calidad de Agua

La interpretación se enfoca en los parámetros que están regulados por la Ley General de Aguas: arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb), mercurio (Hg), níquel (Ni) y zinc (Zn). Se incluyen también los sulfatos, pH y hierro (Fe). Los resultados pueden ser observados en el Mapa  $N^{\circ}$  5.2.

En las Figuras 4.21, 4.22 y 4.23 se aprecian los mapas de distribución del pH, conductividad eléctrica y TDS, notándose en el primero de ellos cinco muestras que sobrepasan el límite de calidad, en el sector de Tantahuatay.

A continuación se caracterizan las aguas en cuanto a su calidad de acuerdo a los tres sectores en que se ha dividido la cuenca.

#### Calidad del Agua en la 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. Los resultados se presentan gráficamente en las Figuras 5.1 al 5.11.

Como se verá líneas abajo, las muestras que han resultado con valores superiores a los permisibles caracterizan un sector donde hay un evidente drenaje ácido de roca (DAR), el cual está focalizado en el sector que corresponde al prospecto minero Tantahuatay.

En la Tabla Nº 5.9 se aprecian las muestras que exceden los límites de calidad de agua en este sector.

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 (LD).

Tabla № 5.9 Muestras de agua que exceden los límites de calidad-cuenca Alta

	рН	Sulf. 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. Cal.de agua*	5-9	400	0,1	0,01	0,05			0,002	0,002	0,05	5
Lím,de detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
14e-004	9,58	20	0,006	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,01
14e-008	9,55	8	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,018
14e-011	9,70	30	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14e-015	9,30	10	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,08	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14e-016	10,63	8	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,07	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14e-091	9,21	133	<0,004	<0,001	<0,001	0,005	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14f-003	5,50	78	<0,004	0,005	<0,001	1,058	0,1	<0,001	0,004	0,011	0,771
14f-006	9,34	5	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-016	3,20		<0,004	<0,001	<0,001	2,252	6,05	<0,001	<0,001	0,02	0,148
14f-019	9,57	44	<0,004	<0,001	<0,001	0,008	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14f-022	9,10	8	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-025	3,95	39	<0,004	<0,001	<0,001	0,008	1,62	<0,001	0,003	<0,002	0,035
14f-037	9,44	30	<0,004	<0,001	<0,001	0,007	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-039	4,66	36	<0,004	<0,001	<0,001	0,006	0,87	<0,001	0,002	<0,002	0,027
14f-042	9,01	11	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,13	<0,001	0,003	<0,002	0,01
14f-044	4,35	80	<0,004	0,001	<0,001	2,544	4,51	<0,001	0,005	0,022	0,191

<sup>\*</sup> 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.

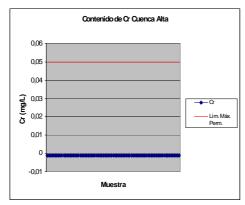


Fig. Nº 5.1 Cr en aguas - Cuenca Alta

Los niveles de pH resultan fuera de los límites de calidad de agua (5 a 9) en 8 estaciones de muestreo, llegando a niveles inferiores de 3,20 y superiores de hasta 9,57. Los valores ácidos ocurren en las estaciones **14f-016** (3,20), **14f-025** (3,95), **14f-039** (4,66), **14f-044** (4,35). Los niveles de sulfatos están por debajo del límite de calidad de agua (400 mg/l).

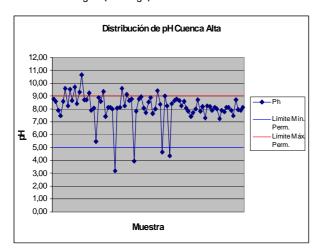


Fig. Nº 5.3 pH en aguas- Cuenca Alta

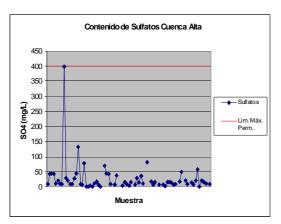


Fig.Nº 5.4. Sulfatos en aguas-Cuenca Alta

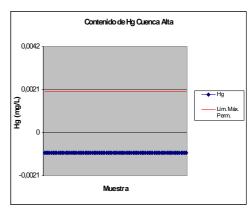


Fig.Nº 5.2 Hg en aguas - Cuenca Alta

Los niveles de arsénico, cadmio y plomo están mayormente por debajo de sus respectivos límites de detección, no habiéndose detectado valores por encima de los límites de calidad de agua, al igual que el zinc, con la diferencia que sus niveles son mayormente superiores a los límites de detección.

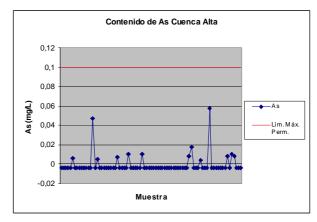


Fig. Nº 5.5 As en aguas - Cuenca Alta

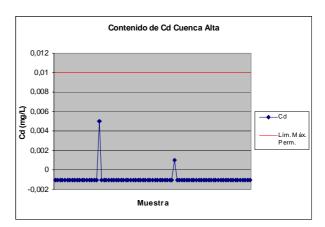


Fig.Nº 5.6 Cd en aguas - Cuenca Alta

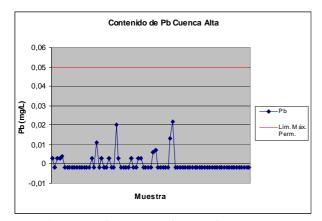


Fig. Nº 5.7 Pb en aguas - Cuenca Alta

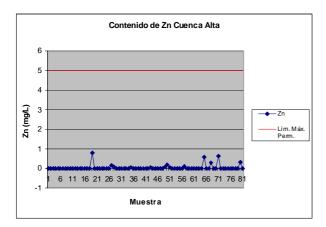


Fig. Nº 5.8 Zn en aguas - Cuenca Alta

Los niveles de cobre superan el límite de calidad de agua (0,5 mg/) en tres estaciones de muestreo: **14f-003** (1,958 mg/l), **14f-016** (2,252 mg/l) y **14f-044** (2,544 mg/l), las cuales corresponden al sector de Tantahuatay.

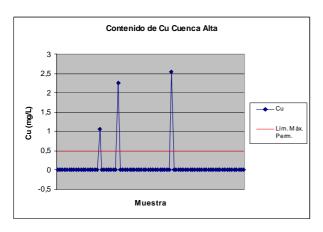


Fig.Nº 5.9 Cu en aguas - Cuenca Alta

En el caso del hierro, el límite de calidad de agua (0,3 mg/l), fue superado en 4 estaciones: **14f-016** (6,05 mg/l), **14f-025** (1,62 mg/l), **14f-039** (0,87 mg/l) y **14f-044** (4,51 mg/l); en la primera y última de las mencionadas, los valores coinciden con altos valores en Cu, tal como se aprecia en la figura anterior.

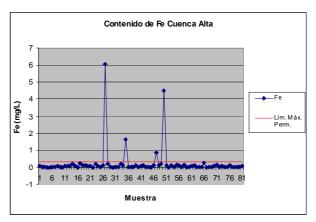


Fig. Nº 5.10 Fe en aguas - Cuenca Alta

El níquel es otro caso donde los niveles sobrepasan el límite de calidad de agua (0,002mg/l) en cuatro estaciones: **14f-003** (0,004mg/l), **14f-025** (0,003mg/l), **14f-042** (0,005mg/l).

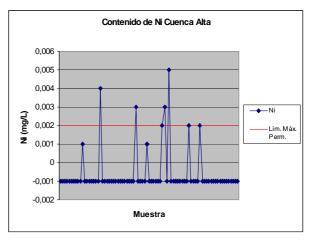


Fig.Nº 5.11 Ni en aguas- Cuenca Alta

Los niveles de los metales en este sector son por lo general bajos, con excepción del cobre, hierro y níquel en las inmediaciones del sector Tantahuatay, dado que en tres de las quebradas que drenan dicha área, sobrepasan los límites de calidad de aguas, lo que implica que dichos valores «anómalos» tienen como fuente a dicho prospecto minero y afloramientos adyacentes. Es importante resaltar que la acidez de las aguas detectada en el referido sector, es

neutralizada aguas abajo por la presencia de calizas, obteniéndose valores dentro del rango permitido por la Ley General de Aguas.

#### Calidad del Agua en la 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 Chancay como son los ríos Maichu, Camellón y quebrada Montería.

Los resultados del análisis de calidad del agua se presentan en las Figuras 5.12 al 5.22 y en la Tabla 5.10.

Los niveles de cadmio y mercurio están por debajo de sus respectivos límites de detección.

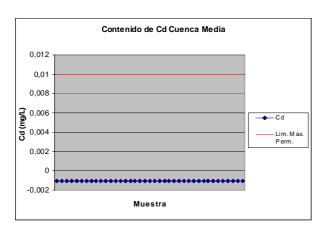


Fig. Nº 5.12. Cd en aguas- Cuenca Media

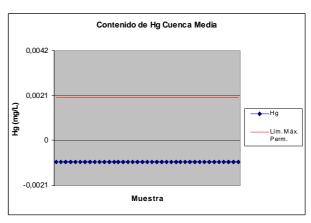


Fig. Nº 5.13 Hg en aguas- Cuenca Media

Los niveles de sulfatos en la muestra **14e-069**, superan el límite de calidad de agua (400 mg/l), alcanzando los 517 mg/l en el río Chancay, 4 km aguas arriba de su confluencia con el río Maychu. Estos valores serían el resultado de la oxidación bacterial de las rocas del Volcánico Calipuy, que contienen sulfuros de manera natural. Podría considerarse asimismo, que según la prospección geoquímica de sedimentos efectuada en esta cuenca, se ha detectado una anomalía de oro en la quebrada Topala, unos 4 km aguas arriba de dicha ubicación.

Tabla Nº 5.10
Resumen de Calidad del Agua Superficial de la Cuenca Media del río Chancay- Lambayeque

	рН	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
Lim,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-002	7,84	146	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	0,004	0,008
13e-003	7,97		0,031	<0,001	0,138	0,108	0,12	<0,001	0,138	0,404	0,084
14e-069	8,04	517	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,023

<sup>\*</sup> 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.

En cuanto al pH, los niveles se encuentran dentro del rango aceptable para el uso de aguas tipo I, II y III.

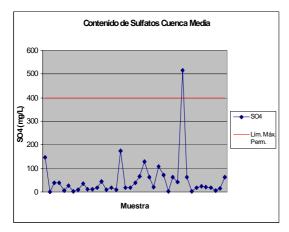


Fig. Nº 5.14 Sulfatos en aguas-Cuenca Media

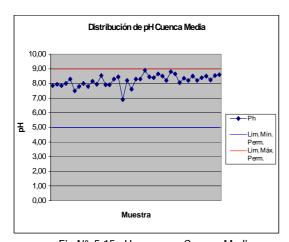


Fig.N° 5.15 pH en aguas-Cuenca Media

Los niveles de arsénico, cromo, níquel y plomo están mayormente por debajo de sus respectivos límites de detección, habiéndose detectado valores muy por encima de los límites de calidad de agua en la estación 13e-003, donde tiene 0,138 mg/l Cr, 0,138 mg/l Ni y 0,404 mg/l Pb. Se ubica en el límite septentrional de la cuenca Chancay (hoja Incahuasi), en las aguas que drenan el cerro Peña Negra. Se trata de una contaminación natural de las aguas, toda vez que los sedimentos muestreados en dicha ubicación han dado valores anómalos por plata y antimonio.

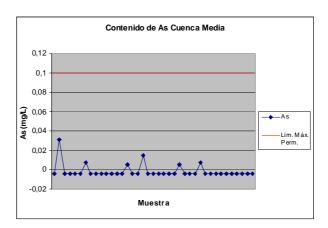


Fig.Nº 5.16 As en aguas - Cuenca Media

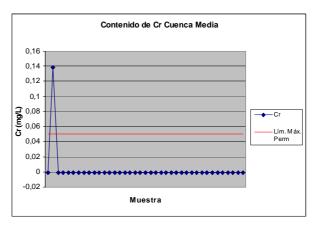


Fig.Nº 5.17 Cr en aguas - Cuenca Media

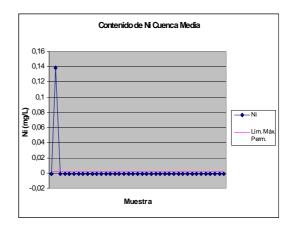


Fig. Nº 5.18 Ni en aguas - Cuenca Media

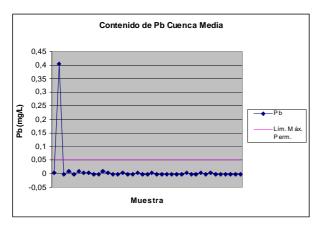


Fig. Nº 5.19 Pb en aguas - Cuenca Media

Los niveles de cobre y zinc están mayormente por encima de los límites de detección, sin llegar a superar los límites de calidad de agua.

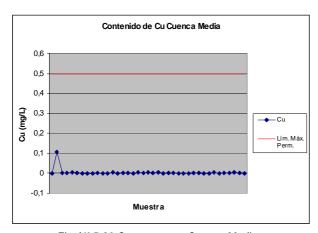


Fig. Nº 5.20 Cu en aguas - Cuenca Media

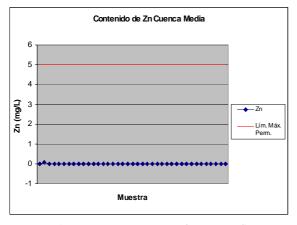


Fig. Nº 5.21 Zn en aguas - Cuenca Media

En el caso del hierro, en la estación **14e-200** los niveles superan el límite de calidad de agua (0,3 mg/l), con 0,87 mg/l entre Cuculí Viejo y La Puntilla. La muestra de sedimento tomada en este lugar da resultados anómalos en oro y cromo, indicándonos la presencia de alguna ocurrencia mineralizada natural aguas arriba de dicha ubicación.

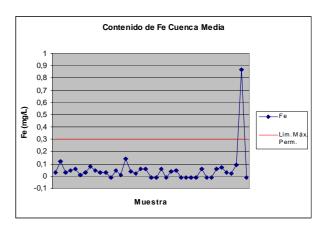


Fig.N° 5.22 Fe en aguas - Cuenca Media

#### Calidad del Agua en la Cuenca Baja

Se ejecutó un programa de muestreo en el área considerada como la cuenca baja, a partir del repartidor La Puntilla, lugar donde el río Chancay se divide en los ríos Lambayeque, Reque y Canal Taymi. Los resultados se presentan en la Tabla Nº 5.11 (resaltándose las cifras que exceden los límites) y en las Figuras 5.23 al 5.33.

Los valores de pH se encuentran dentro del rango aceptable, mientras que los niveles de sulfatos excedieron el límite de calidad de agua en la estación 14d-017, donde alcanzan los 759 mg/l. Esta ubicación corresponde a la boca del río Reque, en Puerto Eten, donde hay una fuerte influencia del agua marina.

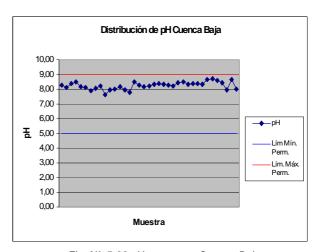


Fig. Nº 5.23 pH en aguas- Cuenca Baja

Tabla Nº 5.11

Muestras de agua que exceden los límites de calidad de agua-cuenca Baja

	рН	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,cal.de agua*	5-9	400	0,1	0,01	0,05	0,5	0,3	0,002	0,002	0,05	5
Lím, de detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
14d-003	8,36	20	0,008	<0,001	<0,001	0,002	0,04	<0,001	0,003	0,002	0,009
14d-017	8,51	759	0,007	<0,001	0,003	<0,001	0,08	<0,001	0,001	<0,002	0,004
14d-030	8,4	21	0,008	0,008	0,003	0,029	0,15	<0,001	0,005	0,016	0,07

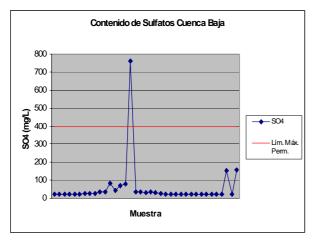
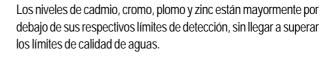


Fig. Nº 5.24 Sulfatos en aguas- Cuenca Baja

Al igual que en la cuenca alta y media, los niveles de mercurio están por debajo del límite de detección.



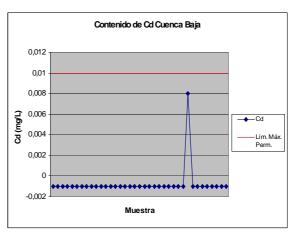


Fig. Nº 5.26 Cd en aguas - Cuenca Baja

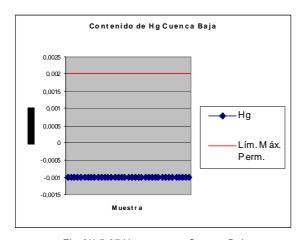


Fig. N° 5.25 Hg en aguas-Cuenca Baja

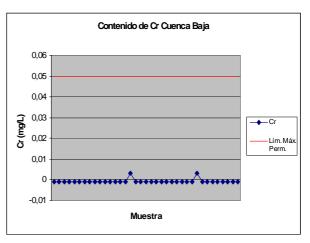


Fig. Nº 5.27 Cr en aguas - Cuenca Baja

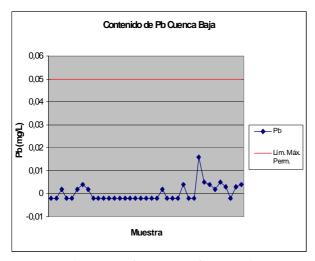


Fig. Nº 5.28 Pb en aguas - Cuenca Baja

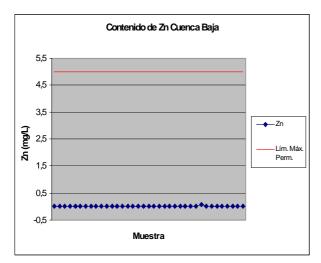


Fig. Nº 5.29 Zn en aguas - Cuenca Baja

En el caso del arsénico, cobre y hierro, los niveles están mayormente por encima del límite de detección, sin llegar a superar los límites de calidad referidos.

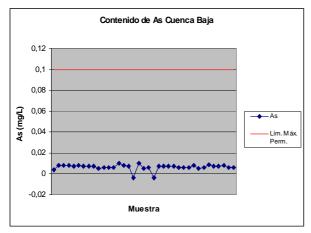


Fig. Nº 5.30 As en aguas - Cuenca Baja

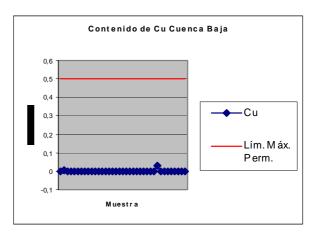


Fig. N º 5.31 Cu en aguas- Cuenca Baja

Los niveles de níquel llegan a superar el límite de calidad de agua (0,002 mg/l) en dos estaciones: **14d-003** (0,003 mg/l) y **14d-030** (0,005 mg/l). La muestra **14d-003** se ubica en el río Lambayeque, 2 km aguas abajo del repartidor La Puntilla, mientras que la muestra **14d-030** se ubica en el canal Taymi, en los alrededores de la Hda. Luya, donde se hace más evidente la contaminación antrópica, con un cuerpo de agua bastante turbia y con deshechos arrojados por los pobladores.

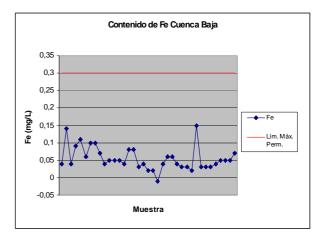


Fig. Nº 5.32 Fe en aguas- Cuenca Baja

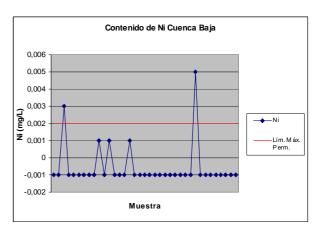


Fig. Nº 5.33 Ni en aguas-Cuenca Baja

#### Niveles contaminantes en sedimentos

A partir del muestreo de sedimentos de corriente efectuado en los sectores alto y medio de la cuenca, se han definido lugares que indican niveles de arsénico y cobre que superan los límites máximos permisibles según la Tabla Holandesa (Tabla  $N^{\circ}$  5.12), tal como se puede apreciar en el Mapa  $N^{\circ}$  5.3.

#### Cuenca Alta

En la cuenca alta, los niveles de cadmio, plomo, zinc y mercurio resultan muy por debajo de los LMP, mientras que en el hierro y

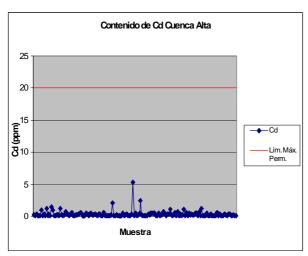


Fig. Nº 5.34 Cd en sedimentos – Cuenca Alta

manganeso el comportamiento es de mayor variabilidad, sin llegar a alcanzar los LMP.

En la Tabla Nº 5.12 se observan las muestras de sedimento que superan los límites máximos permisibles de acuerdo a la Tabla Holandesa.

En las figuras 5.34 al 5.41 se observa el contenido metálico en este sector de la cuenca, así como los límites máximos permisibles.

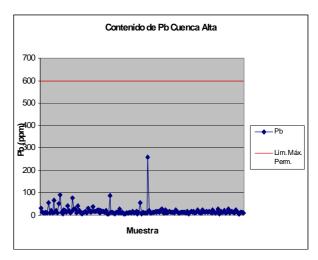


Fig. Nº 5.35 Pb en sedimentos – Cuenca Alta

Tabla Nº 5.12 Muestras de sedimento que superan el Límite Máximo Permisibles (LMP)

	As	Cd	Cu	Fe*	Hg	Mn*	Pb	Zn
	ppm	ppm	Ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP **	50	20	500	10	10	3 000	600	3 000
14f-167	65	0,98	38,9	4,35	0,86	1 426	55,1	170
14f-163	82	1,23	46,6	4,64	2,72	1 307	67,9	162
14f-162	102	0,14	13	1,61	0,26	879	12,6	40
14f-158	53	1,49	42,6	3,74	2,54	2 133	51,1	186
14f-157	136	0,99	49,7	3,7	3,74	882	90,3	158
14f-152	95	0,14	13,3	4,25	0,1	1 757	13,8	68
14f-143	187	0,78	133,3	4,33	0,31	1 877	78,5	116
14f-138	69	0,63	25,3	4,67	0,16	1 439	21,4	136
14f-133	60	0,4	26,9	5,2	0,19	1 065	19,2	98
14f-128	51	0,32	9,9	1,87	0,29	927	21	78
14f-093	379	0,12	530,8	9,8	0,3	384	86,2	41
14f-083	16	2,14	640,9	3,22	2,39	1 046	27,2	439
14f-055	39	5,33	1466	3,24	0,54	1 536	56,2	1 036
14f-048	228	2,51	481,9	7,23	0,48	649	260,1	533
14e-007	51	0,14	11,4	1,39	0,06	888	15,9	33
14e-147	72	0,2	14,5	1,97	0,1	734	16,6	43

<sup>\*</sup> Estimado

<sup>\*\*</sup> Tabla Holandesa

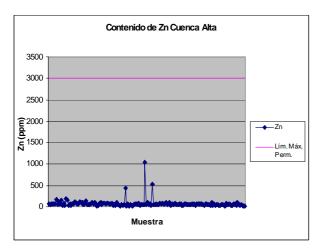


Fig. N° 5.36 Zn en sedimentos – Cuenca Alta

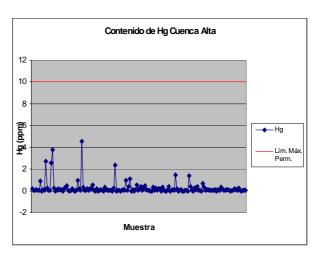


Fig. N° 5.37 Hg en sedimentos – Cuenca Alta

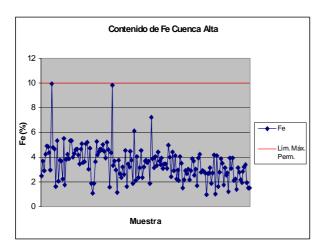


Fig. Nº 5.38 Fe en sedimentos – Cuenca Alta

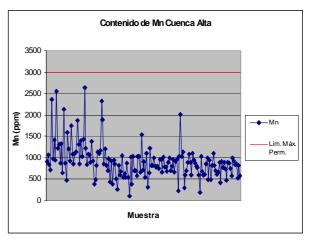


Fig. Nº 5.39 Mn en sedimentos - Cuenca Alta

Para el caso del arsénico y cobre, estos metales llegan a superar los límites máximos permisibles. En arsénico destacan 13 estaciones, llegando en una ocasión a triplicar el LMP (50 ppm) con 187 ppm en la muestra **14f-143**. Hay tres valores de cobre que superan el LMP (500 ppm), se trata de las muestras **14f-093** (531 ppm), **14f-083** (641 ppm) y **14f-055** (1466 ppm).

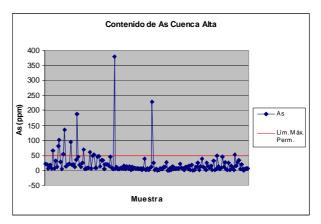


Fig. N° 5.40 As en sedimentos – Cuenca Alta

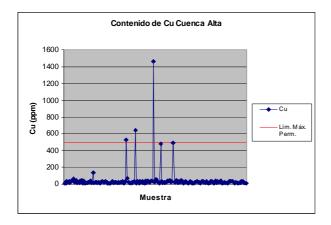


Fig. Nº 5.41 Cu en sedimentos – Cuenca Alta

#### Cuenca media

Salvo el arsénico, los otros siete elementos mostrados presentan niveles por debajo de los aceptables, tal como se puede apreciar en las figuras 5.42 al 5.49.

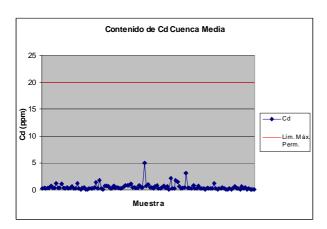


Fig. Nº 5.42 Cd en sedimentos-Cuenca Media.

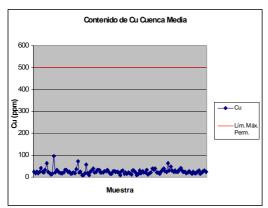


Fig. Nº 5.43 Cu en sedimentos – Cuenca Media

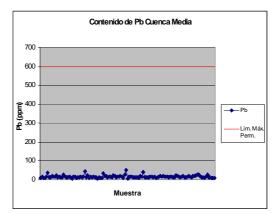


Fig. Nº 5.44 Pb en sedimentos - Cuenca Media

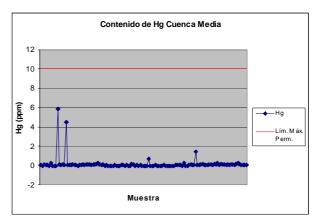


Fig. N° 5.45 Hg en sedimentos- Cuenca Media

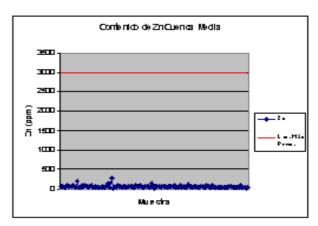


Fig. Nº 5.46 Zn en sedimentos – Cuenca Media

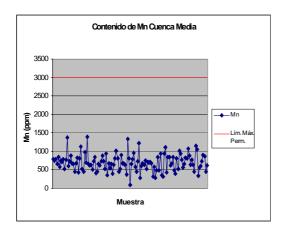


Fig. Nº 5.47 Fe en sedimentos - Cuenca Media

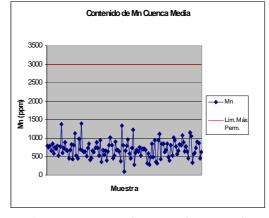


Fig. N° 5.48 Mn en sedimentos – Cuenca Media.

En cuanto al arsénico, en la muestra **14e-147** alcanza 72 ppm, llegando a sobrepasar el límite aceptable (50 ppm). La ubicación corresponde a la quebrada Punta de Oro, afluente del río Chancay por la margen izquierda, constituyéndose en contaminación natural.

En la parte baja de la cuenca no se han tomado muestras de sedimento por lo que se carece de información al respecto, aunque es evidente la contaminación de las aguas por la actividad antrópica, la cual se produce por el arrojo de desechos de todo tipo en cada uno de los ríos.

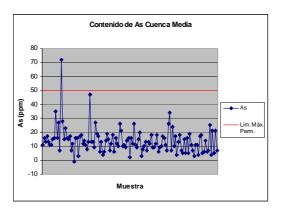


Fig. Nº 5.49 As en sedimentos - Cuenca Media

# PÁGINA EN BLANCO

### **CONCLUSIONES**

- En términos generales, salvo casos puntuales, se ha determinado que la calidad geoquímica de las aguas de la cuenca Chancay-Lambayeque en cuanto a la concentración de metales, es buena para consumo doméstico y agropecuario, debiéndose complementar el estudio con los análisis de tipo bacteriológico a cargo de otras entidades del Estado.
- Un sector considerado crítico es el área comprendida en la cercanía al prospecto minero de Tantahuatay, en las cabeceras de la cuenca, donde se ha determinado la presencia de drenaje ácido de roca, con aguas en condiciones de pH ácido y con niveles de hierro, cobre y zinc que sobrepasan los límites de calidad de aguas según lo normado por la Ley General de Aguas.
  - Es importante resaltar que la acidez de las aguas detectada en el referido sector, es neutralizada luego aguas abajo por la presencia de calizas, obteniéndose valores que están dentro del rango de lo establecido por la Norma.
- En la cuenca se ha determinado la existencia de seis muestras de agua que sobrepasan los límites de concentración en cromoníquel-plomo, sulfatos, hierro o níquel en las localidades de Popa, San Juan de Lucupis-La Capilla, Cuculí Viejo y Cerro Desaguadero-Luya, respectivamente; habiéndose comprobado que dichos valores están relacionados a la actividad humana.

- Del muestreo de sedimentos se han determinado dos sectores cuyas muestras (según Tabla Holandesa) exceden los límites máximos permisibles en arsénico, correspondiendo a las zonas de Tantahuatay y La Zanja, con el añadido que en la primera de las mencionadas, tres muestras exceden los límites permisibles en cobre. Estos valores parecen ligados a la ocurrencia natural de los minerales. Otras dos muestras sobrepasan en arsénico, sin estar ligadas aparentemente a alguna ocurrencia mineral.
- Se recomienda efectuar un estudio geoquímico de detalle en aquellas zonas donde los niveles de calidad de agua hayan sido superados, con el fin de establecer los niveles de biodisponibilidad de cada una y por ende, determinar el nivel de peligrosidad para la vida animal y/o vegetal.
- Se han determinado un total de 35 anomalías geoquímicas, considerando aquellas a partir de una intensidad moderada, a excepción de las anomalías de oro, las cuales han sido consideradas de intensidad débil, debido a su corta dispersión.
- Aproximadamente el 50% de las anomalías determinadas, están relacionadas directamente a los volcánicos Calipuy, mientras que el 50% restante tiene que ver básicamente con los intrusivos neógenos.

# PÁGINA EN BLANCO

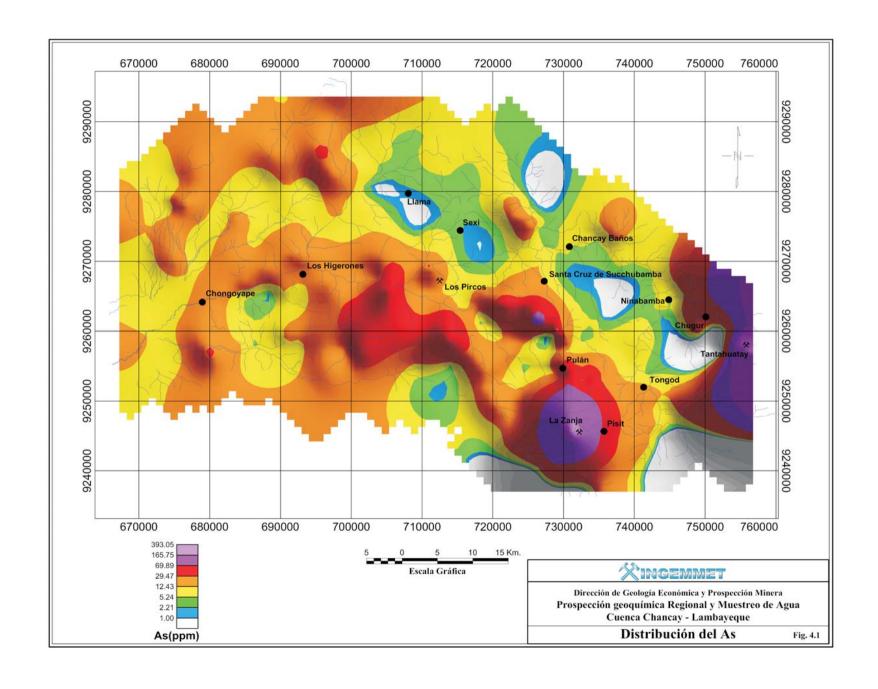
### **BIBLIOGRAFÍA**

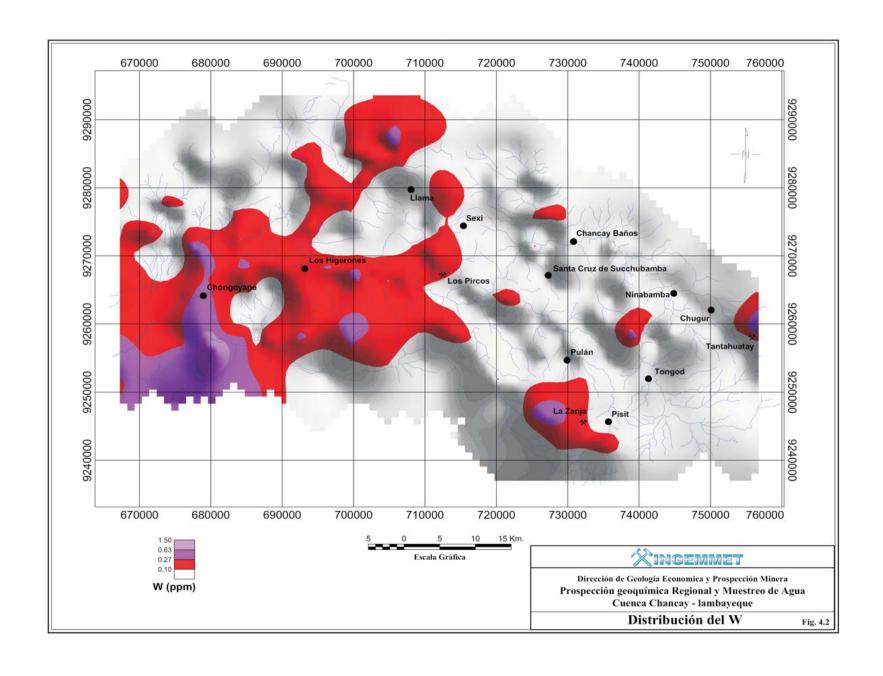
- BANKS, D.A., et al. (2004) Distribution, salinity and ph dependence of elements in surface waters of the catchment areas of the salars of Coipasa and Uyuni, Bolivian Altiplano. *Journal of Geochemical Exploration*, 84 (3): 141-166.
- BELLIDO, E. & DE MONTREUIL, L. (1972) Aspectos generales de la metalogenia del Perú. *Serv. Geol. Min., Boletín, Serie B: Geología Económica*, 1, 149 p.
- COBBING, E.J., et al. (1981) Estudio geológico de la Cordillera Occidental del norte de Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie D: Est. Esp.*, 10, 252 p.
- EL SALVADOR. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL (1999) Norma salvadoreña obligatoria para la calidad del agua potable. San Salvador: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación (COSUDE).
- DARNLEY, A.G., et al. (1992) Aglobal geochemical database for environmental and resource management. Recommendations for International Geochemical Mapping: final report of IGCP Project 259. Paris: UNESCO, 122 p. Earth Sciences 19
- FICKLIN, W.H. & MOSIER, E.L. (1999) Field methods for sampling and analysis of environment samples unstable and selected stable constituents. En: Plumlee, G.S. & Logsdon, M.J., eds. *The environmental geochemistry of mineral deposits, Part A: processes, techniques, and health issues*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, p. 249-264, Reviews in Economic Geology, vol. 6A.
- HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. (1962) *Geochemistry in mineral exploration*. New York: Harper and Row, 415 p.
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2002) Recursos minerales y potencial minero de la región Cajamarca, Informe inédito. Lima: INGEMMET.

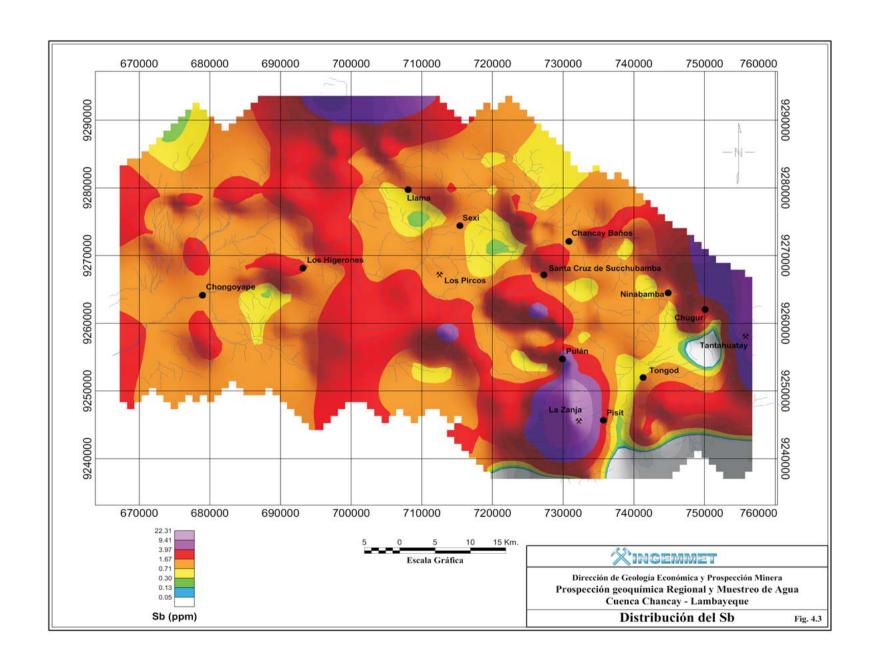
- MATYSEK, P.F.; JACKAMAN, W. & FEULGEN, S. (1991) 1991
  Regional geochemical survey release, Southeastern
  British Columbia: delivering a new generation of
  geochemical data (82E, F, G, J, K, L, M), (en línea).
  British Columbia Geological Survey Branch, Geological
  Fieldwork 1990, Paper 1991-1. (Consulta: 28 junio
  2006), Disponible en Web: <a href="http://www.em.gov.bc.ca/">http://www.em.gov.bc.ca/</a>
  DL/GSBPubs/GeoFldWk/1990/291-300-matysek.pdf>
- PERÚ. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES ENERGETICOS (s.a.) Protocolo de monitoreo de calidad de agua (en línea). Lima: MINEM, Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos. (Consulta: 12 abril 2006), Disponible en Web: <a href="http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaae/legislacion/guias/protocalidaaqua.pdf">http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaae/legislacion/guias/protocalidaaqua.pdf</a>
- PERÚ. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES (s.a.) Ley General de Aguas Decreto Ley 17752 (1969) (en línea). Lima: MINEM, Dir. General de Asuntos Ambientales. (Consulta: 28 junio 2006), disponible en Web: <a href="http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/publicaciones/compendio99/l17752.pdf">http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/publicaciones/compendio99/l17752.pdf</a>>
- STEINMÜLLER, K. (1999) Depósitos metálicos en el Perú: su metalogenia, sus modelos, su exploración y el medio ambiente. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 171 p.
- WILSON, J.J. (1984) Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac.*, 38, 104 p.

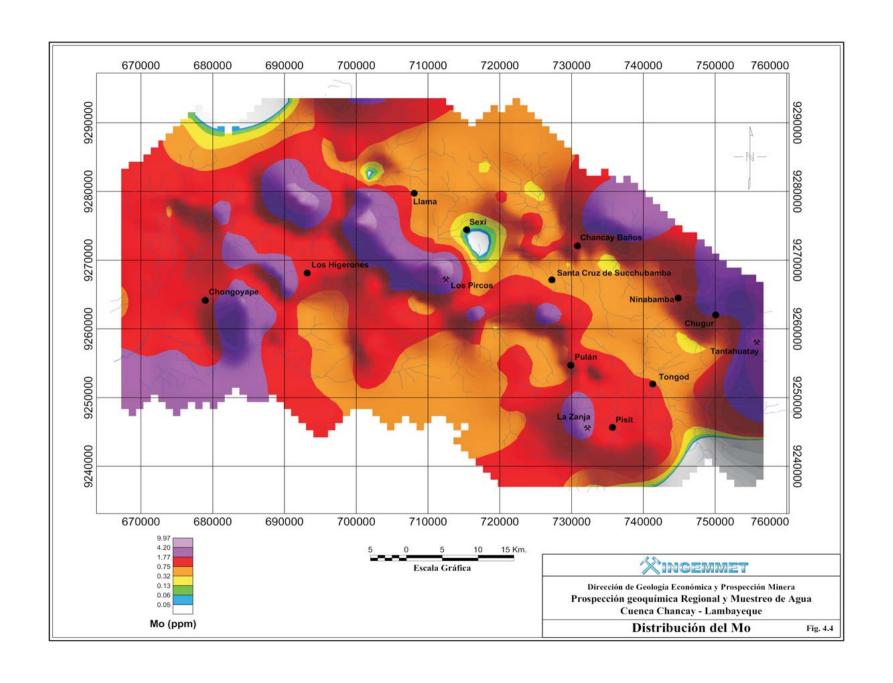
# PÁGINA EN BLANCO

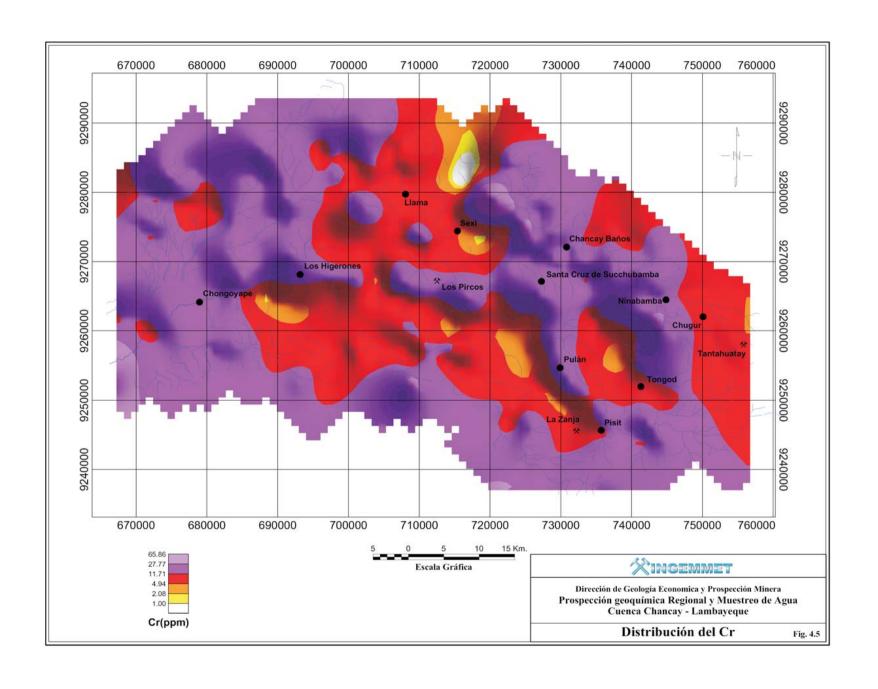


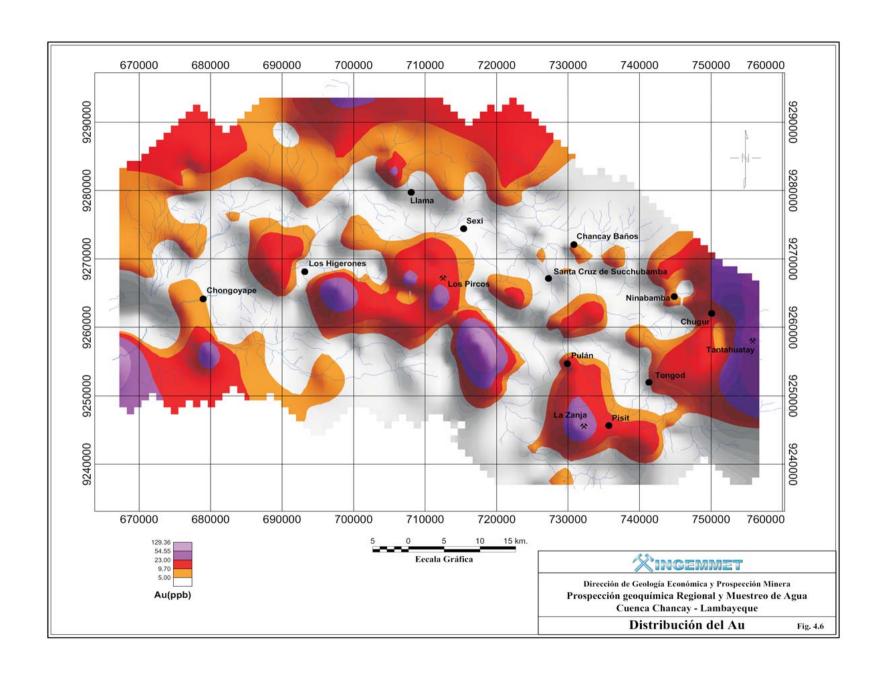


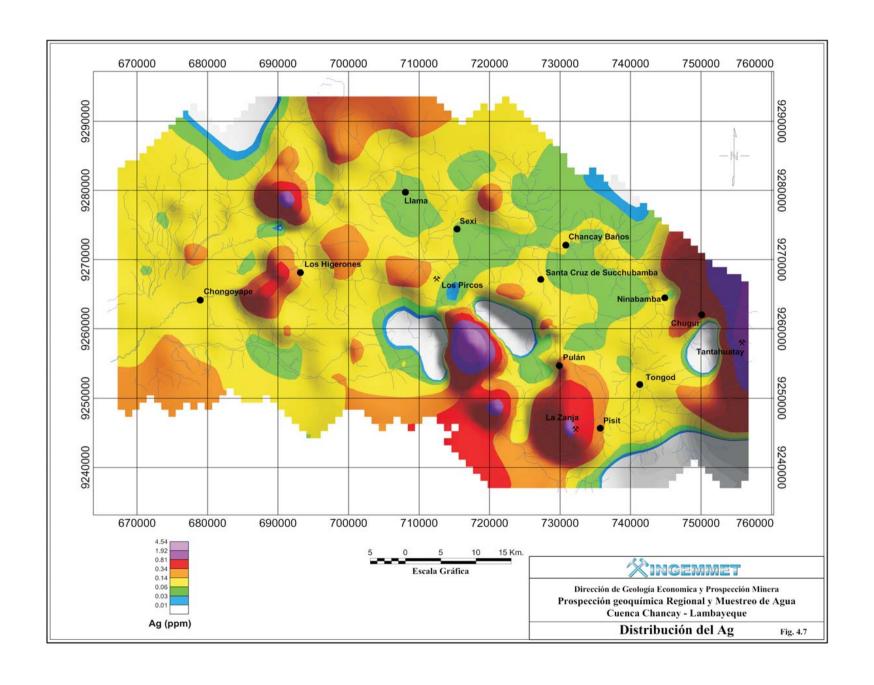


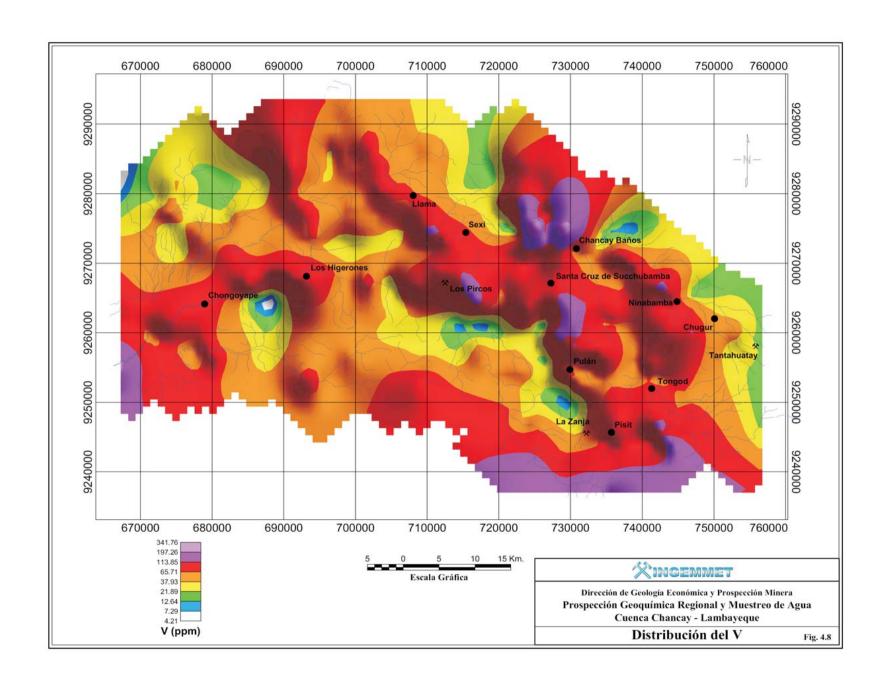


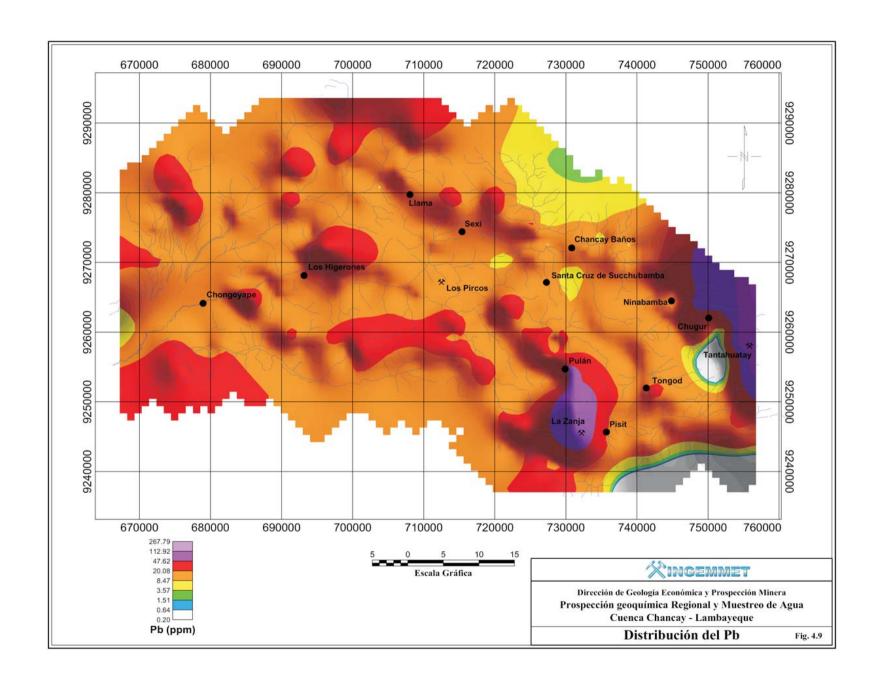


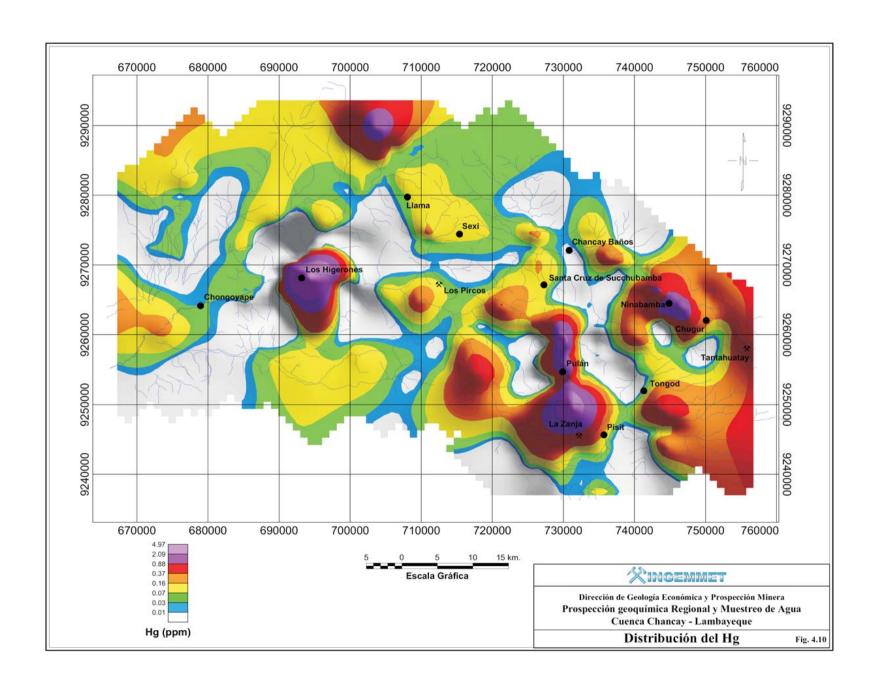


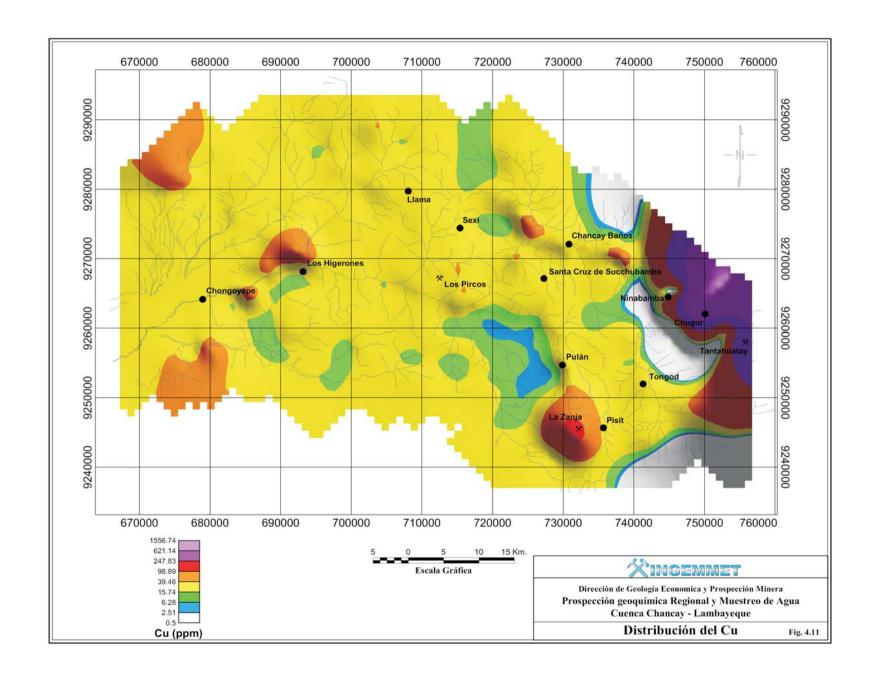


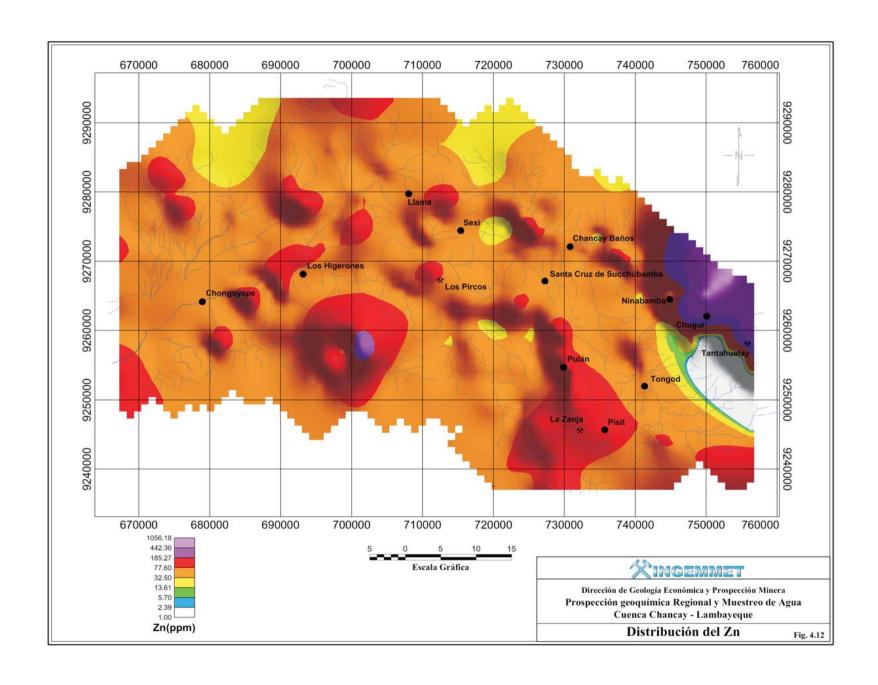


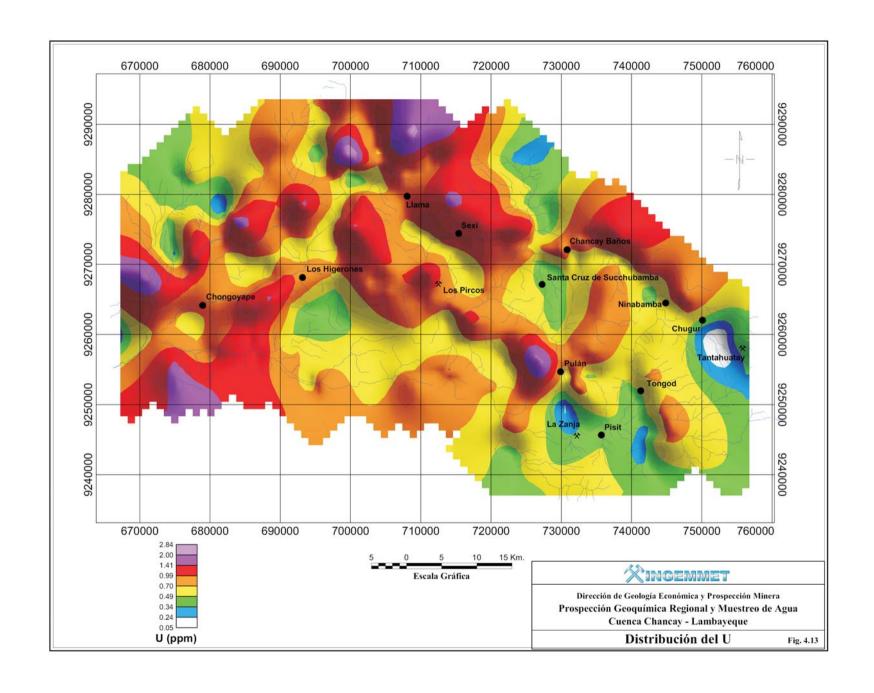


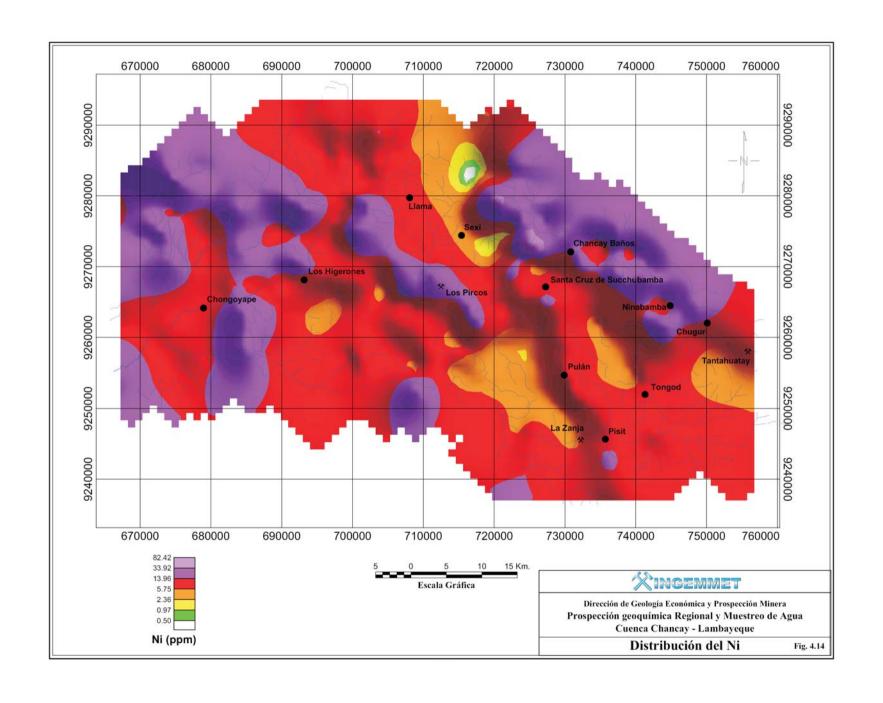


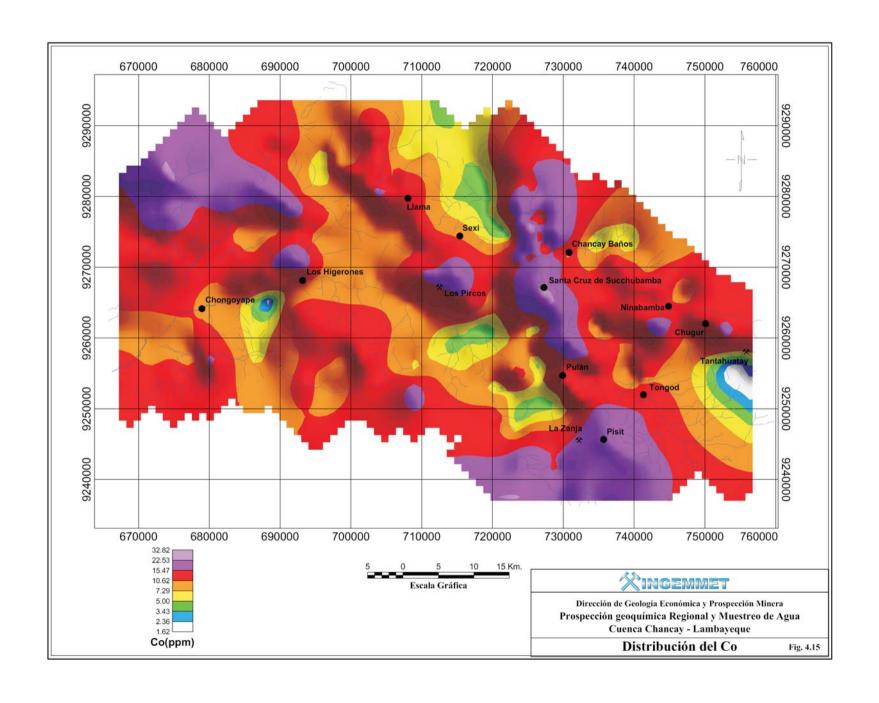


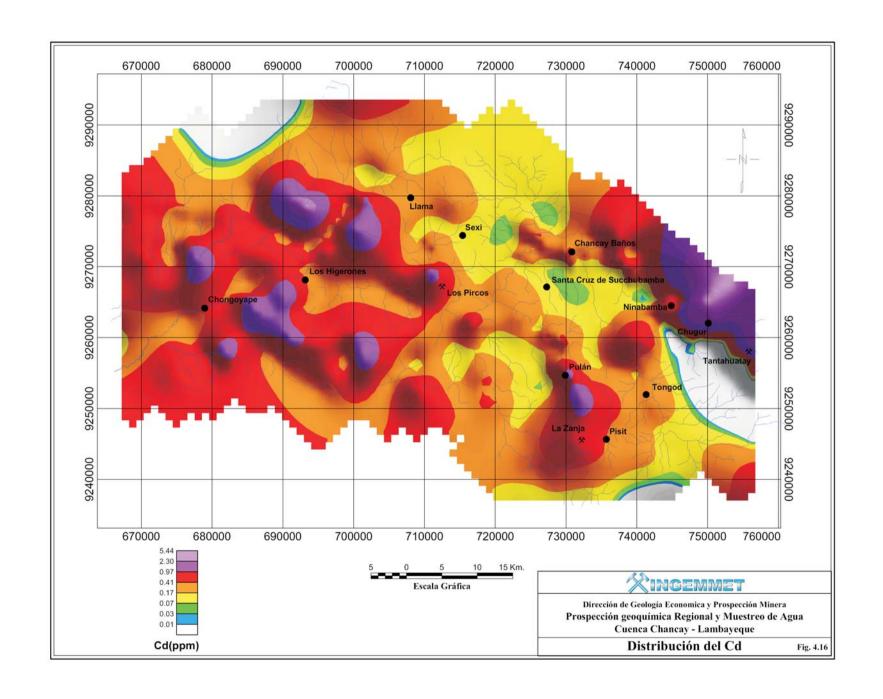






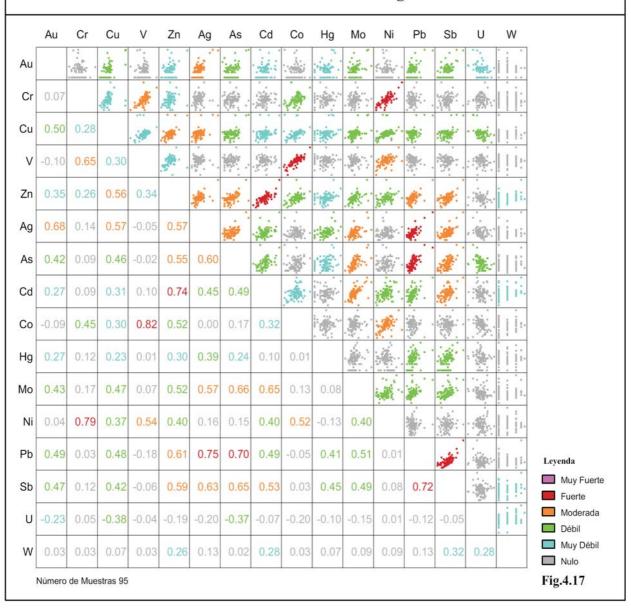






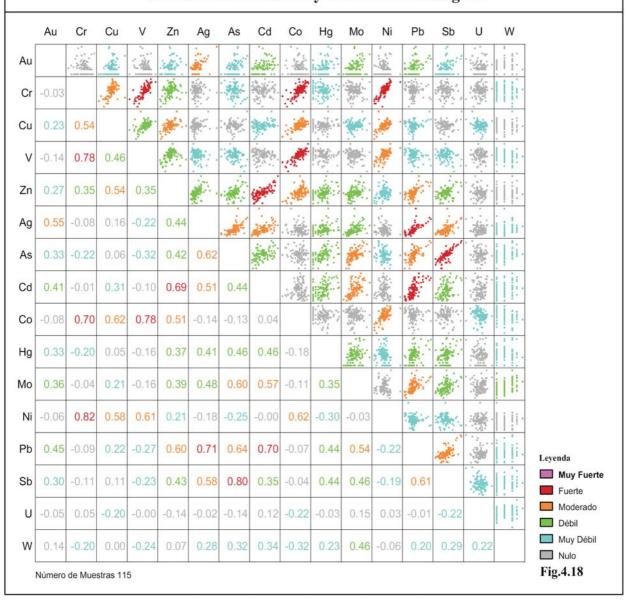
### Prospección Geoquímica Regional y Muestreo de Agua Cuenca Chancay - Lambayeque

# Correlación Tobas Ácidas del Neógeno



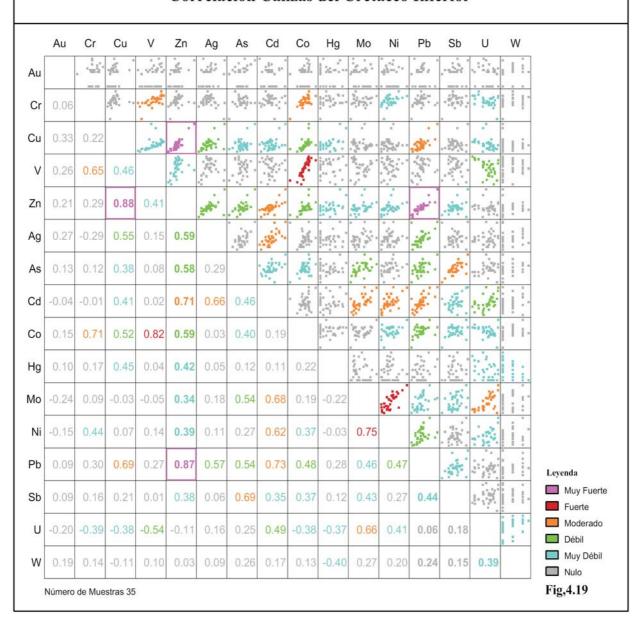
# Prospección geoquímica Regional y Muestreo de Aguas Cuenca Chancay - Lambayeque

## Correlación Andesitas y Dacitas del Paleógeno



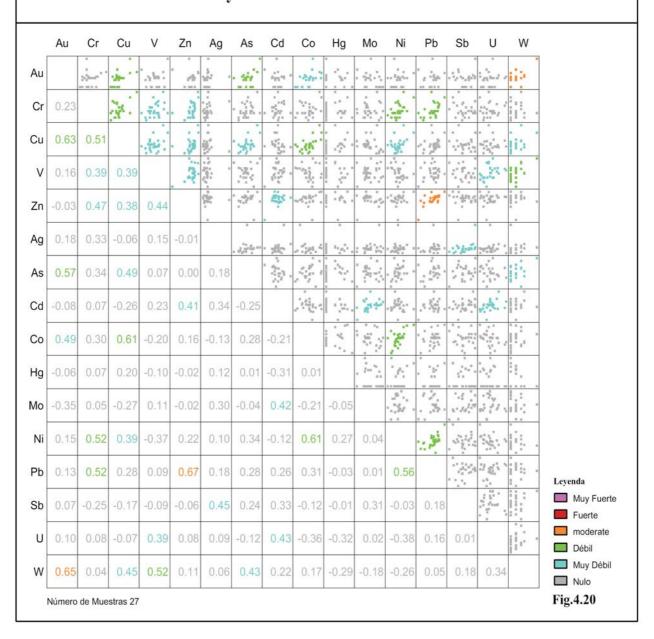
#### Prospección Geoquímica Regional y Muestreo de Agua Cuenca Chancay - Lambayeque

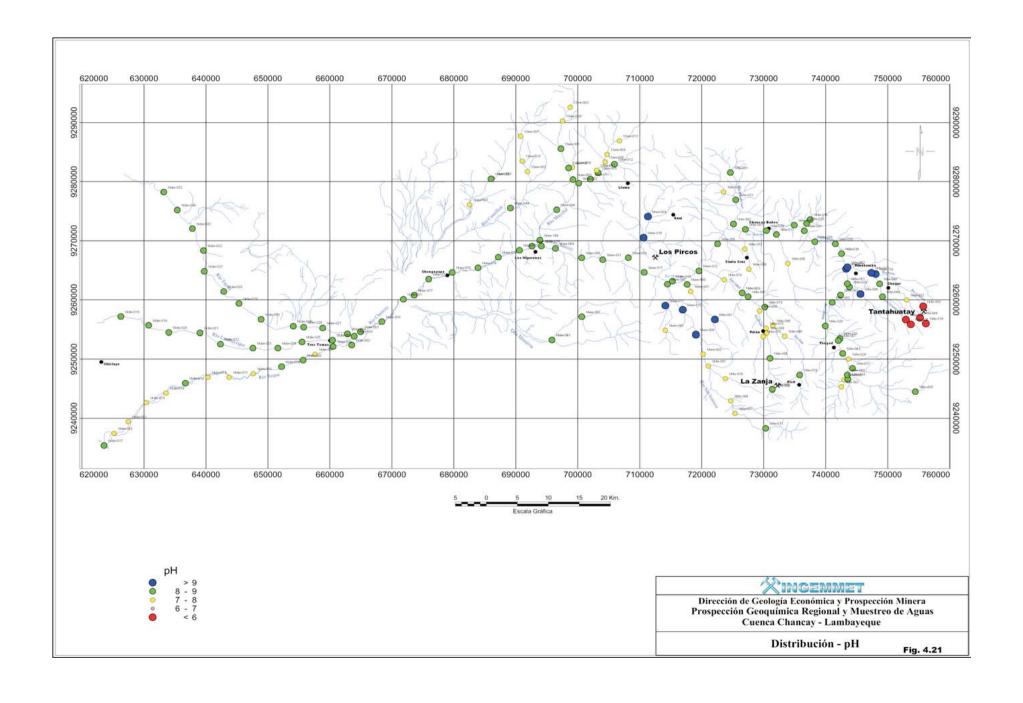
### Correlación Calizas del Cretáceo Inferior

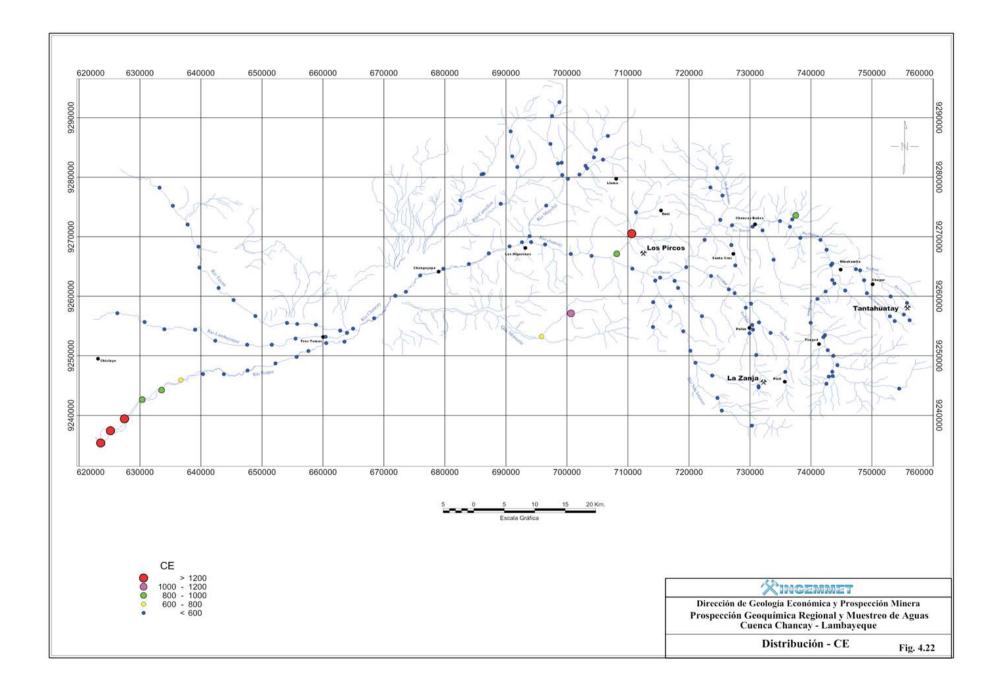


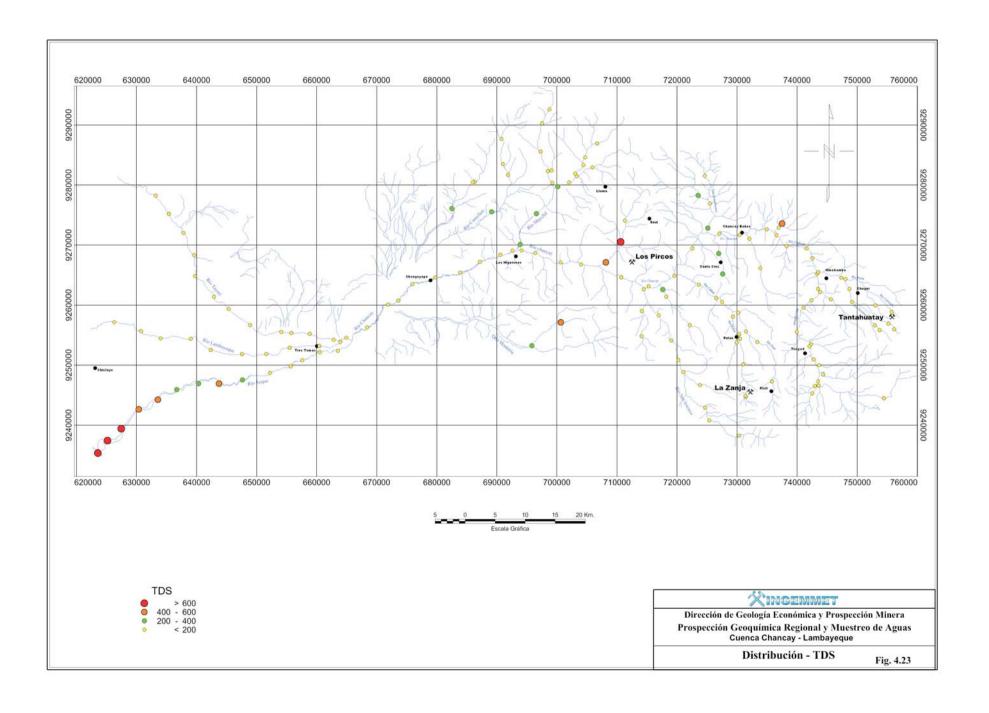
#### Prospección Geoquímica Regional y Muestreo de Agua Cuenca Chancay - Lambayeque

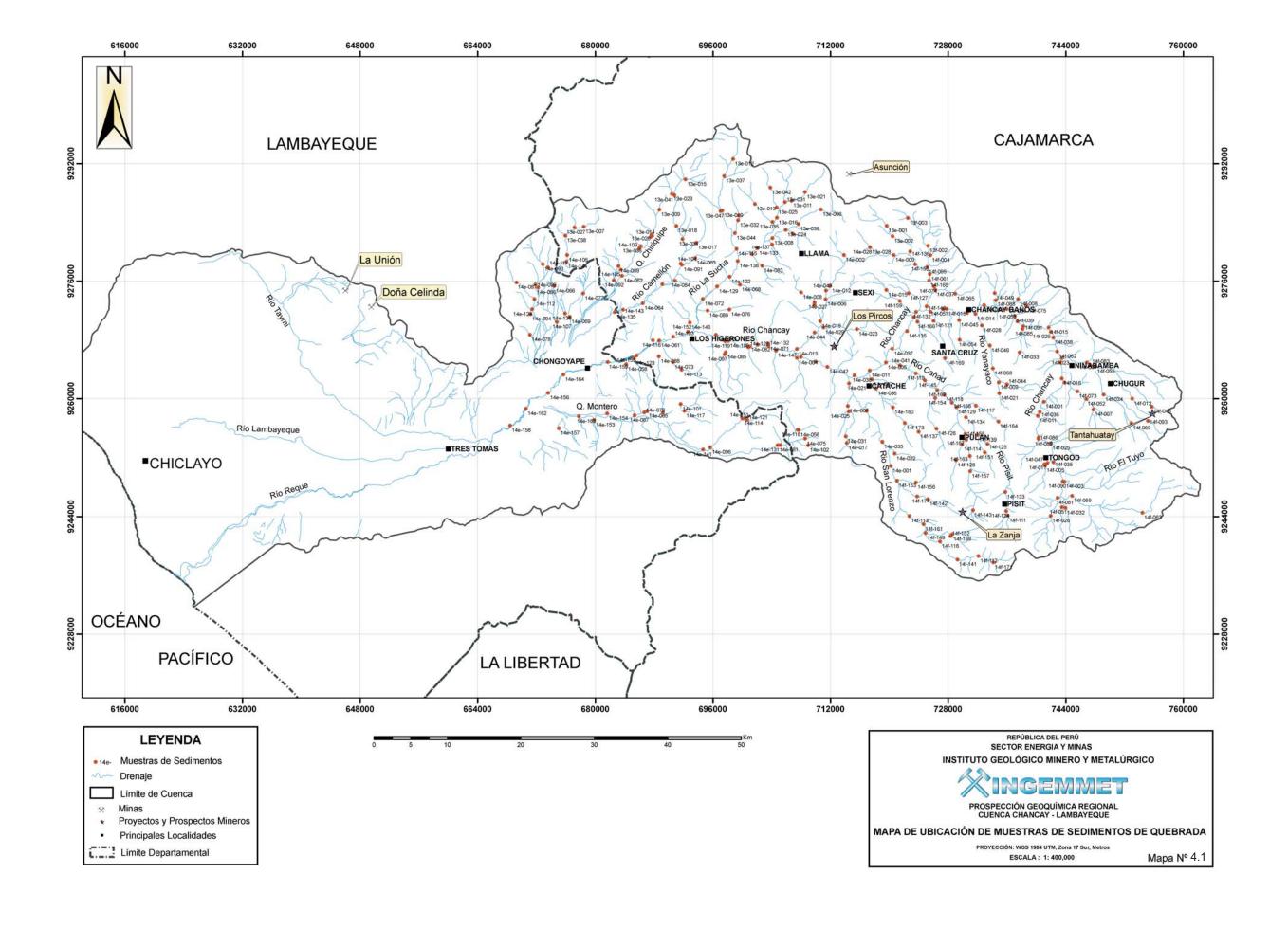
### Correlación Arenicas y Cuarcitas del Jurásico - Cretáceo Inferior

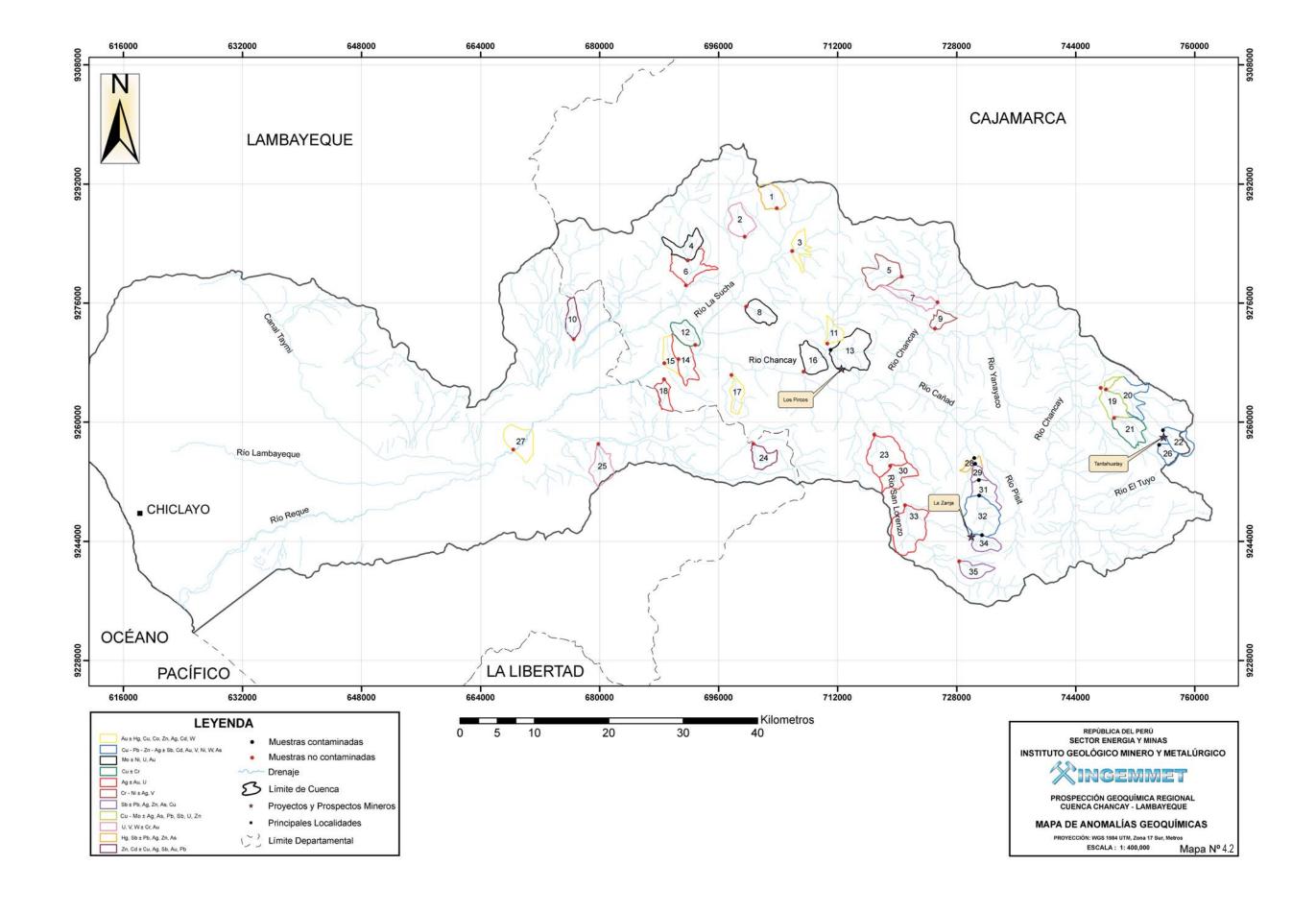


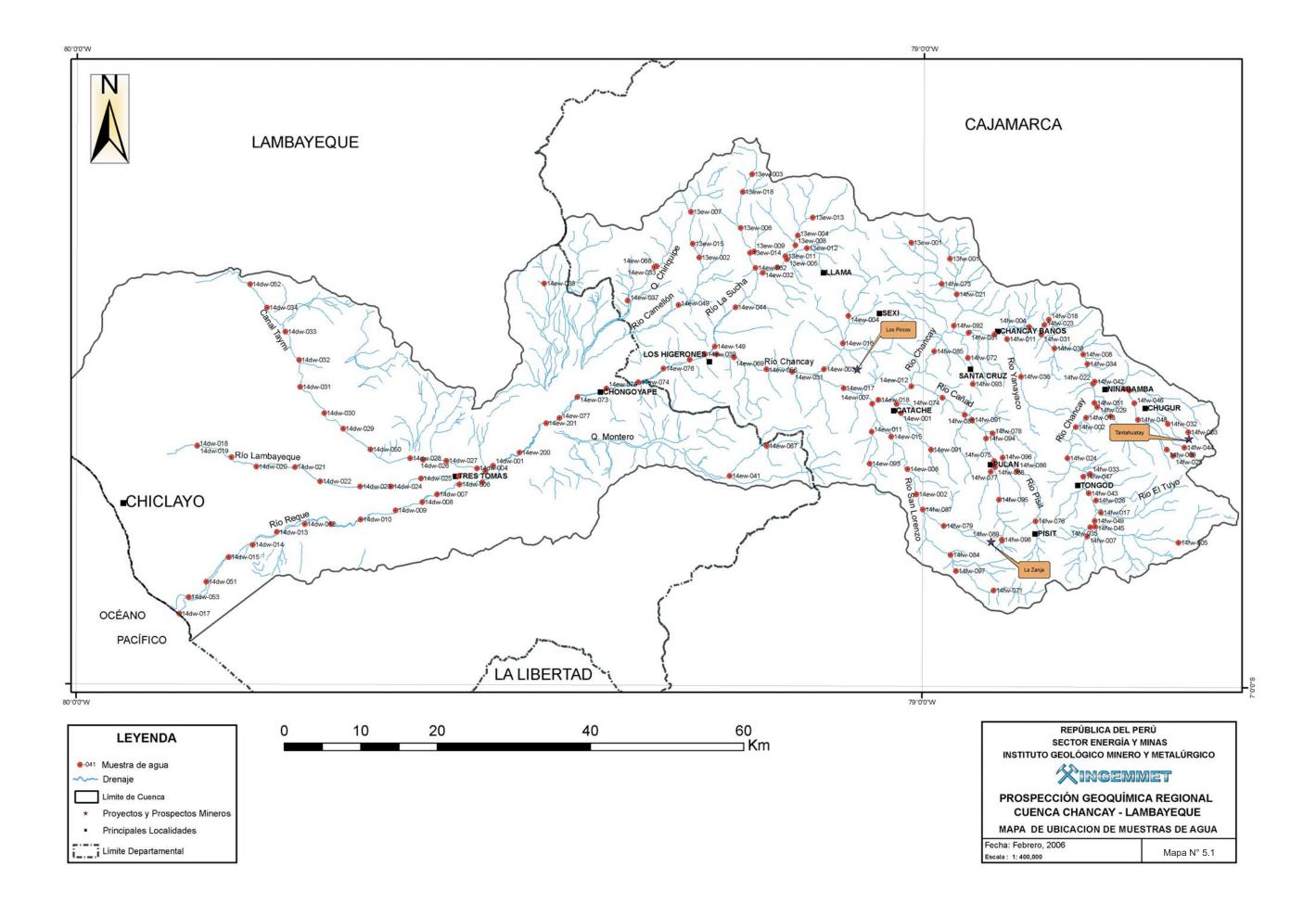


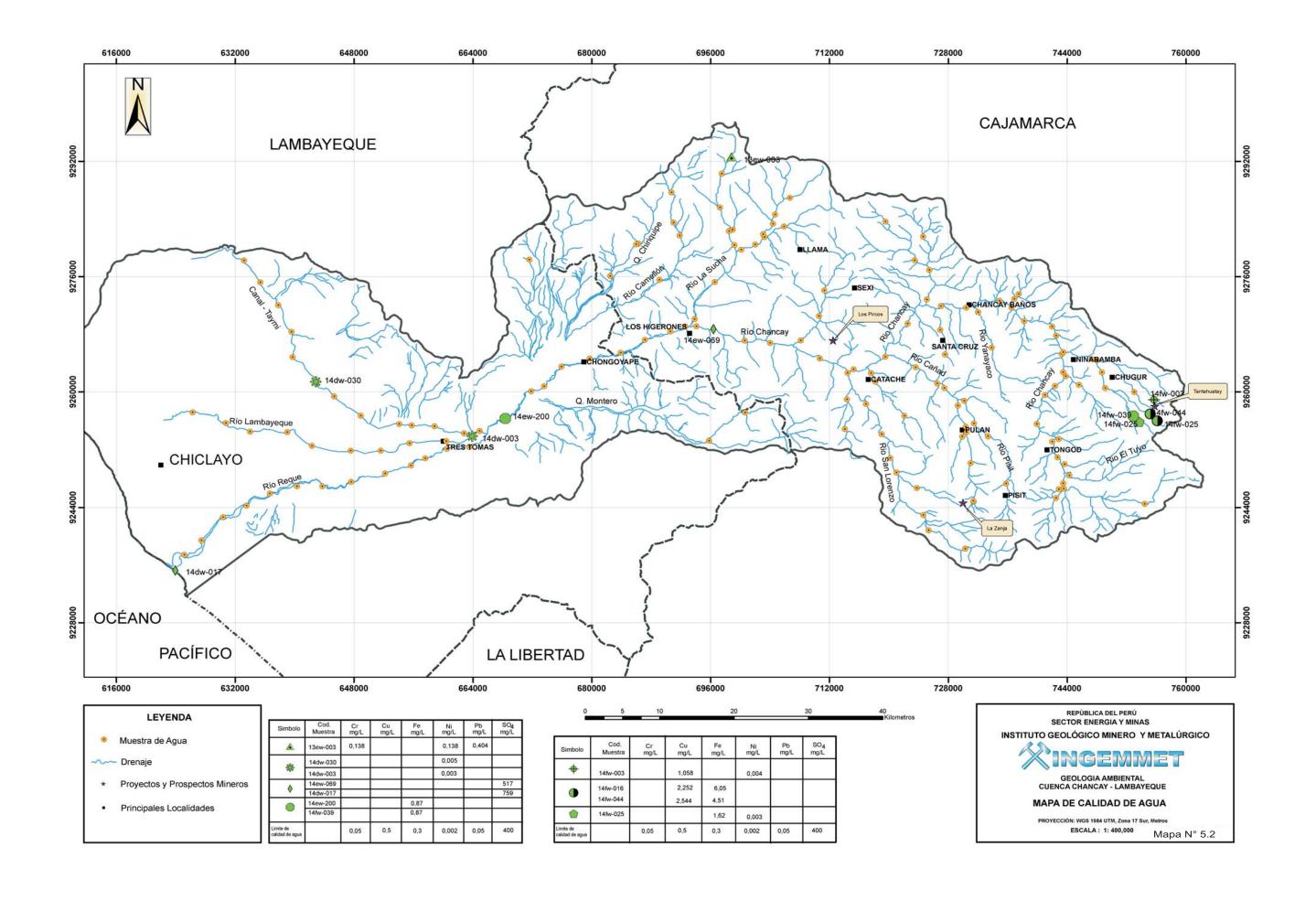












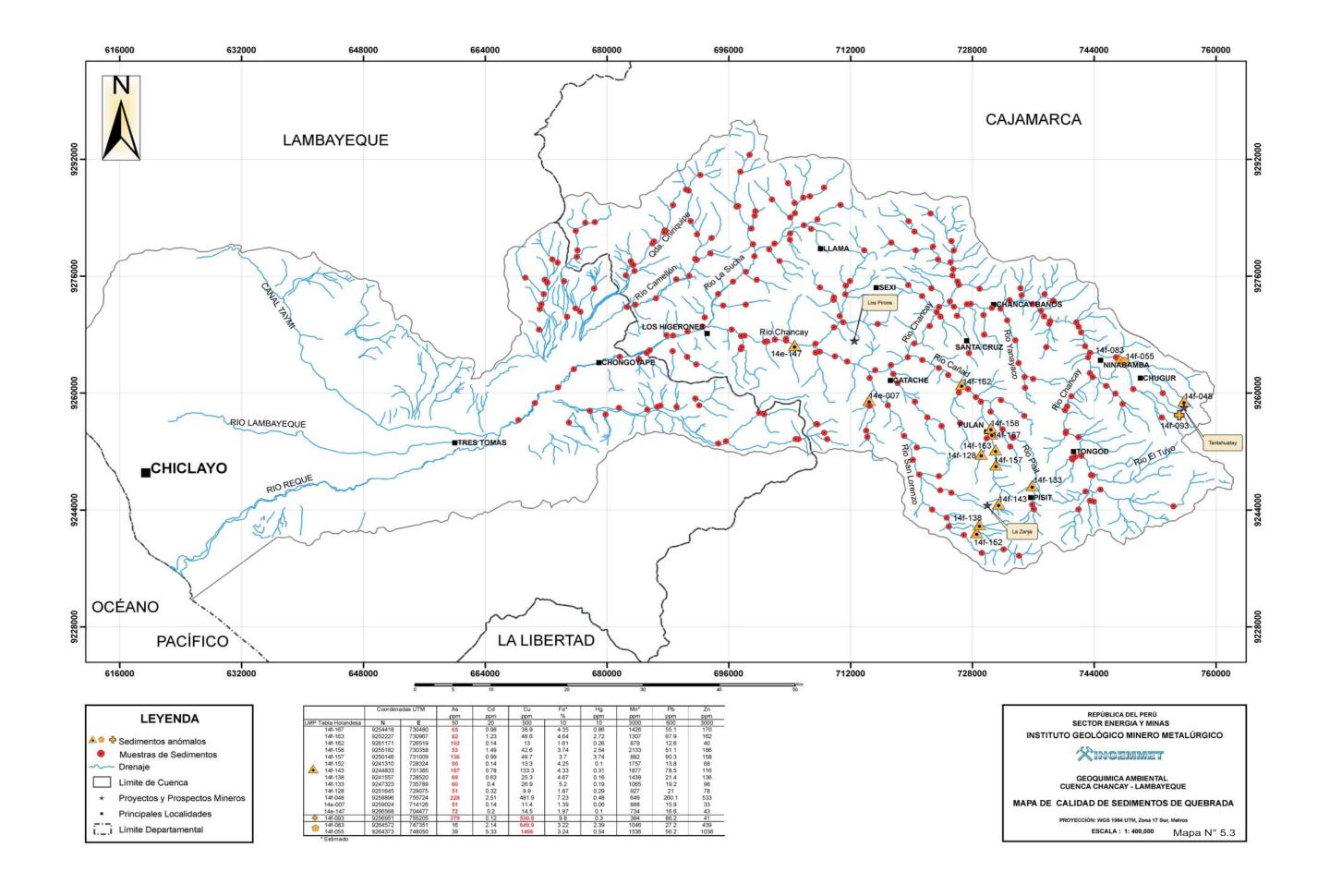




Tabla Nº 5.1
Resumen de calidad del agua superficial de la cuenca Alta del río Chancay- Lambayeque

	II	Sulfatos	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	рН	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	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 detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
13e-001	8,75	9	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,09	<0,001	<0,001	0,003	0,006
13f-001	8,57	42	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14e-001	7,88	46	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	0,003	0,008
14e-002	7,45	43	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,01	<0,001	<0,001	0,003	0,007
14e-003	8,61	11	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,01	<0,001	<0,001	0,004	0,009
14e-004	9,58	20	0,006	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,01
14e-007	8,23	12	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-008	9,55	8	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,018
14e-009	8,64	398	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14e-011	9,70	30	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14e-012	8,39	20	<0,004	<0,001	<0,001	0,009	0,06	<0,001	0,001	<0,002	0,022
14e-015	9,30	10	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,08	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14e-016	10,63	8	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,07	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14e-017	8,71	26	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,19	<0,001	<0,001	<0,002	0,013
14e-018	8,70	45	0,047	<0,001	<0,001	0,002	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14e-091	9,21	133	<0,004	<0,001	<0,001	0,005	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14e-093	7,89	9	0,005	<0,001	<0,001	0,003	0,24	<0,001	<0,001	0,003	0,023
14f-002	8,04	7	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,11	<0,001	<0,001	<0,002	0,002
14f-003	5,50	78	<0,004	0,005	<0,001	1,058	0,1	<0,001	0,004	0,011	0,771
14f-004	8,91		<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14f-005	8,60		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,08	<0,001	<0,001	0,003	0,006
14f-006	9,34	5	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-007	7,39		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,2	<0,001	<0,001	<0,002	0,01
14f-008	8,12	11	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,08	<0,001	<0,001	0,003	<0,001
14f-011	8,11	19	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14f-013	8,01	6	0,007	<0,001	<0,001	0,002	0,11	<0,001	<0,001	<0,002	0,002
14f-016	3,20		<0,004	<0,001	<0,001	2,252	6,05	<0,001	<0,001	0,02	0,148
14f-017	8,03		<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,21	<0,001	<0,001	0,003	0,084
14f-018	8,10	69	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	0,002
14f-019	9,57	44	<0,004	<0,001	<0,001	0,008	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14f-021	8,25	43	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,007

		Sulfatos	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	рН	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	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 detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
14f-022	9,10	8	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-023	8,64		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,19	<0,001	<0,001	0,003	0,013
14f-024	8,77	6	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,13	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-025	3,95	39	<0,004	<0,001	<0,001	0,008	1,62	<0,001	0,003	<0,002	0,035
14f-026	7,84		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	<0,001	0,003	0,01
14f-028	8,78		0,01	<0,001	<0,001	0,006	0,05	<0,001	<0,001	0,003	0,012
14f-029	8,95	5	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-031	8,04	15	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,1	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14f-032	7,73	8	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,03	<0,001	0,001	<0,002	<0,001
14f-033	8,51	4	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,08	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-034	8,90	15	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,13	<0,001	<0,001	0,006	<0,001
14f-035	7,62		<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,05	<0,001	<0,001	0,007	0,046
14f-036	8,00	7	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,002	0,009
14f-037	9,44	30	<0,004	<0,001	<0,001	0,007	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-038	8,33	14	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,11	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14f-039	4,66	36	<0,004	<0,001	<0,001	0,006	0,87	<0,001	0,002	<0,002	0,027
14f-042	9,01	11	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,13	<0,001	0,003	<0,002	0,01
14f-043	8,26		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,19	<0,001	<0,001	0,013	0,094
14f-044	4,35	80	<0,004	0,001	<0,001	2,544	4,51	<0,001	0,005	0,022	0,191
14f-045	8,42		<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,13	<0,001	<0,001	<0,002	0,039
14f-046	8,62	19	<0,004	<0,001	<0,001	0,01	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,001
14f-047	8,78	7	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,13	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-048	8,67	15	<0,004	<0,001	<0,001	0,006	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-049	8,25		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,15	<0,001	<0,001	<0,002	0,031
14f-051	8,56	7	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,11	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-071	8,03		<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,107
14f-072	7,84	7	0,008	<0,001	<0,001	0,001	0,14	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14f-073	7,40	2	0,018	<0,001	<0,001	0,002	0,03	<0,001	0,002	<0,002	0,01
14f-074	7,69	15	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-075	8,00	15	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,07	<0,001	<0,001	<0,002	0,002
14f-076	8,70	13	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,11	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-077	7,84	6	0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14f-078	8,17	10	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	0,002	<0,002	0,007
14f-079	7,30		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,585

	모	Sulfatos	As	ន	珨	Cu	Fe	표	≥.	В	Zn
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ma/l	ma/l
Lím. Calidad de agua*	5-9	400	0,1	0.01	0.05	0.5	0.3	0 000	0 000	0.05	
Lím. De detección		_	0,004	0,001	0,001	0,001	0.01	0.001	0 001	0,000	0 001
14f-081	8,23	17	<0.004	^0.001	<0.001	0 000	0.08	20 001	20 001	2000	9,00
14f-083	2 15	5	0.050	0 001	0,00	0,004	0.20	70,00	/0,001	200,002	0,004
141-000	0,13	20	0,008	100,00	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
141-084	7,90		<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0.001	<0.002	0.305
141-085	8,10	20	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0.05	<0.001	<0 001	<0.000	000
14f-086	7,99	8	<0,004	<0,001	<0,001	<0.001	0.06	6 001	<0.001	<0.002 200,002	رة ورق 1000ء
14f-087	7,21	1	<0,004	<0,001	<0,001	<0.001	0.14	6 001	\$0.001	<0.002	0.63
14f-088	7,89	14	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0.04	<u>0.001</u>	6 001	٥ به د د ۱ م	٠ ١٩٥٥
14f-089	7,74	<u>о</u>	<0,004	<0,001	<0,001	0.011	0.08	<b>60001</b>	^0 PO	٠ ١	0,000
14f-091	8,12	20	<0,004	<0,001	<0.001	<u>6.001</u>	0.02	6 00 1	^0 001	<0.000	0,000
4f-092	8,11	59	0,008	<0,001	<0,001	0.002	0 04	6 81	^0 O	٥,000 دارون	0,002
4f-093	7,88		<0,004	<0,001	<0,001	<0.001 0.001	0	^0.001	\$ 0.001	٥,000 د0,000	0,000
4f-094	7,50	21	0,01	<0,001	<0,001	0,002	0.02	<u>0.001</u>	^0.001	\$000 0000	0,001
14f-095	8,72	<del>15</del>	0,008	<0,001	<0,001	0,007	0,04	<0,001	<0.001	<0.002	0.012
14f-096	7,95	<b>=</b>	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<0.001	6.001	<0.002	0 009
14f-097	7,90	1	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<u>6</u> .001	ô.001	\$0.002	0.324
14f-098	8,10	8	<0,004	<0,001	<0,001	0,012	0,07	^0.00 <u>1</u>	^0.00 <u>1</u>	<0.002	0 026

<sup>\*</sup>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.

Tabla Nº 5.2
Resumen de Calidad del Agua Superficial de la Cuenca Media del río Chancay- Lambayeque

	рН	Sulfatos	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	рп	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Lím. Calidad de agua*	5-9	400	0,1	0,01	0,05	0,5		0,002	0,002	0,05	5
Lím. De detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
13e-002	7,84	146	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	0,004	0,008
13e-003	7,97		0,031	<0,001	0,138	0,108	0,12	<0,001	0,138	0,404	0,084
13e-004	7,83	40	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
13e-005	8,02	40	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,05	<0,001	<0,001	0,007	0,01
13e-006	8,32	6	<0,004	<0,001	<0,001	0,004	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,013
13e-007	7,50	27	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,01	<0,001	<0,001	0,007	0,011
13e-008	7,80	4	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	0,003	0,011
13e-009	7,98	9	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,08	<0,001	<0,001	0,003	0,01
13e-011	7,79	37	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,002	0,003
13e-012	8,15	11	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
13e-013	7,97	11	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	0,007	0,006
13e-014	8,53	17	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	0,003	0,005
13e-015	7,88	45	<0,004	<0,001	<0,001	0,006	0,05	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
13e-018	7,90	10	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,002
14e-031	8,32	19	0,005	<0,001	<0,001	0,002	0,14	<0,001	<0,001	0,002	0,003
14e-032	8,47	9	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-033	6,90	175	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14e-035	8,20	18	0,015	<0,001	<0,001	0,005	0,06	<0,001	<0,001	0,002	0,006
14e-037	7,58	19	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,007
14e-038	8,28	38	<0,004	<0,001	<0,001	0,006	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-039	8,29	66	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	<0,01	<0,001	<0,001	0,002	0,005
14e-041	8,91	128	<0,004	<0,001	<0,001	0,006	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-044	8,43	64	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-049	8,40	22	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-051	8,63	107	0,005	<0,001	<0,001	0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001
14e-056	8,49	71	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14e-062	8,22	4	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-067	8,78	63	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	0,003	0,005

	рН	Sulfatos	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	рп	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	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 detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
14e-068	8,66	42	0,007	<0,001	<0,001	0,002	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,009
14e-069	8,04	517	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,023
14e-071	8,33	62	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	0,003	0,007
14e-073	8,20	3	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,003
14e-074	8,51	19	<0,004	<0,001	<0,001	0,004	0,06	<0,001	<0,001	0,004	0,005
14e-076	8,21	24	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,07	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14e-077	8,38	21	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14e-078	8,51	18	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14e-149	8,25	7	<0,004	<0,001	<0,001	0,004	0,09	<0,001	<0,001	<0,002	0,01
14e-200	8,55	16	<0,004	<0,001	<0,001	0,003	0,87	<0,001	<0,001	<0,002	0,009
14e-201	8,58	64	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,005

<sup>\*</sup> 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.

Tabla Nº 5.3
Resumen de Calidad del Agua Superficial de la Cuenca Baja del río Chancay- Lambayeque

		Sulfatos	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	рН	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	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 detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
14d-001	8,27	20	0,004	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,01
14d-002	8,11	22	0,008	<0,001	<0,001	0,004	0,14	<0,001	<0,001	<0,002	0,009
14d-003	8,36	20	0,008	<0,001	<0,001	0,002	0,04	<0,001	0,003	0,002	0,009
14d-004	8,51	21	0,008	<0,001	<0,001	0,002	0,09	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14d-005	8,17	21	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,11	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14d-006	8,11	24	0,008	<0,001	<0,001	0,002	0,06	<0,001	<0,001	0,002	0,008
14d-007	7,90	28	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,1	<0,001	<0,001	0,004	0,004
14d-008	8,07	28	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,1	<0,001	<0,001	0,002	0,009
14d-009	8,19	28	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,07	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14d-010	7,63	33	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,04	<0,001	0,001	<0,002	0,009
14d-011	7,97	36	0,006	<0,001	<0,001	0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,002	0,009
14d-012	7,98	84	0,006	<0,001	<0,001	0,001	0,05	<0,001	0,001	<0,002	0,007
14d-013	8,17	44	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,002	0,01
14d-014	7,95	72	0,01	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,007
14d-015	7,77	80	0,008	<0,001	<0,001	0,001	0,08	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14d-017	8,51	759	0,007	<0,001	0,003	<0,001	0,08	<0,001	0,001	<0,002	0,004
14d-018	8,27	36	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14d-019	8,15	35	0,01	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14d-020	8,21	32	0,005	<0,001	<0,001	0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14d-021	8,35	34	0,006	<0,001	<0,001	0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	0,004
14d-022	8,40	30	<0,004	<0,001	<0,001	0,002	<0,01	<0,001	<0,001	<0,002	0,005
14d-023	8,31	25	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	0,002	0,008
14d-024	8,28	24	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,007
14d-025	8,23	23	0,007	<0,001	<0,001	0,002	0,06	<0,001	<0,001	<0,002	0,013
14d-026	8,43	20	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	<0,002	0,006
14d-027	8,49	21	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	0,004	0,008
14d-028	8,35	21	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,002	0,007
14d-029	8,37	21	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	<0,002	0,008
14d-030	8,40	21	0,008	0,008	0,003	0,029		<0,001	0,005	0,016	0,07

	рН	Sulfatos	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	рп	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	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 detección		1	0,004	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,002	0,001
14d-031	8,33	22	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	0,005	0,008
14d-032	8,67	21	0,006	<0,001	<0,001	0,002	0,03	<0,001	<0,001	0,004	0,011
14d-033	8,68	21	0,009	<0,001	<0,001	0,002	0,03	<0,001	<0,001	0,002	0,01
14d-034	8,61	20	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,04	<0,001	<0,001	0,005	0,008
14d-050	8,44	20	0,007	<0,001	<0,001	0,001	0,05	<0,001	<0,001	0,003	0,009
14d-051	7,93	151	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	<0,001	<0,002	0,011
14d-052	8,63	21	0,006	<0,001	<0,001	0,001	0,05	<0,001	<0,001	0,003	0,009
14d-053	8,00	158	0,006	<0,001	<0,001	0,001	0,07	<0,001	<0,001	0,004	0,011

<sup>\*</sup> 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.

Tabla Nº 5.4
Análisis de metales en sedimentos\* - Cuenca Alta río Chancay-Lambayeque

	As	Cd	Cu	Fe*	Hg	Mn*	Pb	Zn
	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP Tabla Holandesa	50	20	500	10	10	3 000	600	3 000
14f-174	23	0,2	12	2,49	0,21	911	32,3	67
14f-173	20	0,13	9,7	3,71	0,02	1 074	15,1	51
14f-172	6	0,32	34,3	2,89	0,03	833	9,9	62
14f-171	16	0,15	23,7	4,24	0,09	726	11,6	64
14f-169	18	0,13	28,6	4,9	0,06	2 358	12,6	67
14f-168	6	0,13	19,6	4,87	0,07	978	10,4	64
14f-167	65	0,98	38,9	4,35	0,86	1 426	55,1	170
14f-166	6	0,1	47,6	3	-0,01	948	9,8	47
14f-165	32	0,31	63,7	9,94	0,08	2 561	21,1	129
14f-164	12	0,18	23,8	4,76	0,06	1 217	12,1	66
14f-163	82	1,23	46,6	4,64	2,72	1 307	67,9	162
14f-162	102	0,14	13	1,61	0,26	879	12,6	40
14f-161	30	0,32	25,8	5,33	0,07	1 330	21,4	97
14f-159	5	0,07	15,6	2,05	0,05	646	10,8	32
14f-158	53	1,49	42,6	3,74	2,54	2 133	51,1	186
14f-157	136	0,99	49,7	3,7	3,74	882	90,3	158
14f-156	13	0,12	5,7	2,22	0,24	477	14,3	30
14f-155	18	0,08	38,4	5,51	-0,01	1 588	6,4	69
14f-154	19	0,25	5,7	1,76	0,02	1 207	24,9	30
14f-153	22	0,24	15,4	3,8	0,18	925	20,1	78
14f-152	95	0,14	13,3	4,25	0,1	1 757	13,8	68
14f-151	18	1,22	23,1	3,9	0,09	1 086	40,5	120
14f-149	19	0,25	25,6	5,31	0,09	863	22	91
14f-146	12	0,11	37,1	5,31	-0,01	1 095	8,8	62
14f-145	35	0,26	19,8	4,01	0,17	1 136	18,6	73
14f-143	187	0,78	133,3	4,33	0,31	1 877	78,5	116
14f-142	44	0,33	18,1	4,61	0,46	1 318	28,3	113
14f-141	17	0,19	23,6	4,68	0,03	862	26,4	103
14f-140	11	0,16	26,3	4,19	-0,01	1 405	10,9	56
14f-139	24	0,36	14,6	3,46	0,07	1 035	42,5	78
14f-138	69	0,63	25,3	4,67	0,16	1 439	21,4	136
14f-137	4	0,18	10,4	5,08	0,04	2 635	11,3	55
14f-136	7	0,07	28,1	3,56		1 226		48
14f-135	8	0,2	29,9	3,62	0,05	844	9,1	54
14f-134	8	0,25	21,5	5,11	0,92	1 093	13,6	79
14f-133	60	0,4	26,9	5,2	0,19	1 065	19,2	98
14f-132	6	0,32	33,4	3,03		899	11,9	62
14f-129	49	0,59	27,9	4,71	4,53	1 385	32,9	114
14f-128	51	0,32	9,9	1,87	0,29	927	21	78
14f-127	9	0,06	6,7	1,07	0,04	380	14,8	18
14f-126	9	0,09	4,8	1,89		486	16,2	34
14f-125	46	0,44	24,3	3,61	0,15	824	39,4	92
14f-124	47	0,36	29,6	5,25	0,05	1 135	16,8	100
14f-121	13	0,12	18,6	4,21	0,03	1 096	19,1	56
14f-121	33	0,12	24,1	4,44	0,10	1 175	20,7	82
14f-118	33	0,51	22,7	4,44	0,17	2 322	25,7 25,9	96
14f-117	5	0,33	19,7	4,67	0,01	1 889	10,1	66
14f-116	19	0,24	19, <i>1</i> 27,1	5,02	-0,01	853	21,4	81
14f-114	20	0,24				1 216		93
141-114	20	0,39	14,5	4,49	0,19	1 216	17,3	93

	As	Cd	Cu	Fe*	Hg	Mn*	Pb	Zn
	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP Tabla Holandesa	50	20	500	10	10	3 000	600	3 000
14f-113	20	0,24	21	3,95	-0,01	827	16,2	75
14f-112	15	0,16	23,8	5,23	0,01	700	15	74
14f-111	46	0,38	31	4,63	0,1	978	19,3	91
14f-096	9	0,37	9,7	1,59	0,02	434	8	31
14f-095	5	0,07	35,4	4,36	-0,01	919	6,9	56
14f-093	379	0,12	530,8	9,8	0,3	384	86,2	41
14f-091	6	0,57	69,9	3,32	0,11	947	14,1	102
14f-090	11	0,13	22,6	3,67	0,04	863	12,7	52
14f-089	5	0,08	16,2	2,95	0,05	506	11,2	41
14f-088	5	0,14	6,1	1,16	0,05	268	7,2	18
14f-086	9	0,18	23,8	3,73	0,06	816	14	53
14f-085	6	0,09	17,7	2,67	-0,01	599	14,4	36
14f-084	6	0,3	32,1	2,35	0,27	674	9,7	53
14f-083	16	2,14	640,9	3,22	2,39	1 046	27,2	439
14f-082	4	0,09	11	2,6	-0,01	535	10,1	25
14f-081	13	0,14	28,9	4,55	0,02	633	12,8	74
14f-075	7	0,23	10,7	1,61	0,01	543	7,2	26
14f-074	13	0,09	30,2	3,47	-0,01	870 535	6,7	45
14f-073	3	0,07	20,9	3,2	0,04	535	9,8	43
14f-069	11	0,04	32,4	4,47	0,12	109	11,6	24
14f-068	4	0,1	17,1	3,76	0,03	1 020	11,8	46 65
14f-067	9	0,49	11,1	1,9	0,96	392	14,2	65 70
14f-065	6	0,13	38,5	6,12	0,02	1 030	10	79
14f-063	6	0,21	16	2,11	0,42	699	16,6	56
14f-062 14f-061	6	0,35	42,9	4,08	1,1	699 576	11,1	83 43
14f-059	5 6	0,15 0,13	20,5 23,6	2,34 3,17	-0,01 0,12	1 031	14,2 16,9	43 55
14f-057	1	0,13	41	4,54	-0,01	1 031	6,2	56
14f-056	7	0,12	28,9	2,34	0,08	657	14,1	50 51
14f-055	39	5,33	1466	3,24	0,54	1 536	56,2	1036
14f-054	3	0,07	20,5	3,24	0,04	715	6,8	57
14f-053	7	0,07	59,3	3,73	0,04	907	15,1	105
14f-052	3	0,1	30,9	3,55	0,27	545	9,7	56
14f-051	9	0,19	24,3	3,71	0,06	1 095	10,9	62
14f-049	10	0,45	8,9	1,89	0,16	318	9,1	43
14f-048	228	2,51	481,9	7,23	0,48	649	260,1	533
14f-047	24	0,27	35,5	3,86	0,12	1 225	20,4	56
14f-046	1	0,08	18,7	3,16	0,02	816	9,9	51
14f-045	4	0,12	20,9	4,09	0,04	830	10,3	62
14f-044	-1	0,13	13,8	3,35	-0,01	995	13,3	48
14f-041	2	0,11	26,1	4,45	-0,01	805	12,4	51
14f-039	6	0,43	44	3,72	0,34	788	18,7	94
14f-038	4	0,28	33,4	3,37	0,02	801	14,6	64
14f-037	5	0,49	46,5	3,95	0,24	749	16,1	97
14f-036	10	0,49	25,1	3,11	0,07	957	15,6	71
14f-035	12	0,46	34,6	3,46	0,21	970	22,9	72
14f-034	26	0,46	490,3	3,43	0,15	667	28,3	112
14f-033	-1	0,13	24,4	3,11	-0,01	1014	10,6	47
14f-032	-1	0,09	23,4	4,97	0,33	790	11,9	84
14f-029	6	0,51	51,8	3,97	0,04	781	25,5	101
14f-028	3	0,15	14,5	2,42	-0,01	677	8,8	35
14f-026	14	0,23	29,1	4,45	-0,01	899	14,6	69

	As	Cd	Cu	Fe*	Hg	Mn*	Pb	Zn
	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP Tabla Holandesa	50	20	500	10	10	3 000	600	3 000
14f-025	4	0,26	26,8	2,92	0,02	996	17,6	54
14f-023	6	0,73	51,7	4,14	0,42	698	15,1	94
14f-022	7	0,52	39,4	2,24	-0,01	811	13,1	62
14f-021	7	0,18	10,2	2,99	0,06	955	14,1	52
14f-018	7	0,43	21,7	2,1	0,1	663	9,8	50
14f-017	22	0,32	30,7	4,04	0,05	911	23	67
14f-016	8	1,1	26,3	3,52	1,43	966	17,6	77
14f-015	7	0,38	7,4	1,49	0,18	233	10,6	28
14f-014	3	0,14	17	2,17	-0,01	1030	11,7	37
14f-012	10	0,29	32,1	2,91	0,07	2015	13,9	63
14f-011	10	0,68	22,1	2,69	0,08	1032	14,1	72
14f-009	4	0,16	11	3,06	-0,01	1129	13	47
14f-008	16	0,74	9,3	2,21	-0,01	299	12,9	59
14f-007	2	0,16	27,5	2,88	0,02	588	11,1	57
14f-005	18	0,34	25	3,9	0,03	707	16	61
14f-004	-1	0,08	32,8	3,67	-0,01	889	7	63
14f-003	3	0,28	22	2,52	1,35	1088	13,6	54
14f-001	11	1,07	21	3,04	0,4	885	16,4	76
14e-160	10	0,1	4,3	1,67	0,02	602	14,3	27
14e-044	24	0,67	29	3,94	-0,01	1095	16,7	79
14e-043	2	0,16	31,5	4,22	0,26	947	10,1	72
14e-042	14	0,46	27,7	2,79	0,13	877	14	63
14e-041	38	0,26	19,8	2,92	0,42	812	25,2	70
14e-038	11	0,38	34,6	2,82	0,06	765	12,7	63
14e-037	6	0,27	19,3	2,71	0,03	594	10,3	49
14e-036	3	0,28	7,1	1	-0,01	190	9,3	28
14e-035	25	0,48	18,5	2,68	0,67	1024	24,1	69
14e-034	14	0,47	30	2,73	0,33	691	17	62
14e-033	8	0,17	31,1	3,15	0,07	597	13,8	51
14e-032	15	0,71	12,2	1,9	0,13	613	17,5	57
14e-031	3	0,12	8,2	2,75	0,11	856	15,5	44
14e-029	32	1,28	36,5	4,16	0,01	994	16	100
14e-028	3	0,07	12,4	1,06	0,04	494	13,5	29
14e-027	5	0,18	35	4,1	0,02	940	11,5	71
14e-025	50	0,12	23,8	1,64	0,06	496	24,5	31
14e-024	14	0,45	30,8	2,79	0,08	821	12,6	61
14e-023	4	0,16	39,8	3,89	-0,01	1105	10,4	56
14e-022	9	0,15	7,4	3,53	0,08	823	15,2	42
14e-021	45	0,34	16,8	1,74	0,02	703	28,3	38
14e-019	12	0,11	25,3	3,15	0,01	617	8,4	50
14e-018	28	0,17	16,9	2,52	0,31	660	19,1	61
14e-017	4	0,14	12,9	2,73	0,19	896	15,7	43
14e-015	3	0,07	10,5	1,24	0,07	428	14,1	21
14e-013	25	0,59	29,4	3,92	0,04	908	20,4	82
14e-012	3	0,12	30	3,08	0,12	773	12	47
14e-011	15	0,31	34,2	3,92	0,09	890	14	73
14e-009	9	0,11	32,6	2,12	0,02	733	28,8	58
14e-008	3	0,15	21,7	2,24	-0,01	470	10,8	39
14e-007	51	0,14	11,4	1,39	0,06	888	15,9	

,	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Fe*	Hg ppm	Mn* ppm	Pb ppm	Zn ppm
LMP Tabla Holandesa	50	20	500	10	10	3 000	600	3 00
14e-006	15	0,37	25	3,14	0,02	882	16,6	71
14e-005	26	0,22	19,1	2,76	0,18	758	14,5	57
14e-004	33	0,14	10,7	2,17	0,13	584	12	4
14e-002	5	0,35	19,5	1,94	0,07	997	23,6	99
14e-001	21	0,41	20,1	2,87	0,23	920	17,9	69
13f-003	5	0,11	28,4	3,22	0,06	836	6,2	37
13f-002	-1	0,12	33,2	3,37	-0,01	852	6,2	55
13e-028	5	0,25	14,4	1,93	0,07	530	15	36
13e-002	7 7	0,09	12,4	1,52	0,05	815	12,8	26
13e-001	6	0,09	10,4	1,49	0,03	579	10,9	22

Tabla Nº 5.5

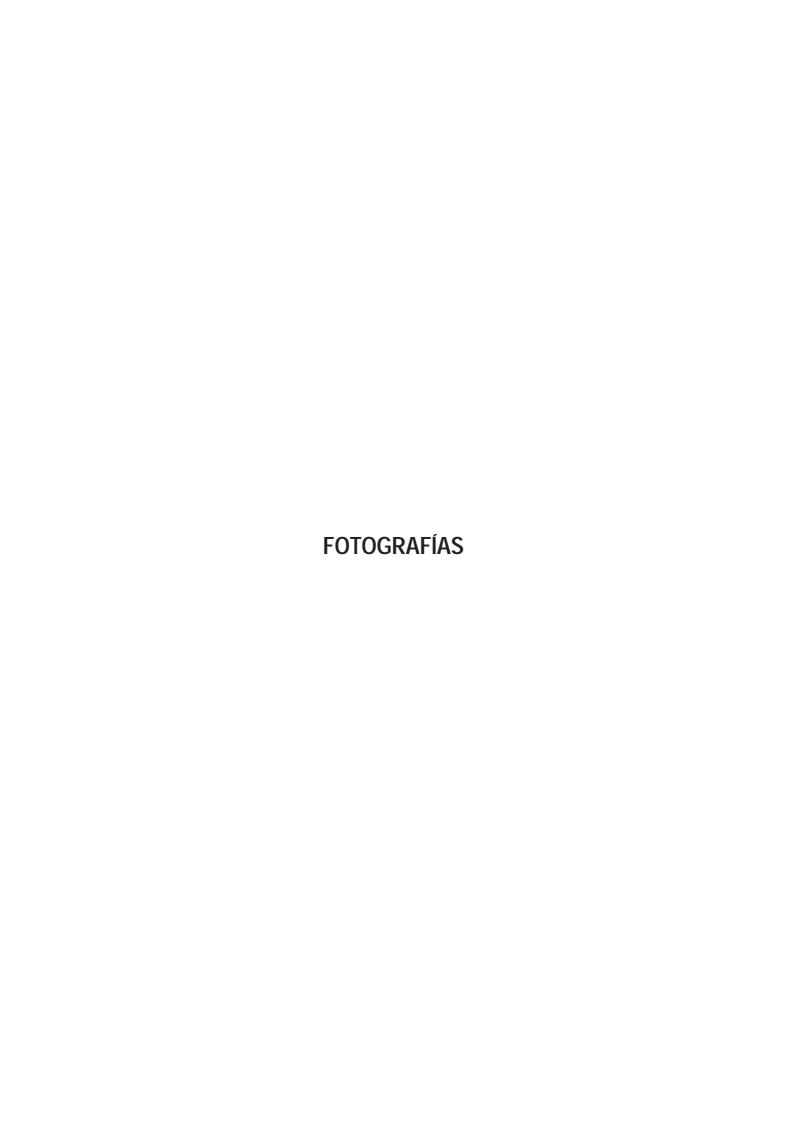
Análisis de metales en sedimentos\* - Cuenca Media río Chancay-Lambayeque

	As	Cd	Cu	Fe*	Hg	Mn*	Pb	Zn
	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP Tabla Holandesa	50	20	500	10	10	3 000	600	3 000
14e-164	11	0,31	22,7	3,28				70
14e-163	16	0,44	19,4	2,54		749		
14e-162	13	0,29	23,9	2,71	0,08			
14e-159	17	0,32	19	2,9				
14e-158	13	0,35	25,1	4,58				
14e-157	11	0,82	41,3	3,6				
14e-156	11	0,35	25,1	3,23		760		
14e-155	15	0,34	22,1	3,26	-0,01	720		
14e-154	16	1,27	32,3	3,14				
14e-153	35	0,42	62,8	3,83				
14e-152	16	0,33	23	3,98	5,91	779		
14e-151	27	1,11	19,4	3,35				
14e-148	7	0,36	12,6	2,46	0,02		13,5	
14e-147	72	0,2	14,5	1,97	0,1	734		
14e-146	28	0,48	95,4	4,89	0,02	892	15,2	93
14e-145	15	0,31	21,7	3,05	4,44	675	14,3	63
14e-144	23	0,42	32,3	4,25	0,06	666	29,7	
14e-143	16	0,66	26,1	3,37	0,06	460	15,8	62
14e-142	15	0,3	21,4	2,69	0,04	683	13,6	57
14e-141	17	0,26	18,4	3,32	0,13	823	15	70
14e-139	7	1,24	18,5	2,93	0,01	438	17,1	83
14e-138	12	0,3	21,9	3,05	0,03	802	12,6	57
14e-137	-1	0,16	33,3	3,78	-0,01	1 124	7,5	57
14e-136	16	0,36	31,8	3,58	0,06	534	16,5	64
14e-135	16	0,52	24,6	3,43	0,02	444	17,3	59
14e-133	3	0,18	24,6	2,89	0,08	984	11,1	51
14e-132	17	0,18	14,2	2	0,03	693	12,5	41
14e-131	18	0,29	18,7	2,93	0,09	1 395	14,7	69
14e-129	12	0,26	19,6	2,76	0,11	664	17,7	51
14e-128	14	0,26	18,6	2,43	0,1	621	13,9	
14e-124	11	0,51	34,7	3,73	0,05	640	18,2	71
14e-123	8	1,39	70,6	1,95	0,1	516	46,6	153
14e-122	13	0,3	21,7	2,73	0,09	725	15	52
14e-121	47	1,74	22,6	2,86	0,18	845	26,2	275
14e-119	13	0,26	8,3	1,25	0,27	409	9,4	26
14e-118	13	0,18	9,7	1,49	0,08	447	17,5	46
14e-117	9	0,73	18	2,55	0,05	659	13,7	50
14e-116	27	0,77	58	4,33	0,12	626	17,6	98
14e-115	19	0,62	17,7	2,56	-0,01	735	14,5	63
14e-114	17	0,26	10	2,64	0,07	879	15,7	68
14e-113	6	0,29	25,2	2,83	-0,01	740	7,9	59
14e-112	13	0,77	32,7	2,57	-0,01	525	14,6	63
14e-111	4	0,39	39,1	4,22	-0,01	933	11,4	75
14e-109	6	0,49	19,9	2,73	-0,01	349	10,8	36
14e-108	14	0,35	23,3	2,81	0,01	671	34	66
14e-107	19	0,31	32,3	4,27	-0,01	553	20,2	74
14e-106	15	0,33	32,7	3,83	-0,01	658	19,8	
14e-105	7	0,67	21,6	2,66	-0,01	387	15,1	
14e-104	12	0,89	21,9				16,5	
14e-103	18	0,88	21,6	3,89		810		
14e-102	6	0,88	27	4,43				

	As	Cd	Cu	Fe*	Hg	Mn*	Pb	Zn
14e-101								ppm
14e-099								3 000
14e-098								
14e-097				-				
14e-096								
14e-094		· ·		-				
14e-093								
14e-092								
14e-091								
14e-089								
14e-088								
14e-087								
14e-086         12         0,55         30,4         4,42         -0,01         784         17,8           14e-085         26         0,27         16,1         3,42         0,64         952         16,1           14e-083         9         0,94         16,1         2,62         -0,01         588         14,1           14e-081         9         0,94         16,1         2,62         -0,01         443         14,1           14e-082         15         0,28         20         3,36         -0,01         730         13,9           14e-079         3         0,49         12,7         1,94         -0,01         282         11,4           14e-078         8         0,7         28,9         3,36         -0,01         599         19,6           14e-076         13         0,63         18,8         2,13         -0,01         671         18           14e-076         13         0,63         18,8         2,13         -0,01         672         41           14e-075         7         0,12         9,3         3,3         0,01         745         13,2           14e-071         18         0,21         19,4								
14e-085   26				· ·				
14e-084         11         0,59         19,6         2,75         -0,01         588         14,3           14e-083         9         0,94         16,1         2,62         -0,01         443         14,1           14e-081         20         0,26         17,6         3,68         -0,01         1224         15,2           14e-079         3         0,49         12,7         1,94         -0,01         282         11,4           14e-078         8         0,7         28,9         3,38         -0,01         599         19,6           14e-077         10         0,35         31,4         3,66         -0,01         671         18           14e-076         13         0,63         19,8         2,13         -0,01         632         41           14e-075         7         0,12         9,3         3,3         0,01         745         13,2           14e-072         12         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         704         13,8           14e-082         9         1,81         2,78 <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>				-				
14e-083         9         0.94         16,1         2,62         -0.01         443         14,1           14e-082         15         0.26         20         3,36         -0.01         730         13,9           14e-081         20         0.26         17,6         3,68         0.01         1 224         15,2           14e-079         3         0.49         12,7         1,94         -0.01         599         19,6           14e-076         8         0.7         28,9         3,38         -0.01         632         41           14e-076         13         0.63         19,8         2,13         -0.01         632         41           14e-075         7         0.12         9,3         3,3         0.01         745         13,2           14e-073         13         2.09         14,6         1,87         -0.01         523         15           14e-071         18         0.21         19,4         2,65         -0.01         720         12,8           14e-071         18         0.21         19,4         2,67         -0.01         704         13,8           14e-071         18         0.21         19,4								63 50
14e-082         15         0,28         20         3,36         -0,01         730         13,9           14e-081         20         0,26         17,6         3,68         0,01         1224         15,2           14e-079         3         0,49         12,7         1,94         -0,01         282         11,4           14e-076         10         0,35         31,4         3,66         -0,01         671         18           14e-076         13         0,63         19,8         2,13         -0,01         632         41           14e-073         13         2,09         14,6         1,87         -0,01         745         13,2           14e-073         13         2,09         14,6         1,87         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,27         29,3         3,24         -0,01         704         13,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         714         16,8           14e-071         18         0,21         2,6								
14e-081         20         0,26         17,6         3,68         0,01         1 224         15,2           14e-079         3         0,49         12,7         1,94         -0,01         589         11,4           14e-078         8         0,7         28,9         3,34         -0,01         599         19,6           14e-076         13         0,63         19,8         2,13         -0,01         632         41           14e-075         7         0,12         9,3         3,3         0,01         745         13,2           14e-073         13         2,09         14,6         18,7         -0,01         523         15           14e-072         12         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         704         16,8           14e-069         9         1,6         21,4         2,97         -0,01         704         16,3           14e-067         12         0,67         21,4								72
14e-079         3         0,49         12,7         1,94         -0,01         282         11,4           14e-078         8         0,7         28,9         3,38         -0,01         599         19,6           14e-076         13         0,63         19,8         2,13         -0,01         632         41           14e-073         13         2,09         14,6         1,87         -0,01         523         15           14e-072         12         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         714         16,8           14e-069         9         1,46         21,4         2,87         -0,01         685         16,3           14e-066         18         0,27         33,2         3,82         0,04         574         16,7           14e-066         18         0,27         33,2 <td></td> <td>· ·</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>		· ·						
14e-078         8         0,7         28,9         3,38         -0,01         599         19,6           14e-077         10         0,35         31,4         3,66         -0,01         671         18           14e-076         13         0,63         19,8         2,13         -0,01         632         41           14e-075         7         0,12         9,3         3,3         0,01         745         13,2           14e-073         13         2,09         14,6         1,87         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         685         16,3           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         685         16,3           14e-067         12         0,67         21,4         2,2         -0,01         328         14,4           14e-067         12         0,67         21,4								
14e-077         10         0,35         31,4         3,66         -0,01         671         18           14e-076         13         0,63         19,8         2,13         -0,01         632         41           14e-073         13         2,09         14,6         1,87         -0,01         523         15           14e-072         12         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,46         21,4         2,87         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,46         21,4         2,87         -0,01         685         16,3           14e-069         9         1,46         21,4         2,2         -0,01         328         14,4           14e-066         18         0,27         33,2         3,82         0,04         574         16,7           14e-066         18         0,27         33,2 <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>								
14e-076         13         0,63         19,8         2,13         -0,01         632         41           14e-075         7         0,12         9,3         3,3         0,01         745         13,2           14e-073         13         2,09         14,6         1,87         -0,01         720         12,8           14e-072         12         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,46         21,4         2,87         -0,01         685         16,3           14e-068         9         1,46         21,4         2,2         -0,01         685         16,3           14e-067         12         0,67         21,4         2,2         -0,01         328         14,4           14e-065         6         0,44         11,6         1,8         0,02         278         10,8           14e-063         10         3,2         21,8		•						
14e-075         7         0,12         9,3         3,3         0,01         745         13,2           14e-073         13         2,09         14,6         1,87         -0,01         523         15           14e-072         12         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         714         16,8           14e-068         9         1,46         21,4         2,87         -0,01         665         16,3           14e-067         12         0,67         21,4         2,2         -0,01         328         14,4           14e-066         18         0,27         33,2         3,82         0,04         574         16,7           14e-065         6         0,44         11,6         1,6         0,02         278         10,8           14e-064         9         0,56         18,5         2,44         0,04         482         13           14e-063         10         3,2         21,8								
14e-073       13       2,09       14,6       1,87       -0,01       523       15         14e-072       12       0,27       29,3       3,24       -0,01       720       12,8         14e-071       18       0,21       19,4       2,65       -0,01       704       13,8         14e-069       9       1,81       27,8       2,67       -0,01       714       16,8         14e-068       9       1,46       21,4       2,87       -0,01       685       16,3         14e-067       12       0,67       21,4       2,2       -0,01       328       14,4         14e-066       18       0,27       33,2       3,82       0,04       574       16,7         14e-065       6       0,44       11,6       1,8       0,02       278       10,8         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,04       482       13         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87								
14e-072         12         0,27         29,3         3,24         -0,01         720         12,8           14e-071         18         0,21         19,4         2,65         -0,01         704         13,8           14e-069         9         1,81         27,8         2,67         -0,01         714         16,8           14e-068         9         1,46         21,4         2,87         -0,01         685         16,3           14e-067         12         0,67         21,4         2,2         -0,01         328         14,4           14e-066         18         0,27         33,2         3,82         0,04         574         16,7           14e-065         6         0,44         11,6         1,8         0,02         278         10,8           14e-063         10         3,2         21,8         2,84         0,05         843         17,9           14e-063         10         3,2         21,8         2,84         0,05         843         17,9           14e-061         16         0,41         34,3         3,77         0,01         357         19,9           14e-059         11         0,26         38								
14e-071       18       0,21       19,4       2,65       -0,01       704       13,8         14e-069       9       1,81       27,8       2,67       -0,01       714       16,8         14e-068       9       1,46       21,4       2,87       -0,01       685       16,3         14e-067       12       0,67       21,4       2,2       -0,01       328       14,4         14e-066       18       0,27       33,2       3,82       0,04       574       16,7         14e-065       6       0,44       11,6       1,8       0,02       278       10,8         14e-064       9       0,56       18,5       2,44       0,04       482       13         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-056       26       0,19								
14e-069       9       1,81       27,8       2,67       -0,01       714       16,8         14e-068       9       1,46       21,4       2,87       -0,01       685       16,3         14e-067       12       0,67       21,4       2,2       -0,01       328       14,4         14e-066       18       0,27       33,2       3,82       0,04       574       16,7         14e-065       6       0,44       11,6       1,8       0,02       278       10,8         14e-064       9       0,56       18,5       2,44       0,04       482       13         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19								
14e-068       9       1,46       21,4       2,87       -0,01       685       16,3         14e-067       12       0,67       21,4       2,2       -0,01       328       14,4         14e-066       18       0,27       33,2       3,82       0,04       574       16,7         14e-065       6       0,44       11,6       1,8       0,02       278       10,8         14e-064       9       0,56       18,5       2,44       0,04       482       13         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29								
14e-067       12       0,67       21,4       2,2       -0,01       328       14,4         14e-066       18       0,27       33,2       3,82       0,04       574       16,7         14e-065       6       0,44       11,6       1,8       0,02       278       10,8         14e-064       9       0,56       18,5       2,44       0,04       482       13         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-044       24       0,28								
14e-066       18       0,27       33,2       3,82       0,04       574       16,7         14e-065       6       0,44       11,6       1,8       0,02       278       10,8         14e-064       9       0,56       18,5       2,44       0,04       482       13         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-042       10       0,3								
14e-065       6       0,44       11,6       1,8       0,02       278       10,8         14e-064       9       0,56       18,5       2,44       0,04       482       13         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-039       4       0,16								
14e-064       9       0,56       18,5       2,44       0,04       482       13         14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34								
14e-063       10       3,2       21,8       2,84       0,05       843       17,9         14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34				· ·				
14e-062       17       0,38       40,2       3,78       -0,01       485       20,6         14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31								
14e-061       16       0,41       34,3       3,77       0,25       944       17,9         14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31								
14e-059       11       0,26       38       3,87       -0,01       357       19,9         14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-035       5       0,22								
14e-058       7       0,87       21,6       2,41       -0,01       317       17,5         14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-035       5       0,22       31,5       3,57       0,07       812       13,8         13e-034       15       1,21								
14e-056       26       0,19       21       2,97       0,01       941       17,4         13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-033       5       0,19								
13e-047       34       0,29       14,9       2,41       0,08       1 101       19,2         13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-032       16       0,18       24,7       3,43       0,1       944       14,7								
13e-045       7       0,72       24,3       2,61       0,04       433       13         13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-035       5       0,22       31,5       3,57       0,07       812       13,8         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-032       16       0,18       24,7       3,43       0,1       944       14,7								
13e-044       24       0,28       28,6       2,88       0,04       853       17,2         13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-035       5       0,22       31,5       3,57       0,07       812       13,8         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-032       16       0,18       24,7       3,43       0,1       944       14,7								
13e-042       10       0,3       40,5       3,52       1,48       849       18,6         13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-035       5       0,22       31,5       3,57       0,07       812       13,8         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-033       5       0,19       30,2       3,27       0,12       1012       20,2         13e-032       16       0,18       24,7       3,43       0,1       944       14,7								
13e-041       17       0,2       27,4       4,04       0,05       617       14,9         13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-035       5       0,22       31,5       3,57       0,07       812       13,8         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-033       5       0,19       30,2       3,27       0,12       1012       20,2         13e-032       16       0,18       24,7       3,43       0,1       944       14,7								
13e-039       4       0,16       24,7       2,68       0,07       669       13,7         13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-035       5       0,22       31,5       3,57       0,07       812       13,8         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-033       5       0,19       30,2       3,27       0,12       1012       20,2         13e-032       16       0,18       24,7       3,43       0,1       944       14,7								
13e-038       13       0,34       63,1       4,77       0,13       840       26,2         13e-037       18       0,31       28,8       2,46       0,16       489       20,4         13e-036       7       0,23       48,9       3,25       0,07       395       16,4         13e-035       5       0,22       31,5       3,57       0,07       812       13,8         13e-034       15       1,21       22,8       3,41       0,07       522       16,2         13e-033       5       0,19       30,2       3,27       0,12       1012       20,2         13e-032       16       0,18       24,7       3,43       0,1       944       14,7								
13e-037     18     0,31     28,8     2,46     0,16     489     20,4       13e-036     7     0,23     48,9     3,25     0,07     395     16,4       13e-035     5     0,22     31,5     3,57     0,07     812     13,8       13e-034     15     1,21     22,8     3,41     0,07     522     16,2       13e-033     5     0,19     30,2     3,27     0,12     1012     20,2       13e-032     16     0,18     24,7     3,43     0,1     944     14,7								
13e-036     7     0,23     48,9     3,25     0,07     395     16,4       13e-035     5     0,22     31,5     3,57     0,07     812     13,8       13e-034     15     1,21     22,8     3,41     0,07     522     16,2       13e-033     5     0,19     30,2     3,27     0,12     1012     20,2       13e-032     16     0,18     24,7     3,43     0,1     944     14,7								
13e-035     5     0,22     31,5     3,57     0,07     812     13,8       13e-034     15     1,21     22,8     3,41     0,07     522     16,2       13e-033     5     0,19     30,2     3,27     0,12     1012     20,2       13e-032     16     0,18     24,7     3,43     0,1     944     14,7								
13e-034     15     1,21     22,8     3,41     0,07     522     16,2       13e-033     5     0,19     30,2     3,27     0,12     1012     20,2       13e-032     16     0,18     24,7     3,43     0,1     944     14,7								
13e-033     5     0,19     30,2     3,27     0,12     1012     20,2       13e-032     16     0,18     24,7     3,43     0,1     944     14,7								
13e-032 16 0,18 24,7 3,43 0,1 944 14,7								
13e-027 19 0,2 32,7 2,87 0,17 573 17,5								
13e-02f 11 0,51 42,5 2,83 0,09 659 19,7								

	As	Cd	Cu	Fe*	Hg	Mn*	Pb	Zn
	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP Tabla Holandesa	50	20	500	10	10	3 000	600	3 000
13e-025	7	0,27	30,1	3,16	0,26	820	15,8	57
13e-024	3	0,17	23,7	2,76	0,03	802	14,4	55
13e-023	11	0,15	23,5	4,33	0,17	1071	20	46
13e-022	11	0,26	17,3	2,13	0,11	888	20,7	51
13e-021	4	0,16	19,9	1,85	0,1	636	24,3	45
13e-019	17	0,28	26,9	2,8	0,06	775	26,3	71
13e-018	18	0,68	21,9	3,29	0,09	645	28,2	68
13e-017	5	0,29	14,2	2	0,04	459	19,3	43
13e-016	6	0,24	23,2	3,16	0,1	1145	12,7	56
13e-015	14	0,12	19,2	4,02	0,11	1046	14,6	49
13e-014	6	0,58	16,8	2,36	0,06	341	11	37
13e-013	7	0,28	25,2	3,2	0,17	573	18,9	60
13e-012	25	0,48	29,1	2,96	0,26	593	28	84
13e-011	4	0,17	14,5	2,06	0,15	732	12,9	46
13e-009	21	0,22	20,9	2,73	0,06	907	13,5	38
13e-008	5	0,16	25,9	2,94	0,04	875	9,9	36
13e-007	21	0,12	29,3	2,37	0,03	454	8,8	15
13e-006	7	0,14	25,4	2,31	0,06	618	11,2	33

<sup>\*</sup> Malla 200



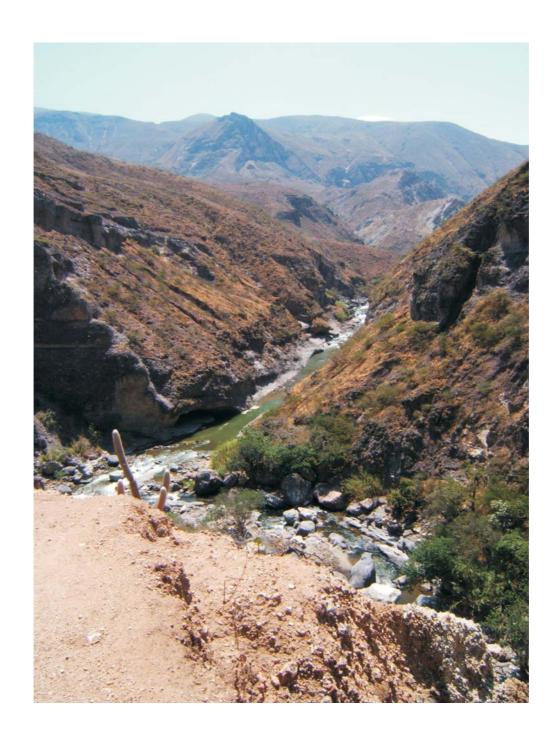


Foto N° 1 Confluencia de la quebrada Cañad al río Chancay que discurre desde el noreste. Al fondo se divisa el cerro Fila Blanca, (vista al norte).

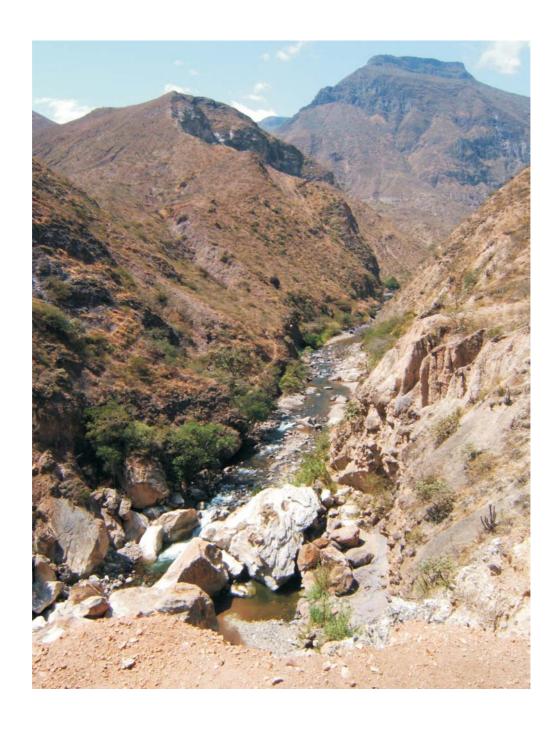


Foto N° 2 Quebrada Cañad, drenando desde el este, atravesando unidades volcánicas de la Fm. Llama, cuadrángulo de Chongoyape, (vista al este).



Foto N° 3 Aglomerado expuesto en lecho de quebrada La Grama; algunos clastos presentan leve limonitización (Fm. Huambos). Muestra de sedimento 14e-075.



Foto N° 4 Afloramiento de aglomerados de la Fm. Huambos, en el lecho de la quebrada Tupala, sector Los Higuerones. Muestra de sedimento 14e-097.



Foto Nº 5 Afloramiento de aglomerados volcánicos de la Fm. Llama, quebrada Cañad, cuadrángulo de Chongoyape.(Muestra de sedimento 14e-041).



Foto Nº 6 Valle del río Chancay en las inmediaciones de Catache. Vista hacia el suroeste.



**Foto N° 7** Quebrada Cañad, nótese afloramiento de aglomerados de la Fm. Llama en la base, infrayaciendo a andesitas-dacitas porfiríticas, cuadrángulo de Chongoyape. (Muestra de sedimento 14e-041).



Foto N° 8 Suave morfología y fuerte oxidación de las tobas de la Formación Huambos a 12 km al oeste del distrito del mismo nombre.



 $\textbf{Foto N}^{\circ} \textbf{9} \qquad \text{Filtrado de aguas, las cuales posteriormente serán conservadas a temperatura adecuada}.$ 



**Foto Nº 10** Río Reque, a partir de Alicán Chico. Obsérvese la basura en sus márgenes. Aguas abajo, la densidad poblacional en las riberas del río es mayor, así como también la contaminación antrópica.



Foto N° 11 Quebrada Uyucurán cerca del poblado del mismo nombre, cuyas aguas provenientes del cerro Huinac, evidencian la presencia de sustancias minerales contaminantes en las cabeceras de la quebrada.



 $\begin{tabular}{ll} \textbf{Foto N}^o\textbf{12} & \textbf{Quebrada Tantahuatay}, \ en \ la \ naciente \ del \ r\'io \ Chancay-Lambayeque \ sector \ denominado \ «las gradas», donde el agua que fluye presenta un pH ácido de 3,20. \end{tabular}$ 



Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú Teléfonos:051-1-224-2965 / 051-1-225-3128

Fax:051-1-225-3063 / 051-1-225-4540

http: www.ingemmet.gob.pe

e-mai: informacion@ingemmet.gob.pe