

# Mineralización y Explotación Minera a Pequeña Escala en las Zonas de Cajamarca y Cordilleras Blanca y Negra

Boletín N° 6 Serie E  
Minería



Por:

Edwin Loaiza Choque  
Armando Galloso Carrasco  
Elard Aronés Santa Cruz



Dirección de Recursos Minerales y  
Energéticos

*Institución Geológica y Minera al Servicio del País*

Lima-Perú  
2008

MINERÍA  
N° 6, Serie E, 2008.

Hecho el Depósito Legal N° 2008-15494  
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico  
(INGEMMET)  
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú  
Primera Edición, INGEMMET 2008  
Se terminó de imprimir el 2 de diciembre del año 2008 en los  
talleres de INGEMMET.

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Sr. Jaime Chávez Riva Gálvez  
Secretario General: Sr. Mario Huerta Rodríguez

Comité Editor: Humberto Chirif R., Víctor Carlotto C., Yorri  
Elena Carrasco P., Lionel Fídel S.

Unidad encargada de edición: Unidad de Relaciones  
Institucionales.

Corrección Geocientífica: Miguel Paez, Humberto Chirif  
Digitalización y SIG: Samuel Lu, Juan Urbina  
Corrección gramatical y de estilo: Glenda Escajadillo  
Diagramación: Zoila Solis

**Referencia bibliográfica**

Loaiza, E.; Galloso, A.; Aronés, E.  
Mineralización y Explotación Minera a Pequeña Escala en las  
Zonas de Cajamarca y Cordilleras Blanca y Negra.  
INGEMMET, Serie E. Minería, N° 6, 72p.

Portada: Área de concentración de mineral para carguío  
Mina Virahuanca – San Jacinto – Nuevo Chimbote – Ancash.



## Contenido

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
<b>CAPÍTULO I</b>	
ASPECTOS GENERALES .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
ASPECTOS GEOLÓGICO-MINEROS .....	11
<b>CAPÍTULO III</b>	
ZONAS VISITADAS .....	23
<b>CAPÍTULO IV</b>	
EL CIANURO Y SUS ALCANCES .....	49
<b>CAPÍTULO V</b>	
LIXIVIACIÓN EN PILAS .....	59
<b>CAPÍTULO VI</b>	
MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DEL ORO .....	63
<b>CAPÍTULO VII</b>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	71
ANEXO .....	73



## RELACIÓN DE LÁMINAS E ILUSTRACIONES

### Lámina

Lámina 1	Mapa de ubicación de los sectores de estudio.
Lámina 2	Mapa de acceso a los sectores de estudio.
Lámina 3	Imagen de satélite Landsat TM+ 7 Bandas 7, 4, 2 (RGB), Sector I, Zona A, Región Cajamarca.
Lámina 4	Mapa geológico, Sector I, Zona A, Región Cajamarca. Escala 1:1 125 000.
Lámina 5	Imagen de satélite Landsat TM+ 7 Bandas 7, 4, 2 (RG), Sector I, Zona B, Región Cajamarca.
Lámina 6	Mapa geológico, Sector I, Zona B, Región Cajamarca. Escala 1:1 125 000.
Lámina 7	Imagen de satélite Landsat TM+ 7 Bandas 7, 4, 2 (RGB), Sector II, Zona A, Región La Libertad.
Lámina 8	Mapa geológico, Sector II, Zona A, Región La Libertad. Escala 1:1 125 000.
Lámina 9	Imagen de satélite Landsat TM+ 7 Bandas 7, 4, 2 (RGB), Sector II, Zona B, Región La Libertad.
Lámina 10	Mapa geológico, Sector II, Zona B, Región La Libertad. Escala 1:1 125 000.
Lámina 11	Imagen de satélite Landsat TM+ 7 Bandas 7, 4, 2 (RGB), Sector II, Zona C, Región La Libertad.
Lámina 12	Mapa geológico, Sector II, Zona C, Región La Libertad, Zona C. Escala 1:1 125 000.
Lámina 13	Imagen de satélite Landsat TM+ 7 Bandas 7, 4, 2 (RGB), Sector III, Zona A, Región Ancash.
Lámina 14	Mapa geológico, Sector III, Zona A, Región de Ancash. Escala 1:1 125 000.
Lámina 15	Imagen de satélite Landsat TM+ 7 Bandas 7, 4, 2 (RGB), Sector III, Zona B, Región Ancash.
Lámina 16	Mapa geológico, Sector III, Zona B, Región de Ancash. Escala 1:1 125 000.

### Tablas

Tabla N° 1	Sector I – Región Cajamarca. Labores Mineras y Ocurrencias visitadas
Tabla N° 2	Sector II - Región de La Libertad. Labores Mineras y Ocurrencias visitadas
Tabla N° 3	Sector III – Región de Ancash. Labores Mineras y Ocurrencias visitadas





## RESUMEN

La zona de estudio tiene un largo antecedente minero, que permite que la exploración que realizan los mineros artesanales sea en función de minas antiguas, abandonadas y «agotadas», que posibilita encontrar vetas y vetillas con altos valores de oro cuya rentabilidad es determinada con pruebas empíricas de estimación.

Para mejor entendimiento, se han considerado 3 Sectores: Sector I, que corresponde a la Región Cajamarca, Sector II correspondiente a la Región de la Libertad y Sector III Región Ancash. La zona de mayor actividad es el Sector II, con una extensión aproximada de 320 km<sup>2</sup>. Se puede considerar una potencia promedio de vetas de 5 a 15 cm, con leyes de Au entre 5 y 120 g/TM.

Los depósitos de la zona de estudio presentan una mineralogía simple constituida por abundante pirita y calcopirita, en menor escala, galena, esfalerita, marcasita, bornita y arsenopirita, y en raras ocasiones tetraedrita, magnetita, limonita, goethita, electrum y especularita. Asimismo la ganga está constituida por cuarzo, calcita y panizo. El oro nativo, especie reconocida principalmente en Pataz, Suyubamba, Llacuabamba y Parcoy, se observa macroscópicamente en granos de 1 a 2 mm y se encuentra diseminado en una matriz piritizada.

Los depósitos auríferos del área donde trabajan los mineros artesanales generalmente son estructuras de tipo filoniano (vetas angostas), estando alojadas en su mayoría en rocas intrusivas del Paleozoico inferior y superior, y metamórficas (Neoproterozoico). Además donde se producen contactos de intrusivos y metamórficos-volcánicos.

El Complejo del Marañón hacia el este la formación Olmos en la costa, ambos de edad precambriana, constituyen el basamento metamórfico sobre los cuales yacen discordantemente rocas filíticas y tobáceas de la formación Salas de posible edad ordoviciana. Sobre éstos descansan las capas rojas del grupo Mitu del permiano superior. Las rocas del triásico - jurásico están constituidas por calizas de la formación La Leche en la faja costanera y el grupo Pucará en el área del Marañón, seguidas por rocas volcánicas (lavas y piroclásticos andesíticos y dacíticos) de la formación Oyotún cuya edad parece llegar hasta el jurásico superior. Durante el neocomiano-aptiano se depositaron lutitas, areniscas y algunas

calizas que se agrupa en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat al sur en los cuadrángulos de Chota y Celendín.

Rocas intrusivas graníticas cortan al Complejo del Marañón en stocks y cuerpos batolíticos tal como se observa en la localidad de Balsas. En el flanco oeste de la cordillera occidental afloran plutones pertenecientes al batolito de la costa cuya litología va del gabro al granito; su edad esta comprendida en el lapso cretáceo superior-terciario inferior.

En el área de estudio, se encuentran evidencias de cuatro etapas de deformación que se iniciaron en el Cretáceo tardío y continúan durante el Cenozoico, todos ellos correspondientes a los movimientos del Ciclo Andino

La fase de explotación minera es incipiente, las labores que realizan son de sección semi circular y de radio reducido. Se siguen las vetas con valores altos, la profundización es hasta donde la ventilación natural lo permita. Las labores por lo general están en zonas fracturadas y con filtración de agua, razón por la cual se tiene que enmaderar.

En el tratamiento de minerales oxidados de oro, los esquemas de proceso comprenden desde la simple amalgamación con una recuperación de cerca del 60%, hasta la cianuración directa con una recuperación de más del 95%, donde la selección de la mejor alternativa puede estar influenciada notablemente por factores ambientales además de los usuales factores económicos.

Para la recuperación del oro, los mineros de la zona de Pataz utilizan el cianuro. La aplicación de cianuros alcalinos en operaciones mineras data de más de un siglo, aunque su uso en la pequeña minería es bastante nuevo y de hecho la mayor parte de plantas de tratamiento de la zona de Pataz, obtienen el oro mediante esta tecnología. Así aunque en operaciones de cianuración por agitación se alcanzan recuperaciones de más de 90%, valores similares se alcanzan también en plantas de cianuración por percolación, aunque los tiempos de tratamiento deben ser mucho más prolongados.

El cianuro se encuentra también en numerosos alimentos y plantas. Los cianuros ocurren en forma natural como parte de azúcares y otros compuestos naturales en algunas plantas comestibles, por

ejemplo almendras, algunos tipos de frijoles, soya, espinaca, vástagos de bambú y raíces de mandioca (Logsdon et al, 2001).

Los procesos de extracción aurífera empleada en operaciones mineras requieren de soluciones muy diluidas de cianuro de sodio, generalmente entre 0,01% y 0,05% de cianuro (100 a 500 partes por millón), que son aplicados fundamentalmente sobre relaves de amalgamación procedentes de operaciones antiguas o nuevas operaciones, pero solo en algunos casos se usa directamente en los minerales de mina sin chancar.

En varios lugares de la zona de trabajo están instaladas plantas de beneficio. La introducción del proceso de cianuración por aglomeración-percolación en bateas o pozas ha permitido mejorar la economía en inversión y costos de operación, aún con materiales de bajo tenor de oro, permitiendo la instalación de plantas con capacidad reducida, del orden de 10 a 30 TM/día. Así mismo mineros zona de Pataz venden directamente la producción de mineral a plantas con ley promedio de 1,5 oz/TM Au.

## INTRODUCCIÓN

La actividad minera artesanal e informal ha alcanzado en el Perú un importante espacio en el mercado laboral, económico y social, pues se estima que existen más de 100 000 mineros involucrados de manera directa en la producción, y una cantidad mayor participa indirectamente. No es difícil entender que uno de los rasgos que potencia el interés por el oro es el buen precio, que ha permitido la reactivación de minas abandonadas y la explotación de pequeñas vetas que no eran rentables en otras épocas.

Los metales base como el cobre, plomo zinc, plata y otros han subido de precio debido a una mayor demanda principalmente de la China. Este crecimiento hace prever un período relativamente largo de buenos precios. El caso del oro es distinto puesto que este metal se ha convertido en «moneda». La inseguridad, en algunos casos, y las bajas tasas bancarias han atraído el interés por este metal.

La minería artesanal es una actividad importante en el Perú desde la década de los ochenta, cuando despegó en un contexto de precios altos del oro, alimentado por procesos migratorios generados por la recesión económica, la crisis agrícola y la violencia política. En 1995 se registró un récord de producción de 27,1 toneladas de oro, lo que representó el 47% de la producción nacional y 302 millones de dólares en divisas.

La minería de pequeña escala cuenta con fortalezas como:

- Requiere bajos montos de capital por puesto de trabajo.
- Utiliza tecnología simple y abundante mano de obra.
- Trabaja yacimientos de pequeña magnitud, pero con altas leyes de oro y cobre, que no suelen ser atractivos para la mediana y gran minería.
- No requiere de grandes inversiones para iniciar operaciones y genera recursos a corto plazo.

- Utiliza herramientas simples y manuales; en algunos casos realiza operaciones de explotación semimecanizada.
- Suele desarrollarse en zonas apartadas y deprimidas, y se integra fácilmente al entorno rural.

Sin embargo, también presenta debilidades como:

- Se desenvuelve generalmente en un contexto informal.
- Suele emplear métodos irracionales de explotación con baja recuperación y depredación del recurso.
- Mantiene condiciones inseguras de trabajo.
- No cumple con la normatividad mineroambiental.
- Tiene malas condiciones de vida.
- Produce contaminación ambiental.
- Utiliza explosivos e insumos ilegales y además los maneja en forma inapropiada.

Las sorpresivas informaciones sobre el hallazgo de nuevos yacimientos han permitido que grupos de mineros informales tomen áreas y se enfrenten con antiguos poseedores (no necesariamente propietarios) que se sienten perjudicados por los «invasores». Frente a esta situación, la titularidad de los derechos mineros o de las propiedades mineras es un tema de discusión permanente entre las autoridades, los empresarios formales, los mineros artesanales y los mineros informales.

Otro aspecto fundamental es el deterioro ambiental como consecuencia de los trabajos de explotación que van en aumento. Los mineros artesanales no realizan labores de remediación ambiental al abandonar las áreas explotadas.





# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### UBICACIÓN Y ACCESO

El área de estudio comprende las regiones de La Libertad, Ancash y Cajamarca. La zona de mayor concentración de pequeños mineros se ubica en Pataz, en la región de La Libertad; este pueblo minero se localiza a 18 horas de la ciudad de Trujillo por vía terrestre (340 km). Es posible llegar a través de avionetas que prestan servicios a las medianas empresas, con tiempos de vuelo que oscilan entre 50 minutos y 1 hora con 25 minutos.

Los lugares de trabajo están cerca del centro poblado y en las laderas de los cerros que lo rodean. La proximidad genera una permanente contaminación ambiental.

### DATOS GEOGRÁFICOS

El área es accidentada, con fuertes pendientes y elevaciones entre 1 200 y 4 200 msnm. Dentro de sus límites se ubican tres unidades geográficas que siguen un rumbo aproximado NO-SE y son de Oeste a Este:

- Cordillera Occidental
- Valle del río Marañón
- Cordillera Central

### CLIMA Y VEGETACIÓN

La zona de estudio se caracteriza por una estación de lluvias fuertes en los meses de noviembre a abril y una época de estiaje durante el resto del año.

Las precipitaciones varían de un sitio a otro. La temperatura sube hasta 20 °C durante el día y en la noche desciende por debajo de 0 °C, mientras que en las riberas del Marañón llega hasta 25 °C.

La vegetación varía según el clima, la topografía y la elevación. Sobre 3 700 m de altitud se encuentra vegetación típica de la puna, mientras que en niveles inferiores aparecen pequeños arbustos y una cubierta escasa. Debajo de 2 300 msnm abundan los arbustos.

### GEOMORFOLOGÍA

Se observan valles en U, valles colgados y superficies estriadas, además de depósitos glaciares como morrenas y abanicos

fluvioglaciares. Los grandes valles y cañones pertenecen a la cuenca del Marañón, el valle del río Marañón alcanza una profundidad cercana a 3 000 m y un ancho promedio de 15 a 20 km.

Las características más importantes del valle son:

- Fuerte pendiente de sus flancos.
- Flancos continuos a lo largo de decenas de kilómetros, sin mayores interrupciones.

### SITUACIÓN DE LA MINERÍA ARTESANAL

La actividad minera en el Perú se clasifica tradicionalmente en gran minería, mediana minería y pequeña minería; en los últimos años ha surgido una cuarta clasificación, reconocida recientemente gracias a la promulgación de la Ley 27651 (Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal). En el país se han concentrado importantes grupos de pequeños operadores mineros en zonas geológicamente reconocidas, como por ejemplo el batolito de Pataz, el batolito de la Costa, entre otros.

Las actividades de la minería artesanal en la zona de estudio se caracterizan por ser mayoritariamente informales; la extracción se desarrolla aprovechando fundamentalmente el uso del cianuro y en menor proporción el mercurio metálico.

La mayoría de mineros artesanales no cuentan con plantas de tratamiento propias, por lo que es necesario recurrir a servicios de tratamiento o vender el mineral a otras empresas. Los productores de la Región de La Libertad venden su producción a la Compañía Minera Poderosa.

### SECTORIZACIÓN DE LAS ZONAS DE TRABAJO

El ámbito del proyecto fue dividido en tres sectores para un mejor estudio y comprensión de los trabajos: Sector I: Región de Cajamarca, Sector II: Región de La Libertad y Sector III: Región de Ancash.

El área de extensión comprende las siguientes coordenadas geográficas:

Vértice	Norte	Este
1	78° 00' 00"	06° 00' 00"
2	78° 00' 00"	07° 30' 00"
3	77° 30' 00"	07° 30' 00"
4	77° 30' 00"	08° 00' 00"
5	77° 00' 00"	08° 00' 00"
6	77° 00' 00"	08° 30' 00"
7	77° 45' 00"	08° 30' 00"
8	77° 45' 00"	09° 30' 00"
9	78° 30' 00"	09° 30' 00"
10	78° 30' 00"	07° 30' 00"
11	79° 00' 00"	07° 30' 00"
12	79° 00' 00"	06° 30' 00"

Estos sectores se han ubicado en las áreas donde está concentrada la mayor cantidad de mineros artesanales, quienes generalmente trabajan con leyes mínimas de 10 g/TM de oro.

Los depósitos auríferos donde trabajan los mineros artesanales son generalmente estructuras de tipo filoniano (vetas angostas), y la mayoría están alojadas en rocas intrusivas del Paleozoico inferior y superior, y metamórficas (Neoproterozoico), así como en zonas de contacto de intrusivos y metamórficos-volcánicos.

Durante la primera fase del estudio, los sectores fueron seleccionados del sistema de datos de recursos minerales (MRDS) del INGEMMET, tomando en cuenta las minas, prospectos y ocurrencias minerales que estaban en actividad en la década de los años setenta.

## LA PEQUEÑA MINERÍA Y MINERÍA ARTESANAL EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

La minería de pequeña escala es muy peculiar y en los últimos años ha incrementado notablemente sus actividades en el Perú, por lo que es necesario su reconocimiento como realidad social.

Debido a su crecimiento los gobiernos regionales han incluido en sus planes la apertura de nuevos caminos para articularlos a los sistemas económicos, puesto que pueden aportar beneficios directos e indirectos como posible motor para el desarrollo de las zonas rurales.

Este tipo de minería tiene particularidades que la distinguen e incluso al interior de ella. Existen variantes pues aunque determinado tipo de áreas explotadas se agrupan bajo su denominación genérica, esto no significa que todas presenten características similares, salvo en cuanto a sus pequeñas dimensiones.

Los recursos económicos de una empresa minera dependen de su tamaño y, por ello, la minería de pequeña escala tiene

limitaciones para realizar inversiones. Por esta razón, ella solo puede explotar yacimientos pequeños o áreas reducidas de yacimientos grandes, y generalmente están formadas por grupos familiares o trabajadores en régimen cooperativo que apenas disponen de medios económicos para llevar adelante el laboreo.

Desde el punto de vista técnico, cuanto más grande sea la empresa, mayor nivel tecnológico podrá desplegar. Esto es un inconveniente para los mineros de pequeña escala porque generalmente no han tenido oportunidad de adquirir formación técnica. En estos casos el nivel de conocimiento tecnológico suele ser muy bajo y eso condiciona también la cultura empresarial hacia una mayor tecnificación de la explotación. Es muy frecuente que este tipo de minería carezca de investigación previa y de conocimientos acerca de las reservas y su ley, la planificación de labores, la conservación del medio ambiente, etc. En resumen, las características de la minería de pequeña escala se pueden sintetizar desde el punto de vista técnico-económico en:

- Disponibilidad de recursos económicos limitados, que varían desde cantidades modestas, no necesariamente precarias, a economías de pura subsistencia.
- Escasa o ninguna tecnificación de las explotaciones.

En repetidas ocasiones se ha hecho referencia al desarrollo sostenible pero, ¿qué supone para la minería y en concreto para la minería de pequeña escala?

El desarrollo sostenible no significa lo mismo para todos. Por ejemplo, según la definición del experto colombiano Julio Carrizosa, el desarrollo sostenible es un proceso de mejoría económica y social que satisface las necesidades y valores de todos los grupos de la población, manteniendo las opciones futuras y conservando los recursos naturales y la diversidad. Esta definición incorpora cuatro principios que deben aplicarse a las actividades en desarrollo:

- La sostenibilidad ecológica, que exige compatibilidad entre desarrollo y conservación de la Naturaleza.
- La sostenibilidad social, que exige el aumento del control que la población tiene sobre sus vidas y que se fortalezca la identidad de la comunidad.
- La sostenibilidad cultural, que exige que el desarrollo sea compatible con la cultura y los valores de la población afectada.
- La sostenibilidad económica, que exige un desarrollo económicamente eficiente y equitativo.

Al aplicar estos conceptos a la minería, las pautas para lograr el desarrollo sostenible serían las siguientes:

- Optimizar la explotación de los yacimientos, definiendo correctamente las reservas recuperables y los niveles de

- producción, llevando a cabo las prácticas de ahorro, sustitución y reciclado que sean necesarias.
- Minimizar los impactos ambientales negativos del proceso minero-mineralúrgico.
  - Minimizar los consumos energéticos y recursos naturales en los frentes de explotación y beneficio.
  - Diseñar un proyecto de recuperación del frente minero y actividades sustitutas tras su cierre.
  - Incluir en la operación minera la recuperación del lugar tras el cierre.
  - Promover los efectos socioeconómicos positivos de la actividad minera por medio de la conservación de los valores tradicionales de las comunidades en donde se realiza, el respeto a los derechos fundamentales, la distribución equitativa de los beneficios y de los incrementos de productividad.

Una vez definidas las condiciones, ¿son realmente aplicables estas pautas a la minería de pequeña escala? En las circunstancias actuales, la respuesta es negativa en la mayoría de los casos.

Es posible en el futuro llegar a una aproximación, pero para ello se deben desarrollar iniciativas que acerquen la pequeña minería a los modos y maneras de la minería tecnificada. Este será un proceso lento en el que deben intervenir los pequeños mineros, el gobierno nacional y los gobiernos regionales.

## ALTERACIONES AMBIENTALES PRODUCIDAS POR LA MINERÍA

La explotación de los yacimientos es la causa de una serie de modificaciones de mayor o menor intensidad en el medioambiente. Estas alteraciones se han agrupado de la siguiente forma:

- Alteraciones en la atmósfera.
  - Emisión de gases y polvo.
  - Ruidos y ondas aéreas.
- Alteraciones en las aguas.
  - Modificación de cauces superficiales (desvíos, canales, embalses).
  - Depresión y modificación de mantos subterráneos (drenajes y captaciones).
  - Contaminación de las aguas.
  - Partículas sólidas (turbiedad).
  - Alteraciones químicas.
  - Elementos tóxicos disueltos o en suspensión.
  - Acidificación.
  - Precipitación de compuestos químicos.
- Alteración de suelos.
  - Vibraciones.
  - Ocupación irreversible de suelo fértil por huecos, escombreras, etc.
  - Introducción de elementos edáficos negativos.
- Alteraciones de la flora y fauna.
  - Eliminación o reducción de la cubierta vegetal.
  - Dificultades para la regeneración de la vegetación.
  - Eliminación o alteración de hábitat para la fauna.
  - Cambios de comportamiento de la fauna.
- Alteraciones en los procesos físicos.
  - Desestabilización de laderas.
  - Creación de relieve.
  - Modificación de la sedimentación fluvial.
  - Aumento de intensidad de la erosión.
  - Aumento del riesgo de subsidencia.
- Alteraciones en la morfología del terreno y paisaje.
  - Creación de huecos, escombreras, vías, edificios, etc.
- Alteraciones del ámbito sociocultural.
  - Destrucción de patrimonio cultural, educativo, natural, etc.
  - Modificaciones del hábitat humano.
  - Modificación de usos del suelo.
  - Aumento de tráfico.
  - Modificación de las vías, líneas eléctricas, telefónicas, etc.
  - Disminución de la calidad de vida (ruido, polvo, barro, etc.).

Las alteraciones ambientales ocasionadas por la minería artesanal no son distintas de aquellas generadas por una gran empresa. Si se analizan individualmente los efectos de las explotaciones de la minería de pequeña escala, como modificaciones del relieve por huecos, rellenos, escombreras, etc., son generalmente modestos debido a la reducida extensión de los trabajos en cada una de ellas. La falta de medidas anticontaminación adecuadas en los vertederos tóxicos puede ocasionar serias alteraciones en la atmósfera, las aguas y los suelos. La fauna y vegetación pueden ser afectadas según las dimensiones de la explotación. Los efectos sobre el hábitat humano son pequeños salvo cuando implican la contaminación del aire, de los campos de cultivo y las aguas de riego o para el abastecimiento de las poblaciones y el ganado; en este caso, un foco de contaminación pequeño pero intenso puede ocasionar efectos graves sobre la colectividad.

Además, la explotación de la pequeña minería y minería artesanal se concentra en áreas determinadas en las que las labores están dispuestas muy cerca unas de otras. Por ello, si bien los efectos de cada explotación pueden ser de poca importancia, cuando se suman las explotaciones de un área el alcance aumenta y se llegan a generar focos contaminantes de elevada intensidad cuyos efectos pueden dañar ambientalmente grandes extensiones.

La suma de los efectos de gran cantidad de pequeñas explotaciones concentradas en un área equivale a los causados por una explotación de gran minería, con el agravante de que las capacidades técnicas y financieras que podrían corregir tales pasivos ambientales no son comparables.

## **ORGANIZACIÓN Y SISTEMAS DE TRABAJO**

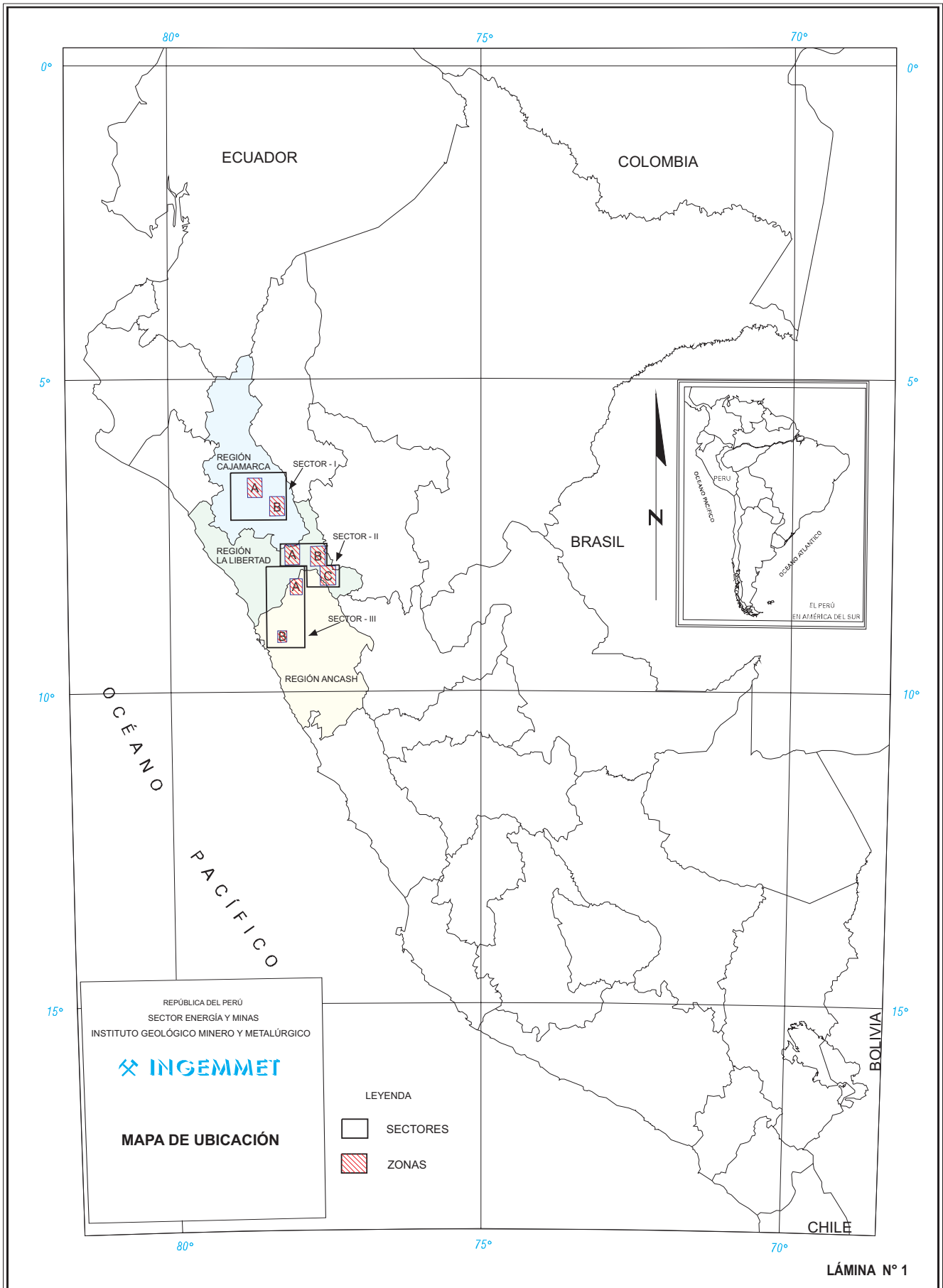
En el proceso de gestión de la minería de pequeña escala en la zona de estudio se observa una deficiente organización y mala

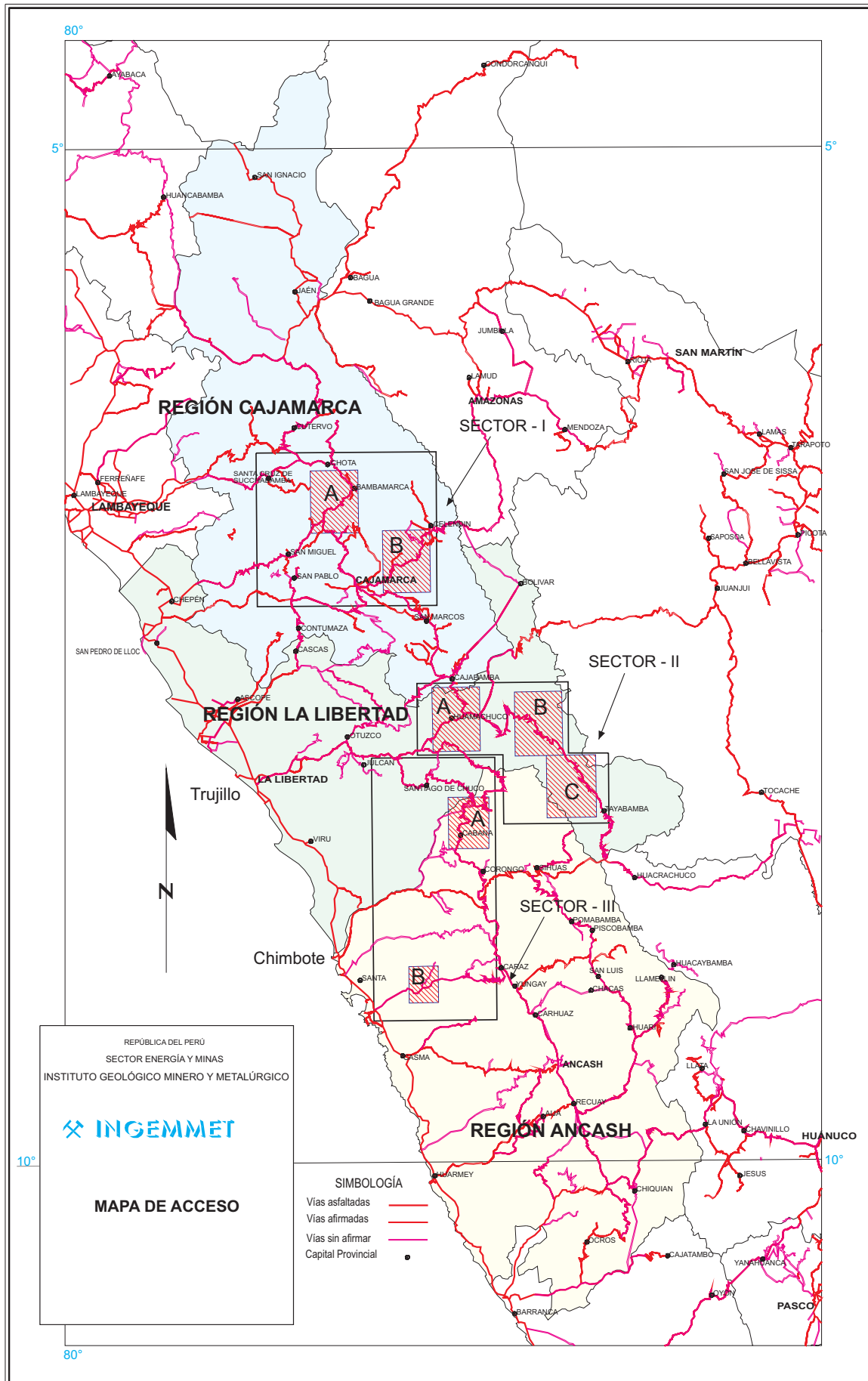
distribución del trabajo en todas las operaciones y procesos de producción. Por ejemplo, los grupos de mineros organizan el trabajo en cuadrillas que realizan sus tareas al mismo tiempo, y generan superposiciones y mayor demanda de materiales, equipos y servicios de necesidad obligatoria para el desenvolvimiento normal de las labores. El desentendimiento de los trabajos de mantenimiento y el cuidado de las labores subterráneas, incluidos los servicios de ventilación y otros, constituyen serios problemas para el desarrollo correcto de las operaciones de producción.

Estos inconvenientes que afectan la producción preestablecida se reflejan en angustiosas situaciones para el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades de orden económico.

Por otro lado, la exploración y el desarrollo se encuentran totalmente relegadas, poniendo en riesgo la continuidad y la sostenibilidad de las operaciones de producción.







# CAPÍTULO II

## ASPECTOS GEOLÓGICO-MINEROS

### GEOLOGÍA

El Complejo del Marañón hacia el este y la formación Olmos en la costa, ambos de edad precambriana, constituyen el basamento metamórfico sobre los cuales yacen discordantemente rocas filíticas y tobáceas de la formación Salas de posible edad ordoviciana.

Sobre ellos descansan las capas rojas del Grupo Mito del Permiano superior. El Triásico jurásico inferior está constituido por calizas de la formación La Leche en la faja costanera y el Grupo Pucará en el área del Marañón, formaciones que están asociadas a derrames y piroclásticos andesíticos y dacíticos de la formación Oyotún, cuya edad parece llegar hasta el Jurásico superior. Durante el Neocambrico-apitiano se depositaron lutitas, areniscas y algunas calizas que se agrupan en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat al sur, en los cuadrángulos de Chota y Celendín.

Rocas intrusivas graníticas cortan al Complejo del Marañón en stocks y cuerpos batolíticos, tal como se observa en la localidad de Balsas. En el flanco oeste de la cordillera Occidental afloran plutones pertenecientes al batolito de la Costa cuya litología va del gabro al granito; su edad está comprendida entre el Cretáceo superior y el Terciario inferior.

Algunos intrusivos menores de composición andesítica y dacítica afloran irregularmente. En muchos casos la mineralización polimetálica de la zona se encuentra asociada a estos intrusivos.

Los depósitos metálicos se agrupan en una franja cuprífera asociada al batolito de la Costa y una provincia polimetálica en la cordillera Occidental.

### ESTRATIGRAFÍA

Las formaciones más antiguas del área en estudio están representadas por sedimentos que afloran en el extremo noreste del cuadrángulo de San Marcos. Existen cuerpos intrusivos aislados y la mayoría tienen afloramientos pequeños. En el área afloran también rocas sedimentarias del Cretáceo, que se caracterizan por una serie clástica en la parte inferior, una calcárea en la superior y una cuenca occidental.

El sector occidental volcánico-sedimentario compromete la tectónica y persiste un ambiente continental de deposición. Las areniscas y cuarcitas de la formación Carhuaz se encuentran sobre el Grupo

Goyllarisquizga; la cuenca fue un mar somero donde el intercambio constante de aguas daba lugar a zonas oxigenadas, y a medida que se hundía era rellenado por materiales clásticos.

La secuencia más baja está representada por los clásticos del Grupo Mito del Paleozoico superior, en otros lugares descansan discordantemente sobre las filitas del complejo del Marañón. Este grupo está cubierto por calizas triásico-liásicas del Grupo Pucará.

Posteriormente, durante el Titoniano y Neocomiano aptiano, se depositaron cerca de 3 000 m de sedimentos (Chicama-Farrat) en una cuenca de la parte occidental, en contraste con lo acontecido en la plataforma o geoanticlinal del Marañón, donde solo se depositaron 300 m de clásticos continentales del Grupo Goyllarisquizga.

En el Cretáceo tardío ocurrió el primer movimiento deformatorio del Ciclo Andino, caracterizado por un levantamiento mayor de la zona de cuenca, que dio lugar a una acumulación clástica rojiza sobre la plataforma y el sector de la cuenca (formación Chota). Este evento fue seguido durante el Terciario temprano por el segundo movimiento deformatorio del Ciclo Andino, que afectó a toda las formaciones de la cuenca. Después de un largo periodo de estabilización, la erosión originó una acumulación conglomerádica en las partes bajas (formación Huaylas) y la aparición de una superficie desgastada, sobre la cual se acumuló la serie volcánica-clástica subaérea del Grupo Calipuy en la parte media del Terciario temprano.

A fines de ese periodo comienza el tercer movimiento deformatorio del Ciclo Andino, relacionado posiblemente con el fallamiento en bloques del basamento, que repercutió con un ondulado sobre la costra vulcano-clástica del Grupo Calipuy, y debido aparentemente a una ondulación superpuesta sobre la serie cretácea anteriormente plegada con la misma dirección andina.

Inmediatamente después, a inicios del Terciario medio, se produjo el emplazamiento de la mayoría de los cuerpos intrusivos del batolito Andino.

### TECTÓNICA

En el área de estudio se encuentran evidencias de cuatro etapas de deformación que se iniciaron en el Cretáceo tardío y continuaron

durante el Cenozoico, todas ellas corresponden a los movimientos del Ciclo Andino. Estas fases de deformación se muestran en discordancias, pliegues y también en las estructuras mineralizadas en zonas de deformación (fajas o provincias estructurales).

A nivel regional todo parece indicar que los movimientos tectónicos han sido de mayor intensidad en algunos sectores que en otros. De esta manera las ondulaciones suaves de algunos niveles estratigráficos pasan a ser estructuras principales (Foto 1).

Aproximadamente a principios del Jurásico superior empezaron a formarse la Cuenca Occidental peruana y el geoanticlinal del Marañón, probablemente influenciados por fuerzas de distensión con desarrollo de dos grandes elementos: un graben y un horsts, relacionados en forma directa a movimientos del zócalo que empezó a acumularse en la cuenca en forma continua y ésta, a su vez, se hundía lentamente a medida que recibía más sedimentos.

El área de estudio presenta tres unidades tectónicas:

- Una provincia de pliegues
- Un área imbricada
- Una zona de bloques fallados, la más importante por donde ha fluido la mineralización.

La provincia de bloques fallados se caracteriza por haber sufrido movimientos verticales a lo largo de las fallas que tienen orientaciones NO-SE.

Las fallas regionales produjeron algunos desplazamientos verticales en la parte central del área de estudio; se observa una serie de estructuras locales que han afectado a las rocas del Complejo del Marañón y a los intrusivos, algunas estructuras tienen rumbos paralelos a las fallas regionales, y la mayor parte de estas fallas se encuentran mineralizadas.

## MINERALIZACIÓN

Las rocas intrusivas son generalmente cuerpos medianos de diorita, granodiorita y pequeños stocks de andesitas y dacitas porfíricas, a las cuales se relacionan los yacimientos de cobre diseminado.

La mineralización se extiende por la parte occidental del área, siguiendo una faja con contenido de zinc, plata, plomo y cobre (Quiruvilca-Sayapullo-Paredones); en la parte oriental hay otra faja que además de tener los elementos anteriormente citados viene acompañada de tungsteno y molibdeno; en la parte noreste están los pórfidos cupríferos de Michiquillay, Sorochuco y otros más al Norte en la misma dirección.

Las vetas de oro fueron formadas por inyección de soluciones hidrotermales de posible alcance mesotermal y temperatura de 200 a 300 °C.

En el área de Yanacocha la mineralización está diseminada, las concentraciones más altas ocurren en sílice brechado con óxidos de hierro, en fracturas rellenas con óxidos, baritina y jarosita en sílice granular lixiviada y en zonas de sulfuros con pirita, sulfuros de cobre y venillas de cuarzo (Foto 2).

Durante la evolución del sistema ocurrieron múltiples eventos de mineralización aurífera, desde uno con débil contenido de oro y sílice, seguido por una fase principal de mineralización aurífera y hierro, hasta una etapa tardía de mineralización de oro y alunita. El evento temprano se caracterizó por niveles de oro de 50 a 200 ppb, con pirita diseminada en sílice masiva.

El evento aurífero principal es posterior a la fase con fuerte contenido de sílice, y está asociado a pirita como finas diseminaciones que rellenan fracturas y cavidades pequeñas, y son la matriz de brechas. El oro se presenta como partículas submicroscópicas en pirita.

## EXPLORACIONES DE LOS PEQUEÑOS MINEROS Y MINEROS ARTESANALES

Ellos exploran minas antiguas, abandonadas y agotadas, y encuentran vetas y vetillas con altos valores de oro, al examinar con herramientas simples, lugares inaccesibles. Para determinar la rentabilidad de sus operaciones realizan cálculos basados en experiencias anteriores, muestrean las vetas, muelen y relacionan el volumen con una caja de fósforos vacía que representa a una tonelada métrica. Este mineral se lava en una pequeña batea llamada «puruña» o un cuerno de vacuno. Concentran los minerales pesados como magnetita, hematita, ilmenita y otros, y así pueden calcular a simple vista el contenido de oro contando las partículas finas. Otros mineros pueden alcanzar mayor precisión pues al amalgamar, filtrar y quemar, logran una muestra representativa de oro doré que puede ser pesado para determinar con mayor exactitud los tenores de oro.

## LAS LABORES DE LOS PEQUEÑOS MINEROS Y MINEROS ARTESANALES

Desde las épocas preinca, inca y colonial se han trabajado yacimientos filonianos de oro emplazados en intrusivos granodioríticos del Paleozoico inferior hasta el superior, de donde se ha extraído la mayor cantidad de oro con contenido promedio de 10 Au g/TM hasta leyes que superarían los 200 g/TM.

Las explotaciones que realizan estos mineros son incipientes, casi circulares y muy angostas, siguen las vetas con valores altos, y profundizan hasta donde llega la ventilación natural pues no cuentan con ventilación artificial. Las labores están localizadas generalmente en zonas fracturadas y con filtración de agua, lo que les obliga a enmaderar el lugar.





**Foto 1** Vista panorámica de estructuras, plegamientos, sinclinales y fallas, ubicada en la ruta de la carretera Cajamarca Hualgayoc.



**Foto 2** Vista panorámica del contexto de la mina Yanacocha

Actualmente los artesanos están explotando yacimientos diseminados de oro de tipo epitermal en la zona de Cajamarca y La Libertad. Éstos no fueron rentables en el pasado, pero el buen precio del oro (900 dólares americanos la onza) los hace provechosos, lo que estimula el incremento de operadores mineros y por ende mayor contaminación ambiental.

### CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

Los depósitos de la zona se caracterizan por una mineralogía simple, constituida por especies de mena del tipo hipógeno o primario y supérgena o secundario con contenido de oro y en menor proporción cobre.

El principal valor económico de los minerales auríferos de esta zona es el oro libre que se encuentra diseminado en una matriz piritizada, con un amplio rango de tamaños de partícula. Es posible lograr una liberación de oro diseminado pero con partículas de tamaño muy fino.

Los estudios mineralógicos han determinado abundancia de pirita y calcopirita; en menor escala, galena, esfalerita, marcasita, bornita y arsenopirita; y en raras ocasiones tetraedrita, magnetita, limonita, goethita, electrum y especularita. Asimismo la ganga contiene cuarzo, calcita y panizo.

El oro nativo, especie reconocida principalmente en Pataz, Suyubamba, Llacubamba y Parcoy, se observa macroscópicamente en granos de 1 a 2 mm (Fotos 3 y 4).

### ÁREAS DE MAYOR CONCENTRACIÓN DE Au-Ag-Cu-Pb-Zn

Los mineros artesanales que trabajan en el área de estudio orientan sus explotaciones a partir de antiguas vetas de oro, algunas posiblemente agotadas, abandonadas, o cubiertas por vegetación y otras que no afloran en superficie.

La cantidad de mineros que «exploran» aumenta cada vez más; su trabajo consiste en localizar vetas y vetillas con altas leyes de oro, y la mayoría de veces no verifican la titularidad de la concesión.

Mediante el reconocimiento geológico-minero y el apoyo técnico en el ingreso a las labores mineras en vetas descubiertas por ellos, se han delimitado áreas de interés prospectivo mediante patrones litológicos (intrusivos, volcánicos, metamórficos y con ambos en contacto), además se ha identificado la orientación de fallas con rumbo N-O y S-E, y otras fallas transversales menores.

Con éstos parámetros, algunas leyes de oro obtenidas en las labores visitadas y con la ayuda de imágenes satelitales Landsat TM Bandas 7,4,2 (RGB), se delimitaron las siguientes zonas prospectivas:

## Sector II, Región de La Libertad

### Áreas prospectivas de mayor concentración de contenido metálico de Au-Ag-Cu-Pb-Zn

#### Zona B, Hoja: 16-h

Vértice	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
1	9 144 000	220 000
2	9 136 000	220 000
3	9 136 000	224 000
4	9 124 000	224 000
5	9 124 000	220 000
6	9 128 000	220 000
7	9 128 000	216 000
8	9 132 000	216 000
9	9 132 000	212 000
10	9 144 000	212 000

Zona geográfica 18

#### Zona C, Hoja-17-h, 17-i

Vértice	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
1	9 114 000	232 000
2	9 112 000	232 000
3	9 112 000	234 000
4	9 108 000	234 000
5	9 108 000	236 000
6	9 104 000	236 000
7	9 104 000	238 000
8	9 106 000	238 000
9	9 100 000	232 000
10	9 104 000	232 000
11	9 104 000	220 000
12	9 114 000	220 000

Zonas geográficas 17 y 18

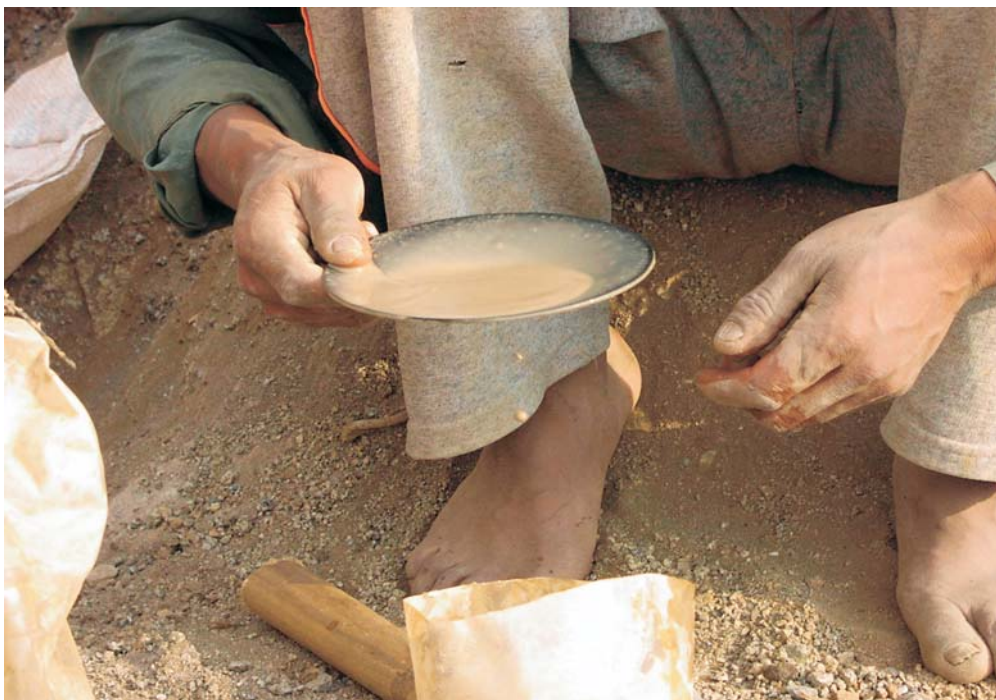
## BENEFICIO MINERO-METALÚRGICO

Los factores que influyen en la selección del método de tratamiento para un depósito de mineral aurífero involucran observaciones técnicas y económicas, y sus correspondientes ventajas, las mismas que deberán ser estudiadas y evaluadas en detalle de acuerdo a las exigencias de la situación particular de cada operación. Las características particulares del oro (alto valor unitario, gran densidad y resistencia a agentes químicos comunes, abundancia relativa como elemento, brillo y color fácilmente reconocibles, entre otros), la variedad de métodos disponibles de recuperación razonablemente eficientes, la diversidad de tipo de minerales y yacimientos, las diferentes condiciones geográficas y naturales, y aun las diferentes condiciones socioeconómicas y regulaciones ambientales, influyen para que los costos de inversión y operación,





**Fotos 3** Concentración de mineral aurífero para la determinación de leyes, con cuerno de vacuno.



**Fotos 4** Procedimiento mecánico para determinación de leyes de oro en función de analogías de volumen a escala y de manera empírica, a través de la "Puruña".

y el rendimiento operacional varíen notablemente para cada situación particular. Es común que la mejor alternativa solo pueda ser establecida después de una etapa de pruebas metalúrgicas diseñadas y evaluadas por profesionales experimentados.

Las principales consideraciones para la selección del proceso minero-metalúrgico han sido estructuradas como sigue:

- Naturaleza del mineral de oro y minerales de ganga.
- Comportamiento del mineral frente a los métodos disponibles de tratamiento y el consiguiente efecto de los minerales de ganga.
- Reservas y potencial justificable de mineral prospectivo.
- Costo comparativo de tratamiento según los diferentes métodos aplicables.
- Costos comparativos de instalación de planta concentradora.
- Costo de manejo ambiental (relaves, efluentes cianuro, drenaje ácido, etc.).
- Métodos disponibles de financiamiento y costos comparativos.

Por ejemplo, para el tratamiento de minerales oxidados de oro, los esquemas de proceso comprenden desde la simple amalgamación con una recuperación de cerca del 60%, hasta la cianuración directa con una recuperación de más del 95%, donde la selección de la mejor alternativa puede estar influenciada notablemente por factores ambientales además de los usuales factores económicos.

Las propiedades del oro desde el punto de vista minero-metalúrgico son las siguientes:

- Su alto peso específico (15,5 a 19,3, dependiendo de la cantidad de mezcla del metal de aleación).
- El mercurio humedece rápidamente al oro en presencia de agua.
- Solubilidad más o menos rápida (bajo condiciones apropiadas) en soluciones acuosas diluidas de cianuros alcalinos para formar compuestos relativamente estables de la forma  $\text{Na.Au}(\text{CN})_2$ .
- La gran capacidad de adsorción que el carbón activado tiene por el complejo  $\text{Na.Au}(\text{CN})_2$ .
- Su comportamiento aceptable, particularmente como aleación natural, frente a los colectores de flotación.

### Minerales auríferos en vetas

Desde tiempos remotos el oro de las numerosas vetas existentes en la zona que se conoce como el batolito de Pataz ha sido explotado en forma artesanal. En esa área existen varias operaciones mineras de mediana escala como Consorcio Minero Horizonte, Compañía Minera Retamas S.A. y Compañía minera Poderosa; estas

empresas han desarrollado modelos de explotación en función de los avances y las exigencias de la época, dejando espacios «sin explotar» o «culminados» que son trabajados por los mineros artesanales que realizan sus labores de manera informal.

De los tres sectores definidos (Sector I en la Región Cajamarca, Sector II en la Región de la Libertad y Sector III en la Región Ancash), el de mayor actividad es el segundo, que tiene una extensión aproximada de 320 km<sup>2</sup> y un promedio de espesor de vetas de 5 a 15 cm con leyes de oro entre 5 y 120 g/TM.

El sistema de minado se realiza generalmente siguiendo a la veta; en algunos casos es necesario hacer cortes con secciones de 0,8 por 1,20 m para galerías de acceso y operación. Sin embargo, también se han observado frentes de operación mucho más reducidos en zonas donde las leyes están por debajo de 10 g/TM.



Foto 5 Se observa una sección de 0,8 x 1,20 m para galerías de acceso y operación.



Foto 6 Sección muy reducida, para disminuir la dilución de mineral. (vetas con leyes por debajo de 10 g/TM).



En cuanto al drenaje de mina, las filtraciones se localizan generalmente en los sectores I y III, y suele tratarse de minas abandonadas.



**Foto 7** Drenaje de agua ácida en labores de minas abandonadas sector I – Cajamarca.

## Sistema artesanal de explotación-beneficio

### Método de explotación

Cuando ocurre el afloramiento de estructuras mineralizadas se aplica el método de minado a cielo abierto en una extensión pequeña («el toro»), luego se continúa con cortadas a «media barreta», llegando a profundizar hasta 40 e incluso 80 m, con el fin de continuar la explotación siguiendo la estructura mineralizada. Las operaciones mineras se abandonan cuando las condiciones de ventilación impiden la continuación de las labores y las previsiones financieras han sido agotadas.



**Foto 8** Afloramiento de estructura mineralizada (Cerro el Toro – Huamachuco).

### Perforación y voladura

El minado se hace en forma manual, cada día se realizan dos taladros de 25 pulgadas de profundidad y la sección de la labor mide 1,5 por 1,5 m. Para la extracción y acarreo del mineral se utilizan costales, latas o bolsas de jebe grueso. La perforación manual de la roca se realiza con la ayuda de cincel y comba.

El proceso de ignición y disparo de hasta 6 taladros cargados con mecha de 0,50 m es realizado por un solo hombre.

Los mineros ubicados en el Sector III disponen de perforadoras eléctricas con un peso promedio de 6 kg y 2,5 kW de potencia, y brocas helicoidales de 0,40 m por 7/8" que son usadas en la industria de la construcción para horadar concreto.

### Pallaqueo o selección manual de mineral

Esta labor constituye una alternativa intermedia o complementaria a la labor principal y consiste en la selección de mineral valioso contenido entre los restos de material estéril que han sido descargados en los botaderos o escombreras.

### Acarreo y transporte del mineral

Los accesos a las labores subterráneas mineras no son apropiados ni se encuentran preparados para el tránsito de vehículos motorizados; por ello son los mismos trabajadores mineros quienes se encargan del acarreo y transporte del mineral hasta su trasbordo o entrega a las instalaciones de beneficio.

### Chancado, molienda, amalgamación y cianuración

El mineral de mina se somete a una operación de chancado, seguido por un proceso de selección manual (pallaqueo). Luego se continúa con la molienda tipo «bach» para reducir al tamaño conveniente para la siguiente etapa.

El «pallaqueo» consiste en seleccionar manualmente el material con mayor ley, antes de ser procesado o comercializado, en esta etapa los minerales son triturados con combas u otros objetos pesados para reducirlo a tamaños por debajo de media pulgada, aumentando las ganancias por la calidad del material y la reducción en el costo de transporte y procesamiento.

En el caso de leyes altas se realiza a una etapa previa de molienda, para la cual se emplean los molinetes construidos en piedra o roca primaria. La molienda se realiza con el material húmedo y con adición progresiva de mercurio (60 g) para lograr una amalgamación consistente en la formación de una pulpa (4 partes de agua por 1 parte de mineral de 15 kg). Posteriormente se descarga la pulpa de manera controlada en la poza de sedimentación y se deja en el fondo de la taza la amalgama y el mercurio metálico remanente.

El material sólido sedimentado (relave de amalgamación) se descarga de la poza formando rumbas o pilas. El mercurio remanente es separado de la amalgama exprimiéndolo o filtrándolo a través de una tela resistente; el mercurio líquido así recuperado es vuelto a usar en el proceso de amalgamación, en tanto que la amalgama se calienta en un soplete ordinario para sublimar el mercurio, logrando el oro doré conocido también como oro refogado.

En la zona la mayor parte del proceso de beneficio se realiza mediante la cianuración, y lo describiremos más adelante.

El uso de molinetes es restringido, mas no así el uso de pequeños molinos de bolas donde se realiza la operación en seco para facilitar su descarga y manipuleo, especialmente para evitar que parte del mineral se quede pegado a las paredes y bolas del molino. El tiempo de molienda es de 30 minutos a una hora. Esta molienda ocurre por abrasión del mineral y se logran finezas del orden de 50% a - 325 mallas.



Foto 9 Se observa el primer proceso de reducción mecánica y “pallaqueo”



Foto 10 Se muestra el sistema molinete, usado principalmente para leyes elevadas, garantiza la velocidad de retorno





Foto 11 Molino de bolas trabajando en seco y en proceso de descarga.

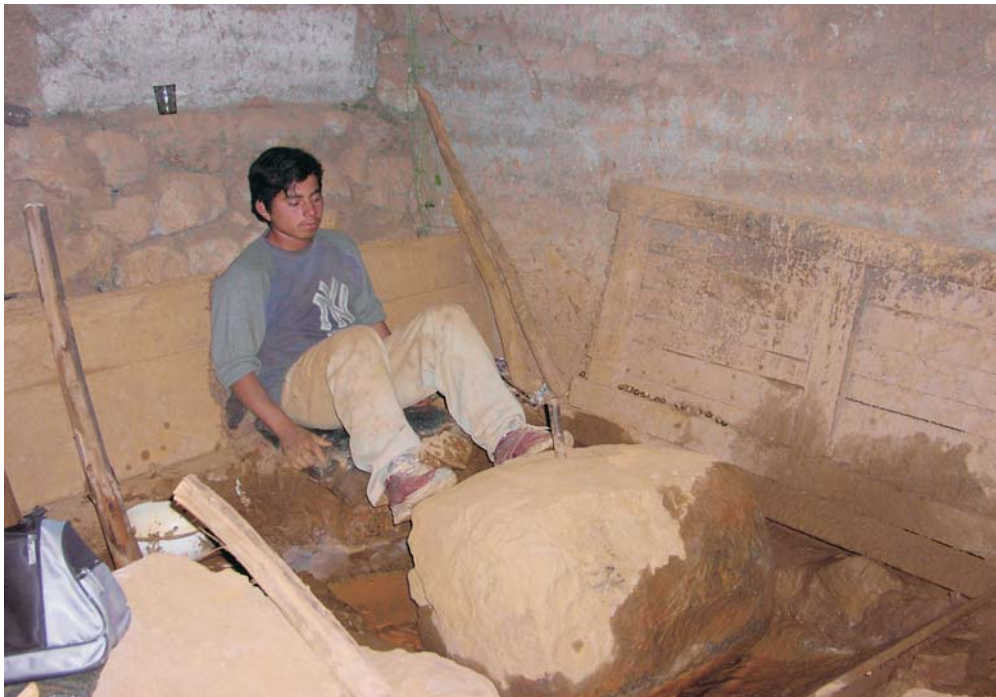


Foto 12 Otro tipo de molinete o quimbalete





Foto 13 Pequeña poza de cianuración ubicada en una zona altamente vulnerable



Foto 14 Riego con cianuro en poza - Cerro El Toro - Huamachuco



# CAPÍTULO III

## ZONAS VISITADAS

### SECTOR I – REGIÓN CAJAMARCA

#### Yacimiento El Negro (Cu, Au)

**Ubicación:** Se encuentra cerca del poblado Ailadero, en el distrito de Encañada, provincia de Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 217 959 N y 794 696 E, y a 3 200 msnm.

**Acceso:** Se sigue la carretera afirmada de Cajamarca a Celendín a lo largo de 35 km, y luego se continúa por un camino de herradura que tiene una distancia aproximada de 1 km.

**Marco geológico:** Afloran rocas calizas de la formación Yumagual del Cretáceo superior.

#### Cerro Los Halcones (Cu, Au)

**Ubicación:** Está ubicado en la parte sur del cerro Los Halcones, en el distrito de Oxamarca, provincia de Celendín; en las coordenadas UTM 9 220 216 N y 807 269 E, y a 3 500 msnm.

**Acceso:** Se sigue la carretera afirmada de Cajamarca a Celendín hasta la cordillera Comullca, donde se toma un camino de herradura hacia el cerro Los Halcones y se recorre una distancia aproximada de 4 km.

**Marco geológico:** Las rocas que afloran son calizas de la formación Yumagual del Cretáceo superior.

#### Socavón Barragán (Au, Ag, Cu, Pb y Zn)

**Ubicación:** Se encuentra en la falda del cerro San José, en el distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc; en las coordenadas UTM 9 252 223 N y 764 910 E, y a 3 478 msnm (Foto 15).

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km de vía asfaltada, y luego se sigue un camino de herradura de 1 km de largo aproximado.

**Marco geológico:** El ambiente geológico de la zona se caracteriza por: stocks intrusivos, dacitas, granodioritas del batolito de Pataz del Terciario, areniscas limosas intercaladas con material volcánico, calizas del Cretáceo medio y superior, y las formaciones Inca, Chulec y Pariatambo.

Se tomaron muestras de agua superficial para determinar los parámetros físico-químicos de la galería (HU-SB-017) y también

en el rebose de la poza de decantación (HU-SB-018), luego del tratamiento. El drenaje de las aguas que salen de la galería alcanzó un pH ácido, y se determinó que los sólidos totales disueltos (TDS) tenían alta concentración de sales inorgánicas. Este valor es generalmente la mitad de la conductividad eléctrica (CE), que es la expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica (grado de salinidad). Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas así como de la temperatura de medición. La muestra del Socavón Barragán está en el umbral de excesivamente contaminado; luego del tratamiento descendió a 602 mg/l, cifra que aún está en del umbral de contaminada.

Código de Muestra	pH	TDS mg/l	CE mg/l
HU-SB-017	2,3	2 100	4 200
HU-SB-018	6,3	301	602

#### Los Blancos (Au, Ag, Cu, Pb Zn)

**Ubicación:** Se encuentra en la parte noroeste del cerro Molinopampa, distrito y provincia de Hualgayoc; en las coordenadas UTM 9 252 850 N y 766 098 E, y a 3 415 msnm.

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km y luego se sigue un camino de herradura que tiene una extensión de 1,5 km hasta la mina.

**Marco geológico:** Son dominantes los stocks intrusivos de composición dacítica, riódacítica y riolítica; así como las cuarcitas del Terciario medio en contacto con el Grupo Goyllarisquiza del Cretáceo inferior.

La estructura consiste en una veta de rumbo N 60° O, buzamiento subvertical y potencia de 1,20 m. Las alteraciones que presenta son silicificación, argilitización y propilitización.

La mineralización contiene oro, plata, cobre, plomo y zinc, polimetálicos de mena, oro nativo, plata nativa, calcopirita, esfalerita, galena, arsenopirita, marcasita, molibdenita y pirita; y como



minerales de ganga se encuentra cuarzo, magnetita, hematita, pirrotita, goethita y limonita.

El resultado de una muestra analizada es el siguiente:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
HU-BL-001	2,77	124	808	4 217	138

### Mina Imperial (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Está ubicada en la parte noreste del cerro Molino, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca, en las coordenadas UTM 9 252 476 N y 767 220 E, y a 3 460 msnm.

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km, y luego se sigue un camino de herradura hasta la mina que tiene una extensión aproximada de 1,2 km y pendiente de 45°.

**Marco geológico:** Aflora un pórfido alterado a sericita-cuarzo del Grupo Goyarisquiza del Cretáceo inferior.

El contenido polimetálico es oro, plata, cobre, plomo y zinc; la mena consiste en esfalerita, calcopirita, galena y arsenopirita; la ganga presenta cuarzo, pirita, pirrotita y óxido de hierro. Las alteraciones más importantes son: sericitización y silicificación intensas, y oxidación incipiente.

No se ingresó a la labor porque estaba inundada, tampoco se tomaron muestras de la estructura para análisis químicos, solamente se tomó una muestra de roca para estudios petrominerales.

### Mina Cleopatra (Cu, Au)

**Ubicación:** Se encuentra en la parte norte del cerro Tingo, distrito y provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 252 476 N y 767 220 E, y a 3 850 msnm (Foto 16).

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km, y se sigue una carretera afirmada que recorre una distancia de 16 km hasta la mina.

**Marco geológico:** Afloran rocas volcánicas intensamente alteradas a cuarzo-sericita de la formación Pariatambo del Cretáceo inferior.

El contenido metálico es cobre y oro; el de mena es arsenopirita, escalerita y calcopirita; y el de ganga es cuarzo, pirita y pirrotita. Las cajas de la veta están alteradas y fracturadas.

Se presentan dos sistemas de fallas, el primero está orientado N 30° O, con buzamiento subvertical y el segundo está orientado E-O y con buzamiento N. Las alteraciones que presenta son: silicificación, argílica avanzada, filica y propilítica.

### Mina Los Colorados (Cu, Pb, y Zn)

**Ubicación:** Está ubicada en la parte noroeste del cerro Chirchado, en el distrito y provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 258 342 N y 756 852 E, y a 3 700 msnm (Foto 17).

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km de vía asfaltada, y desde ahí se recorre una distancia aproximada de 18 km hasta la mina.

**Marco geológico:** Se presentan rocas volcánicas Llama del Terciario inferior. Se observa una veta hidrotermal y las cajas están intensamente alteradas.

El contenido metálico es cobre, plomo y zinc; como mena se encuentra calcopirita, galena, esfalerita y la ganga es cuarzo, pirita, hematita, limonita y óxido de hierro.

La veta tiene rumbo E-O, buzamiento 75° SE y potencia de 0,30 m.

Una muestra de canal analizada en el INGEMMET dio el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
HU-COL-007	0,01	0,5	139	228	101



Foto 17 Vista de la Mina Los Colorados. Evidente acumulación de agua ácida, producto de la alteración de la roca.



Foto 15 Mina Barragán (Hualgayoc). Toma de muestra de drenaje ácido en bocamina.



Foto 16 Mina Cleopatra, ubicada en Hualgayoc, explotada a tajo abierto, tiene evidencias de aguas ácidas provenientes de la lixiviación de pirita. Afloran rocas volcánicas intensamente alteradas a cuarzo-sericita de la Fm. Pariatambo del Cretáceo superior.

### Mina María Eugenia (Au, Ag, Cu, Pb y Zn)

**Ubicación:** Se encuentra localizada en el cerro Tantahuatay, en el distrito y provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 256 753 N y 758 934 E, y a 3 800 msnm (Fotos 18 y 19).

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km y desde ahí se recorre una distancia aproximada de 15 km hasta la mina.

**Marco geológico:** Afloran rocas volcánicas de la formación Llama del Terciario inferior. Son vetas hidrotermales con contenido metálico de oro, plata, cobre, plomo y zinc; el contenido de mena es oro libre, calcopirita, esfalerita, galena; y el de ganga es cuarzo, pirita, óxido de hierro, limonita y goethita. La veta principal tiene rumbo E-O y buzamiento 75° SE. Actualmente hay tres tajos en explotación, y la cantidad de cobre aumenta a medida que se profundiza.

El resultado de una muestra es:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
HU-ME-009	45,33	2 257	3 029	9 409	340

### Cerro María (Au, Ag, Cu, Pb y Zn)

**Ubicación:** Está ubicado en la parte suroeste del distrito y provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 256 848 N y 758 656 E, y a 3 600 msnm (Fotos 20 y 21).

**Accesibilidad:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km, y desde ahí se recorre una distancia aproximada de 8 km a través de una carretera afirmada hasta la mina.

**Marco geológico:** Las rocas que afloran en la zona son volcánicas del grupo Pulluicana del Cretáceo superior. Su contenido es oro, cobre, plata, plomo y zinc; la mineralización de mena es oro libre, calcopirita, galena y esfalerita; y el contenido de ganga es cuarzo, pirita y óxido de hierro.

Una muestra de relave analizada en el INGEMMET reportó los siguientes valores:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
HU-ME-008	1,15	114	12 473	1 796	1 881

### Cerro Corona 2 (Au, Cu, Pb)

**Ubicación:** Se localiza entre los cerros Molino Pampa y San José en el distrito y provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 251 689 N y 765 417 E, y a 3 931 msnm.

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km, y desde ahí se recorre una distancia aproximada de 4 km a través de una carretera afirmada hasta la mina.

**Marco geológico:** Afloran rocas volcánicas del grupo Pulluicana del Cretáceo superior. Se presenta un stock porfirítico de composición cuarzo diorita a tonalita (terciario) que intruye a calizas, con intercalaciones de limonita, de la formación Pariatambo (Cretáceo). La zona es atravesada por la falla Hualgayoc, al igual que otras con orientación NO-SE. Los ensambles de alteración corresponden a pórfido y skarn.

El contenido metálico es oro, cobre y plomo; la mineralización de mena es oro nativo, calcopirita, calcosina, magnetita y enargita; y como ganga se encuentra cuarzo, pirita, hematita, limonita y óxido de hierro.

Se tomó una muestra que dio el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
HU-C° COR-011	4,17	24	639	307	57

### Cerro San José (Cu, Pb y Zn)

**Ubicación:** Se encuentra situado en el cerro San José, distrito y provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 252 227 N y 765 417 E, y a 3 519 msnm.

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km y desde ahí se recorre una distancia aproximada de 4 km a través de una carretera afirmada que lleva a Bambamarca.

**Marco geológico:** Afloran rocas volcánicas brechadas y silicificadas de la formación Pariatambo del Cretáceo inferior. Las rocas volcánicas están intensamente alteradas a cuarzo-sericita, silicificación, sericitización intensa, oxidación moderada y cloritización incipiente. La estructura mineralizada tiene rumbo E-O y buzamiento 76° NO; existe una falla cercana con rumbo N 70° E y buzamiento 72° NO.

El contenido metálico es cobre, plomo y zinc; la mineralización de mena presenta calcopirita, galena y escalerita; y la de ganga es cuarzo, pirita, limonita, hematita y óxido de hierro.

Se tomó una muestra que arrojó el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
HU-SJ-013	0,01	1	350	102	27





Foto 18 Mina María Eugenia. Zona de relaves antiguos



Foto 19 Mina María Eugenia. Afloran rocas volcánicas de la Fm. Llama del terciario Inferior. Se observan aguas ácidas.





**Foto 20** Cerro María afloran volcánicos del grupo Pullucana del Cretáceo Superior y un stock porfírico de composición cuarzo diorita a tonalita.



**Foto 21** Cerro María. Zona altamente fracturada. Yacimiento epitermal de alta sulfuración (Suroeste de Hualgayoc)



### Diseminado San José (Au, Ag, Cu, Pb y Zn)

**Ubicación:** Está ubicado en el distrito y provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 252 242 N y 765 629 E, y a 3 574 msnm.

**Acceso:** Se recorre la carretera de Cajamarca a Hualgayoc durante 75 km y desde ahí se recorre una distancia aproximada de 3,5 km a través de una carretera afirmada que lleva a Bambamarca.

**Marco geológico:** Afloran areniscas limosas intercaladas con rocas volcánicas, calizas del Cretáceo medio y superior (formaciones Inca, Chulec y Pariatambo). La orientación de la estructura mineralizada más importante es E-O, con buzamiento 76° NO. Existe una falla con rumbo N 70° E y buzamiento 72° NO.

El contenido metálico es oro, plata, cobre, plomo y zinc; el contenido de mena es calcopirita, esfalerita, arsenopirita, y otros minerales como magnetita, hematita, pirita, especularita, pirrotita y limonita. Se observan alteraciones hidrotermales como silicificación, argilica avanzada, filica y propilítica.

Se tomó una muestra que proporcionó el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
HU-SJ-015	0,16	7	165	517	314

### Mina Cascabamba (Au, Ag, Cu, Pb y Zn)

**Ubicación:** Se encuentra en el lado suroeste del cerro Pircas, en el distrito y provincia de Contumazá, Región Cajamarca; en las coordenadas UTM 9 182 890 N y 753 947 E, y a 3 770 msnm.

**Acceso:** Se toma la carretera de Cajamarca a Chilete (85 km), luego se sigue por la carretera afirmada Chilete-Contumazá (37 km), y finalmente la trocha carrozable Contumazá-Minas Cascabamba (20 km) que se encuentra en mal estado por lo que el viaje se realizó a una velocidad de 5 a 10 km/h.

**Marco geológico:** Afloran rocas volcánicas intensamente alteradas a cuarzo-sericita, color gris, fracturadas con numerosas venillas e impregnaciones de óxidos de fierro; son vetas mesotermiales de oro. Existe un socavón a media barreta. El rumbo de la veta es paralela a las cizallas que siguen la dirección N 30° E y buzamiento 70° NO. El contenido metálico comprende oro, plata, cobre, plomo y zinc. Las alteraciones que presenta son: silicificación, sericitización intensa, oxidación moderada y argilización incipiente.

Se tomó una muestra que arrojó el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
MCASC-019	0,01	10	25	52	89

## SECTOR II – REGIÓN LA LIBERTAD

### Cerro El Toro (Au, Ag, Cu, Pb y Zn)

**Ubicación:** Se localiza en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, Región La Libertad, en las coordenadas UTM 9 133 735 N y 829 350 E, y a 3,480 msnm (Fotos 22 y 23).

**Acceso:** Se accede desde Trujillo por vía asfaltada hasta Shiran (37 km) y luego por la carretera afirmada Shiran-Huamachuco (143 km). El cerro El Toro se encuentra ubicado en la hacienda Shiranmallo, a 10 minutos de la ciudad de Huamachuco.

En esta zona se visitaron las siguientes labores de los mineros artesanales:

- Cerro El Toro
- Labor Rolando
- Cerro El Toro 1
- Cerro El Toro Zona Sur

**Marco geológico:** Las rocas que afloran en la zona son cuerpos intrusivos que han dado lugar a la mineralización epitermal de oro. Cerro El Toro está localizado en la provincia metalogenética del oro Lima-Huaylillas, en la cordillera Oriental, y es un yacimiento epitermal de tipo cuarzo-sulfuro de baja sulfuración, que no se caracteriza por una extensión de mineralización profunda pero muestra una distribución aurífera horizontal (Gauthier, 1999).

La provincia ha sufrido una intensa actividad tectónica-magmática cuyas evidencias se muestran en:

1. Intenso plegamiento.
2. Intensa actividad magmática efusiva e intrusiva.
3. Arqueamiento del plegamiento andino.
4. Generación de fallas de transferencias.
5. Actividad magmática hidrotermal.

La geología está constituida por rocas sedimentarias del Jurásico superior y Cretácico inferior. Las lutitas de la formación Chicama se encuentran en la base y están superpuestas por cuarcitas, areniscas, limonitas, lutitas y calizas del grupo Goyllarisquiza. Este grupo está subdividido en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. En el yacimiento El Toro, la mineralización se emplaza en la formación Farrat, del Cretácico inferior, que está formada por areniscas y cuarcitas blancas de gano medio a grueso,



Foto 22 Vista panorámica del Cerro El Toro (Huamachuco La Libertad).



Foto 23 Cerro El Toro, labor Rolando, operaciones de mineros artesanales. (Huamachuco La Libertad).

tiene una potencia aproximada de 500 m y sobreyace en aparente concordancia a la formación Carhuaz. Los horizontes clásticos de la formación Farrat presentan buena mineralización aurífera diseminada (Corbett y Leach, 1997). Las areniscas cuarzosas tienen orientación N 65° O con buzamiento subvertical. Las alteraciones que se observan son: silicificación intensa, argilización y oxidación débil.

La muestra tomada en la labor Cerro El Toro proporcionó el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
C° T-022	12,2	60,5	869	4 249	280

Las muestras colectadas en Cerro El Toro 1 dieron los siguientes valores:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
TORO-078	0,93	6	144	2 170	341
TORO-079	1,35	1,5	118	113	20

La muestra recogida en Cerro El Toro Zona sur reportó el siguiente valor:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
TORO-081	5,2	55	176	679	59

### San Caetano (Au)

**Ubicación:** Se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 138 272 N y 213 495 E, y a 2 840 msnm.

**Acceso:** Desde la ciudad de Trujillo se llega a Huamachuco recorriendo 180 km por una vía asfaltada y afirmada, de ahí se sigue a Pataz por una carretera afirmada, recorriendo 358 km en total, y allí se toma la ruta a San Caetano.

**Marco geológico:** Las rocas que afloran son metamórficas, esquistos del Complejo Marañón Neoproterozoico. Se observa un depósito de oro en vetas de cuarzo. Los minerales de mena son: galena, esfalerita, arsenopirita y calcopirita; y los de ganga son: cuarzo, pirita, pirrotita, hematita, limonita y óxidos de hierro.

### Cerro San Francisco (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Se encuentra en la parte noreste del cerro San Francisco, en el distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 139 965 N y 214 034 E, y a 2 835 msnm.

**Acceso:** Se toma la ruta Trujillo-Huamachuco y de esta ciudad a Pataz recorriendo un total de 358 km. Desde allí se sigue la ruta a San Francisco que tiene una extensión aproximada de 2 km.

**Marco geológico:** La mina se localiza en la provincia metalogénica de oro de Huaylillas, en la cordillera Oriental, conocida desde la época colonial.

Existen vetas de oro formadas por inyecciones de soluciones hidrotermales mesotermiales. Las alteraciones registradas son: sericitización, cloritización, epidotización, y oxidación incipiente.

Se tomaron muestras que dieron el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
PA-PMN-028	22,4	18	164	82 225	2 372
PA-PMN-029 (relave)	6,4	98,5	850	44 271	3 773

### Loma de Pencas (Au)

**Ubicación:** Se localiza al este del anexo Zarumilla, en el distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 141 099 N y 212 822 E, y a 2 658 msnm.

**Acceso:** Se parte de Trujillo hacia Huamachuco (180 km), en esta ciudad se toma el camino hacia Pataz (178 km) y desde ahí se sigue la ruta al anexo Zarumilla que recorre una distancia de 20 km.

**Marco geológico:** Afloran rocas volcánicas, con tufos alterados por cuarzo, cloritas y óxidos de hierro. Asimismo se presentan intrusivos, vetas hidrotermales con oro, mineralización de mena con oro libre y galena, y esfalerita.

Las alteraciones registradas son: silicificación intensa; cloritización, oxidación, epidotización y carbonatación débiles; y argilitización incipiente.

### Mina El Pauco (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Está ubicada en el distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 140 923 N y 214 253 E, y a 2 643 msnm.

**Acceso:** Desde Trujillo se recorren 37 km de vía asfaltada hasta Shiran, luego se sigue hasta Huamachuco (en el kilómetro 180) y desde ahí a Pataz se recorren 178 km más. Allí se toma el camino que conduce a Zarumilla y en el kilómetro 5 se toma el desvío que lleva a El Pauco.

**Marco geológico:** Afloran metamonzogranitos, granodioritas metamórficas neoproterozoicas e intrusivas, dioritas del Paleozoico inferior y vetas hidrotermales con contenido metálico de oro libre,



electrum, galena, calcopirita y escalerita, y como ganga se encuentra cuarzo, pirita, hematita, limonita y óxidos de hierro.

Las alteraciones que se observan son: argilitización, cloritización y oxidación débiles, así como epidotización incipiente.

Se tomaron dos muestras que proporcionaron los siguientes resultados:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
PA-QDA-033	3,3	2,5	145	3 626	330
PA-QDA-034	24,5	130	2 075	32 964	3 757

### Mina Virgen del Carmen (Au)

**Ubicación:** En el distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9,140,991 N y 214 183 E, y a 2 369 msnm.

**Acceso:** Se toma la carretera de Trujillo a Huamachuco (180 km), se sigue hasta Pataz (178 km) y luego se toma la ruta a Zarumilla, aproximadamente en el kilómetro 5 se toma un desvío que conduce a El Pauco.

**Marco geológico:** Las rocas que afloran en las labores de los pequeños mineros son intrusivas, granodioríticas y dioritas del Paleozoico inferior.

La mineralización se encuentra en vetas de cuarzo con contenido metálico de oro, en tanto que como mena se encuentra oro libre y galena, y como ganga se encuentra cuarzo, pirita, hematita y limonita.

### La Porfía (Au)

**Ubicación:** Se localiza al norte del cerro San Lorenzo, en el distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 140 329 N y 216 159 E, y a 2 890 msnm.

**Acceso:** En Trujillo se toma la carretera hacia Huamachuco y de ahí a Pataz, con un recorrido total de 358 km; luego se sigue un camino de herradura ubicado a 6 km de distancia y que lleva de Pataz a La Porfía.

**Marco geológico:** Las rocas que afloran en la labor son metamórficas (esquistos de cuarzo-anfiboles) e intrusivas (diorita del Paleozoico Inferior). Las estructuras son vetas hidrotermales de oro; y como mena presenta galena y esfalerita. Las alteraciones que se observan son: sericitización moderada, cloritización y carbonatación débiles, epidotización y oxidación incipientes.

### Veta Vicente (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Se encuentra en la parte norte del cerro San Lorenzo, distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 140 491 N y 216 126 E, y a 2 887 msnm.

**Acceso:** Desde la ciudad de Trujillo se sigue la carretera a Huamachuco y Pataz, recorriendo 358 km. Allí se toma un camino de herradura que recorre 6 km de distancia hasta la veta Vicente.

**Marco geológico:** La litología que caracteriza a la labor son rocas intrusivas dioríticas del Paleozoico inferior. Las estructuras son vetas hidrotermales con contenido metálico de oro; como mena se encuentra galena y escalerita, y la ganga es cuarzo, pirita y óxidos de hierro. La veta principal tiene rumbo N 20° E y buzamiento subvertical con potencia de 0,80 m.

Se tomó una muestra que proporcionó el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
PA-V V-039	110	258	322	23 587	808

### Santa Rosa (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Está ubicada al noreste de la laguna Pías, en el distrito del mismo nombre, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 125 883 N y 219 401 E, y a 2 154 msnm.

**Acceso:** Se toma la ruta Trujillo-Huamachuco (180 km) y luego se sigue la vía Huamachuco-Pías, hasta llegar a Santa Rosa que se encuentra aproximadamente 6 km antes del pueblo de Pías.

**Marco geológico:** Afloran rocas metamórficas del Complejo Marañón (pizarras, cuarcitas) que pertenecen al Cretáceo inferior. La veta de cuarzo tiene rumbo N 35° E, buzamiento 85° NO y potencia de 0,70 m.

Se extrajo una muestra que arrojó el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
PA-SR-043	0,27	0,5	33	199	57

### Veta El Molle (Au)

**Ubicación:** Se localiza al pie del cerro Chuntulco, en el distrito de Pías, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 143 026 N y 206 357 E, y a 1 415 msnm.

**Acceso:** Desde la ciudad de Trujillo se toma la ruta a Huamachuco y de ahí se sigue hasta Chagualito, recorriendo 310 km. Se cruza el río Marañón y se toma el desvío que se encuentra en la margen

izquierda, se recorren 11 km y se toma un camino de herradura que conduce a la veta que se encuentra a una distancia de 2 km.

**Marco geológico:** Las rocas que afloran en la zona son volcánicas-sedimentarias (arenisca cuarzosa de la formación Goyarisquizga). Es un depósito epitermal con características de diseminado de oro. Las alteraciones que se observan son: serpentinización y silicificación débiles, carbonatación, cloritización, oxidación y argilización.

### Pampa Grande (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Está ubicada en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 131 218 N y 217 834 E, y a 2 782 msnm.

**Acceso:** En Trujillo se toma la carretera a Huamachuco y se recorren 373 km hasta Pías. Desde ahí se llega a la labor Pampa Grande por un camino de herradura que tiene 5 km de extensión.

**Marco geológico:** Los afloramientos intrusivos son granodioritas del Paleozoico Inferior, con vetas hidrotermales con contenido de oro, como mena se encuentra galena y calcopirita, y los minerales de ganga son cuarzo, pirita y óxidos de hierro. La veta tiene rumbo E-O, buzamiento subvertical y potencia de 1,30 m. La mina se encuentra inundada.

La muestra recolectada dio los siguientes resultados:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
PA-QPG-044	0,058	1,5	83	442	62

### Quebrada Carrizal (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Se localiza en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 133 464 N y 218 167 E, y a 2 999 msnm.

**Acceso:** Desde Trujillo se toma la carretera a Huamachuco y de ahí se sigue hasta Pías, recorriendo 373 km. En Pías se toma un camino de herradura que conduce a las labores ubicadas en la quebrada Carrizal y que se encuentran a 11 km de distancia.

**Marco geológico:** Se presentan rocas volcánicas intensamente alteradas a sericita, cuarzo y carbonatos; en superficie hay rocas intrusivas granodioríticas del batolito de Pataz, metasedimentos (esquistos, filitas, pizarras) y metavolcánicos del Complejo del Marañón (Proterozoico superior-Ordovícico). La mineralización consiste en vetas mesotermiales de oro.

Las alteraciones registradas son: sericitización moderada; cloritización débil; silicificación, carbonatación y oxidación muy débil.

Se tomaron dos muestras que proporcionaron los siguientes resultados:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
PA-QPG-046	4,8	5	71	2 188	2 521
PA-QPG-048	130,3	125	131	599 575	13 523

### Mangalpa Veta Derrumbe (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Se encuentra ubicada en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 129 308 N y 219 708 E, y a 2 872 msnm.

**Acceso:** Se toma la ruta Trujillo-Huamachuco y desde ahí se sigue hasta Pías, recorriendo 373 km entre vía asfaltada y afirmada. Luego se continúa a la Veta Derrumbe por un camino de herradura que se encuentra a 2 km de distancia.

**Marco geológico:** Se desarrolla en un ambiente de rocas intrusivas, diorita granodiorita. El rumbo de la veta es S 45° E, con buzamiento 43° NE y potencia de 0,50 m.

Se tomaron dos muestras que presentaron los resultados siguientes:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
PA-VD-050	8,25	12	100	4 928	152
PA-VD-051	9,8	12	110	1 206	213

### Ccarihuarmi ( Au )

**Ubicación:** Está ubicada en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 110 425 N y 232 790 E, y a 3 485 msnm (Fotos 24 y 25).

**Acceso:** En Trujillo se toma la ruta hasta Huamachuco y de allí se sigue hasta Llacuabamba, recorriendo 202 km en la ruta Huamachuco-Buldibuyo. Finalmente, a 10 km de Llacuabamba se toma el camino de herradura que conduce a la labor Ccarihuarmi (a 1 km de distancia).

**Marco geológico** Afloran rocas metamórficas del Complejo Marañón-Precámbrico. La veta principal es cuarzosa y tiene rumbo N 50° E, buzamiento de 30° NO y potencia de 0,50 m.

El análisis de dos muestras que se recogieron en el lugar proporcionó los siguientes resultados:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
CARI-053	1,9	2	55	130	36
CARI-055	22,17	20	28	670	61



Foto 24 Mina Ccarihuarmi, distrito de Parcoy (La Libertad) disposición de material para tratamiento con cianuro



Foto 25 Mina Ccarihuarmi, disposición de sostenimiento en interior mina



### Fundición (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Se localiza en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 110 381 N y 232 440 E, y a 3 430 msnm.

**Acceso:** Se toma la ruta de Trujillo hasta Huamachuco y Llacuabamba, recorriendo 202 km de la ruta Huamachuco-Buldibuyo. A 10 km de Llacuabamba se toma el camino de herradura que conduce a la labor Ccarihuarmi que se encuentra a 1,5 km de distancia.

**Marco geológico:** Afloran rocas metamórficas: esquistos de cuarzo del Complejo del Marañón-Precámbrico. Las alteraciones que se observan son: argilitización y silicificación. Las vetas tienen rumbo N 15° E.

Se tomaron dos muestras cuyos resultados son los siguientes:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
FUN-056	9,8	4	74	599	546
FUN-058	29,5	30	110	1 765	278

**Acceso:** En Trujillo se toma la carretera hasta Huamachuco y de ésta hasta Llacuabamba, recorriendo 202 km de la ruta Huamachuco-Buldibuyo. Finalmente, a 10 km de Llacuabamba se toma el camino de herradura que conduce a la labor Ccarihuarmi que se encuentra aproximadamente a 1 km de distancia.

**Marco geológico:** Los afloramientos alrededor de las labores de los pequeños mineros artesanales consisten en intrusivos dioríticos y granodioríticos del Paleozoico inferior, con fracturamiento intenso, mineralización de oro y pirita diseminada, así como arsenopirita y limonitas.

La veta tiene rumbo N-S y buzamiento de 25° E. Existe una falla con rumbo N 30°O y buzamiento 70° NE. Las alteraciones observadas son: carbonatación y sericitización intensas, cloritización moderada y oxidación débil.

Se recogió una muestra que proporcionó los resultados siguientes:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
FUN-059	7,4	4	78	925	1 198

### Fundición 1 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Está ubicada en el distrito y provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 110 435 N y 232 092 E, y a 3 387 msnm (Foto 26).



Foto 26 Mina Fundición 1, mineralización de la veta, distrito de Pataz – La Libertad

### Huariracra ( Au )

**Ubicación:** Se encuentra en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 110 921 N y 227 664 E, y a 3 297 msnm.

**Acceso:** En Trujillo se toma la carretera a Huamachuco, y se sigue a Parcoy recorriendo 200 km de distancia.

**Marco geológico:** Afloran rocas intrusivas como dioritas y granodioritas del batolito de Pataz. La edad del plutón se encuentra en el rango entre 320 y 340 millones de años y la mineralización entre 310 a 314 millones de años. Además, presenta minerales con magnetita, pirita, arsenopirita, calcopirita y óxidos de hierro.

La veta principal Simón tiene rumbo N 65° E, buzamiento de 78° NO y potencia de 0,70 m. Se observa alteración hidrotermal con sericitización débil, y cloritización y piritización de las rocas de caja. Las vetas son mesotermales de oro.

Los resultados de las tres muestras recolectadas son los siguientes:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
SIM-062	66,17	12	47	56	24
SIM-063	27,33	8	50	133	39
SIM-066	15,6	6	70	365	361

### Esperanza Veta Sissy ( Au, Ag, Cu, Pb, Zn )

**Ubicación:** Se localiza en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 111 421 N y 226 674 E, y a 3 117 msnm.

**Acceso:** Se toma el camino Trujillo-Huamachuco-Parcoy, recorriendo 380 km, luego se sigue en dirección norte, hacia el cerro Cabrillas, llegando a la quebrada Polacocha que se encuentra a 2 km de distancia.

**Marco geológico:** Las rocas huésped son intrusivos, dioritas y granodioritas del Paleozoico inferior, también afloran metasedimentos (esquistos, fillitas, pizarras) y metavolcánicos del Complejo del Maraón (Proterozoico superior– Ordovícico). La veta es de origen hidrotermal, la mineralización de mena comprende oro libre, arsenopirita, galena, y esfalerita. La veta Sissy tiene rumbo N 15° O, buzamiento de 45° NE y potencia de 0,20 m.

Las muestras recogidas dieron los resultados siguientes:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
SISSY-067	110,15	193	30	134	44
SISSY-068	22	29,5	14	166	38

### Buenos Aires Veta Chata ( Au, Ag, Cu, Pb, Zn )

**Ubicación:** Se encuentra en la parte noreste del cerro Cueva Culqui, en el distrito de Buldibuyo, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 101 169 N y 235 530 E, y a 3 350 msnm.

**Acceso:** Se toma la carretera de Trujillo hasta Huamachuco y se sigue con dirección a Llacubamba, recorriendo 382 km en total. De ahí se toma la ruta a Buldibuyo (23 km) y se llega hasta la veta por un camino de herradura de 1 km de extensión.

**Marco geológico:** Afloran areniscas cuarzosas del grupo Goyllarisquizga e intrusivos como dioritas y granodioritas del Paleozoico inferior. La mineralización presenta oro, y como mena se encuentra galena, pirita aurífera y escalerita, y como ganga se registra cuarzo, pirita y óxido de hierro. La estructura tiene rumbo N 60° E, buzamiento 55° NO y potencia 0,10 m. La galería visitada tiene 100 m de longitud. La caja techo presenta fracturamiento intenso donde se encuentra la mineralización de oro.

Las muestras recogidas proporcionaron estos resultados:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
TA-CHATA-069	1,34	1	44	230	174
TA-CHATA-070	6,4	1	253	1 834	827
TA-CHATA-073 (relave)	41	14	192	3 717	1 404

### Quisuar, Laguna Seca ( Au, Ag, Cu, Pb, Zn )

**Ubicación:** Se localiza en la parte noreste del cerro Ushno, en el distrito de Chillia, provincia de Pataz, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 105 805 N y 221 501 E, y a 3 682 msnm (Fotos 27 y 28).

**Acceso:** En Trujillo se toma la ruta a Huamachuco y se continúa con dirección a Parcoy, recorriendo 380 km en total. Desde ahí se sigue con rumbo a Buldibuyo (aproximadamente 13 km), donde se toma un camino de herradura de 300 m para llegar a la labor Quisuar.

**Marco geológico:** En la zona visitada afloran calizas y brechas calcáreas, así como rocas metamórficas del Complejo Maraón del Neoproterozoico. Estas rocas están fracturadas.

La mineralización es predominantemente aurífera, con cuarzo y óxidos de hierro. La estructura mineralizada tiene orientación N 30° O, buzamiento 75° SO y potencia promedio 4 m.

El análisis de las muestras recolectadas dio los siguientes resultados:





**Foto 27** Mina Quisuar, Laguna Seca. Técnicos de INGEMMET capacitando y proporcionando información geológica (Chillia La Libertad).



**Foto 28** Desarrollo de operaciones en material diseminado sin control de estabilidad - Mina Quisuar, Laguna Seca (Chillia La Libertad).

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
INDA-074	15,5	337	2 039	118 000	20 906
INDA-075	0,36	3,5	7	97	1 050
INDA-076	2,3	62,5	682	42 895	19 183

### Alpamarca Quebrada Baja (Cu ,Pb, Zn)

**Ubicación:** Se encuentra ubicada en el distrito de Parcoy, provincia de Patate, Región La Libertad; en las coordenadas UTM 9 118 763 N y 222,107 E, y a 2 559 msnm.

**Acceso:** Desde de la ciudad de Trujillo se toma la ruta a Huamachuco y de ahí se continúa por Chagual hasta llegar a Alpamarca, en la ruta a Parcoy. Finalmente se toma un camino de herradura de 1 km de distancia para llegar a la zona.

**Marco geológico:** Predominan rocas metamórficas del Complejo Marañón y pizarras alteradas con limonitización superficial. Las microfracturas están rellenas con yeso cristalizado. A nivel macroscópico no se observa presencia de oro.

Se tomó una muestra que dio el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
ALPA-077	0,72	6	580	1 865	349

## SECTOR III – REGIÓN ANCASH

### La Cantera (Au)

**Ubicación:** Se encuentra ubicada al pie del cerro Cantera, en la quebrada Solvin, distrito de Nepeña, provincia de Santa, Región Ancash; en las coordenadas UTM 8 994 363 N y 802 293 E, y a 623 msnm.

**Acceso:** Desde la ciudad de Lima se recorre la carretera Panamericana Norte hasta el kilómetro 405, donde se toma la vía a San Jacinto y se sigue a lo largo de 22 km, donde se toma otra carretera que tiene un tramo de 13 km de distancia hasta La Cantera.

**Marco geológico:** Afloran rocas intrusivas como tonalita y granodiorita de la Superunidad Santa Rosa del Cretáceo superior. Es un yacimiento epitermal de oro diseminando.

### Cantera 1 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)

**Ubicación:** Se encuentra situada en el cerro Cantera, distrito de Nepeña, provincia de Santa, Región Ancash; en las coordenadas UTM 8 993 928 N y 802 551 E, y a 478 msnm.

**Acceso:** Desde Lima se recorren 427 km de vía asfaltada hasta San Jacinto, luego se toma una carretera de 11 km de largo hacia el cerro Cantera, donde se encuentra una trocha carrozable de 1 km de extensión que lleva a la Cantera 1.

**Marco geológico:** Predominan intrusivos como tonalita y granodiorita de la Superunidad Santa Rosa del Cretáceo superior, un cuerpo mineralizado que mide aproximadamente 10 m de longitud, tiene rumbo N 75° O y buzamiento 20° NE.

Las muestras recogidas proporcionaron los siguientes resultados:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
SMA-081	0,01	1,0	744	37	31	< 5
CAN-082	0,37	7,5	171	11	11	< 5

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
SMA-081	< 5	0,16	2,73
CAN-082	21	<0,05	2,59

### Virahuanca, Labor Principal (Au)

**Ubicación:** Se encuentra situada en el cerro Virahuanca, distrito de Moro, provincia de Santa, Región Ancash; en las coordenadas UTM 8985145 N y 809000 E, y a 581 msnm (Foto 29).

**Acceso:** Desde Lima se toma la carretera Panamericana Norte y se viaja una distancia de 405 km hasta el desvío hacia el distrito de Moro (34 km más) a través de una vía asfaltada. En Moro se toma una carretera al cerro Virahuanca y se recorre 8 km hasta llegar a él.

**Marco geológico:** En la zona afloran rocas intrusivas, tonalita y granodiorita de la Superunidad Santa Rosa del Cretáceo superior.

En el cerro Virahuanca existen aproximadamente 100 vetas paralelas de oro. La labor principal tiene rumbo N 75° O, buzamiento 65° SO y 0,30 m de potencia, con longitud de afloramiento de 300 m. Es la labor más importante, donde están concentrados los esfuerzos de más de 500 pequeños mineros artesanales. Otras vetas reconocidas son: Gaby, que tiene rumbo E-O, buzamiento subvertical y potencia de 1,30 m; y Virahuanca que está orientada con rumbo N-S, tiene buzamiento subvertical y 0,30 m de potencia.

Se tomaron 5 muestras referenciales de la labor principal y estos son los resultados :

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
VINCHA-CAS-092	5,8	10	173	7 064	100	27
VINCHA-CAS-094	1,7	4	63	1 514	154	32
VINCHA-CAS-095	9	140	28	4 820	24	37
VIRA-CAS-084	31	125	168	13 972	158	143

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
VINCHA-CAS-092	1 373	0,26	5,41
VINCHA-CAS-094	1 222	0,1	6,86
VINCHA-CAS-095	3 153	0,12	5,92
VIRA-CAS-084	5 425	0,84	8,77

### Tres Minas

**Ubicación:** Está ubicada al pie del cerro Pimpón, cerca de la hacienda San Jacinto, en el distrito de Nepeña, provincia de Santa, Región Ancash; en las coordenadas UTM 8 987 939 N y 802 332 E, y a 385 msnm.

**Acceso:** Desde Lima se toma la carretera Panamericana Norte y se sigue por el desvío del km 405, antes de llegar a Nuevo Chimbote. Desde allí se recorren 5 km hasta el cerro Pimpón, y finalmente se toma un camino de herradura que recorre aproximadamente 3 km.

**Marco geológico:** Se enmarca dentro de un ambiente de rocas intrusivas como tonalita y granodiorita de la Superunidad Santa Rosa del Cretáceo superior.

### Socavón de Exploración (mina Motocachi)

**Ubicación:** Se encuentra situado en el cerro Siete Huacas, distrito de Moro, provincia de Santa, Región Ancash; en las coordenadas UTM 8 989 887 N y 812 333 E, y a 762 msnm (Foto 30).

**Acceso:** Desde Lima se recorre la carretera Panamericana Norte hasta el kilómetro 405, donde se toma el desvío hacia Moro y se recorren 5 km más.

**Marco geológico:** En la zona afloran rocas intrusivas, tonalita y granodiorita de la Superunidad Santa Rosa del Cretáceo superior. Las estructuras están orientadas con rumbo E-O, buzamiento subvertical, y potencia 0,30 m.

La muestra recogida proporcionó el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
SOC-CAS-090	0,22	9,5	3 270	53	108	85

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
SOC-CAS-090	84	0,32	6,46

### Chuncas

**Ubicación:** Se localiza entre los cerros Chacuascucho y Siete Huacas, en la quebrada Chumbe, distrito de Moro, provincia de Santa, Región Ancash; en las coordenadas UTM 8 990 436 N y 812 630 E, y a 623 msnm.

**Acceso:** Se viaja por la carretera Panamericana Norte desde Lima hasta el kilómetro 405, ahí se toma el desvío hacia la localidad de Moro, para recorrer 4 km por una carretera hasta el punto de mineralización Chuncas..

**Marco geológico:** En la zona predominan intrusivos de la Superunidad Santa Rosa del Cretáceo superior: rocas tonalitas y granodioritas. Está formada por vetas de cuarzo aurífero, con rumbo N 35° O, buzamiento subvertical y 0,25 m de potencia .

Se colectaron tres muestras referenciales de fragmentos de rocas y éstos son los resultados:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
CHUN-CAS-086	0,01	0,5	43	43	89	< 5
CHUN-CAS-088	0,01	0,5	47	41	122	< 5
CHUN-CAS-089	0,01	0,5	48	92	255	< 5

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
CHUN-CAS-086	58	0,27	4,77
CHUN-CAS-088	214	<0,05	5,43
CHUN-CAS-089	950	<0,05	4,2

### Suraka, Labor Carolina (Au, Ag)

**Ubicación:** Se encuentra situada en la parte norte del cerro Cuchupaico, en el distrito de Bolognesi, provincia de Pallasca, Región Ancash; en las coordenadas UTM 9 076 023 N y 829 666 E, y a 3 830 msnm.

**Acceso:** Desde Lima se viaja por la carretera Panamericana Norte hasta Santa, allí se toma el desvío que lleva al distrito de Cabana, donde se toma la carretera rumbo al cerro Campanario. Desde Chimbote hasta aquí se recorren 171 km. Finalmente se toma un camino de herradura que recorre 3 km hasta el cerro Cuchupaico.

**Marco geológico:** Las rocas dominantes son metamórficas, lutitas y pizarras de la formación Chicama del Jurásico superior. Se presentan vetas con venillas de cuarzo con rumbo N 45° O y buzamiento subvertical.





**Foto 29** Panorámica del Cerro Virahuanca, en el distrito de Moro, donde mineros artesanales están explotando numerosas vetas paralelas con rumbo NS y buzamiento sub vertical.



**Foto 30** Mina Motocachi. Vetas de Au y Cu (Moro Ancash)

El muestreo proporcionó los resultados siguientes:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
SURAKA-CAR-100	0,04	1	50	18	62	< 5
SURAKA-CAR-101	0,05	1,5	90	14	62	< 5

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
SURAKA-CAR-100	20	<0,05	5,7
SURAKA-CAR-101	897	0,26	5,28

### Huandoval, Mina Puca (Au, Ag, Cu, Pb)

**Ubicación:** Está ubicada en el cerro Puca, distrito de Huandoval, provincia de Pallasca, Región Ancash; en las coordenadas UTM 9 079 970 N y 172 733 E, y a 3 140 msnm.

**Acceso:** A través de la carretera Panamericana Norte se viaja desde Lima hasta Chimbote-Santa, donde se toma la carretera que va hacia Pallasca. La mina se localiza a 10 km del poblado de Huandoval.

**Marco geológico:** En un ambiente de rocas metamórficas, lutitas y pizarras de la formación Chicama del Jurásico superior. Es un yacimiento de tipo filoniano, con rumbo N-S, buzamiento subvertical y 0,12 m de potencia.

### Cuchupaico

**Ubicación:** Se localiza en la parte sureste del cerro Canay Monte, en el distrito de Bolognesi, provincia de Pallasca, Región Ancash; en las coordenadas UTM 9 077 131 N y 828 977 E, y a 3 438 msnm.

**Acceso:** Se toma la carretera Panamericana Norte para hacer el recorrido Lima-Chimbote-Santa, y se sigue rumbo a la ciudad de Cabana, donde se completa 646 km. Allí se toma la carretera Cabana-Huandoval para llegar a Cuchupaico que se encuentra a 20 km de la primera.

**Marco geológico:** En la zona afloran rocas metamórficas, lutitas y pizarras de la formación Chicama del Jurásico superior. Estas pizarras están intruidas por vetas de cuarzo de 0,80 m de potencia y con mineralización de oro. La veta de cuarzo tiene rumbo N 10° O y buzamiento 45° NO.

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
CUCHO-PALL-112	0,22	0,5	97	60	60	< 5
CUCHO-PALL-113	0,07	1	85	122	122	< 5
CUCHO-PALL-114	<0,01	<0,5	218	11	9	< 5

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
CUCHO-PALL-112	1 200	<0,05	3,37
CUCHO-PALL-113	697	<0,05	2,54
CUCHO-PALL-114	10	0,16	2,87

### Ogopito (Au, Cu)

**Ubicación:** Se encuentra situada en la parte norte del cerro Bandera, al lado sur de la laguna Ogopito, en el distrito de Cabana, provincia de Pallasca, Región Ancash; en las coordenadas UTM 9 067 866 N y 182 235 E, y a 4 583 msnm (Fotos 31 y 32).

**Acceso:** Desde la ciudad de Chimbote se toma la ruta a Cabana, pasando por Santa, y de Cabana hacia la laguna Quinua, completando un tramo de 193 km. Finalmente se toma un camino de herradura con dirección hacia la laguna Ogopito y se recorren aproximadamente 6 km del mismo.

**Marco geológico:** Se enmarca dentro de un ambiente de rocas de tonalita y granodiorita de la Superunidad Santa Rosa.

Se tomaron tres muestras cuyos resultados se presentan a continuación:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
OGOP-PALL-116	0,14	5	1 443	52	52	25
OGOP-PALL-119	0,09	9,5	2 656	56	56	61
OGOP-PALL-121	0,01	4,5	2 160	13	13	8

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
OGOP-PALL-116	87 163	0,2	9,87
OGOP-PALL-119	180 000	0,14	18,6
OGOP-PALL-121	28 154	0,27	13,8

### Calamalca, Mina Calavera (Au)

**Ubicación:** Está ubicada en la parte sur del cerro Uculbamba, en el distrito y provincia de Pallasca, Región Ancash; en las coordenadas UTM 9 088 700 N y 170 319 E, y a 2 729 msnm (Fotos 33 y 34).

**Acceso:** Se toma la carretera Panamericana Norte desde Lima a Chimbote y se sigue hacia la ciudad de Pallasca de aquí se continúa hasta Mollepata-Tablachaca, que dista 84 km y posteriormente se arriba a la mina Calavera.

**Marco geológico:** Se enmarca en un ambiente de rocas metamórficas, lutitas y pizarras de la formación Chicama del Jurásico superior. Es un yacimiento de placer aurífero de tipo coluvial, el





**Foto 31** Vista panorámica del Cerro Ogopito. Se ubica en la jurisdicción de la localidad de Cabana.



**Foto 32** Cerro Ogopito, presenta vetas mineralizadas de oro, tiene una potencia aproximada de 1 m (Cabana Ancash).





Foto 33 Calamalca mina Calavera, se enmarca dentro de un ambiente de rocas metamórficas.



Foto 34 Mina Calavera, galería de acceso muy bien llevada (Pallasca Ancash)

oro está intruido en las lutitas y pizarras erosionadas e intemperizadas.

Las estructuras mineralizadas tienen rumbo N 30° O, buzamiento 70° SO, y la potencia de algunas vetillas con mineralización de oro es 0,10 m.

Una muestra tomada dio el siguiente resultado:

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
CALAV-PALL-122	8,1	1,5	53	1 395	1 395	35

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
CALAV-PALL-122	10 228	0,2	3,77

### Aracabo

**Ubicación:** Se localiza en la parte este del cerro Pashash, distrito de Cabana, provincia de Pallasca, Región Ancash; en las coordenadas UTM 9 070 163 N y 829 070 E, y a 3 052 msnm.

**Acceso:** A través de la carretera Panamericana Norte se hace el recorrido Lima-Chimbote-Santa. Allí se toma una vía asfaltada y luego afirmada que recorre 161 km hasta Cabana. Desde aquí se recorren 5 km de carretera hasta llegar al cerro Pashash.

**Marco geológico:** Afloran rocas metamórficas entre las que se observan lutitas y pizarras de la formación Chicama del Jurásico superior. La mineralización de oro está emplazada en las pizarras,

las estructuras están orientadas con rumbo N 50° O, buzamiento 55° NO y potencias intercaladas de 0,50 m.

Código de Muestra	Au g/Tm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm
ARAC-SCH-096	0,5	2	30	98	109	< 5
ARAC-SCH-097	<0,01	<0,5	199	1 191	129	< 5
ARAC-SCH-099	<0,01	<0,5	31	79	43	< 5

Código de Muestra	As ppm	Hg ppm	Fe ppm
ARAC-SCH-096	120	0,28	7,77
ARAC-SCH-097	88	<0,05	2,63
ARAC-SCH-099	11	<0,05	2,75

### Placeres auríferos de Tablachaca (Au)

**Ubicación:** Están ubicados en el distrito de Cabana, provincia de Pallasca, Región Ancash; en las coordenadas UTM 9 0843 69 N y 827 534 E, y a 2 225 msnm (Foto 35).

**Acceso:** Se viaja de Lima a Chimbote por la carretera Panamericana Norte, y se continúa el recorrido hacia la ciudad de Pallasca, antes de llegar a Santa. Se recorren en total 600 km.

**Marco geológico:** En el área del depósito, la mayoría del material es detrítico de rocas metamórficas compuestas de lutitas y pizarras auríferas de la formación Chicama del Jurásico superior. Estos depósitos son de oro muy fino y se encuentran diseminados.



**Foto 35** Afloramiento de la Formación Chicama del Jurásico superior. Tablachaca, las rocas que predominan en el área son metamórficas.



**Tabla N° 1**  
**Sector I – Región Cajamarca. Labores Mineras y Ocurrencias visitadas**

**Zona A**

N°	Nombre de la Mina	Hoja	Coordenadas		Tipo de Yacimiento	Elementos	Minerales		Roca Caja	Formación Geológica	Edad
			Norte	Este			Mena	Ganga			
1	Los Blancos	15 - f	9,252,850	766,098	Filoniano	Au,Ag,Cu,Pb,Zn	Cp, Gn, Ef	Cz, Py, Oxs Fe	Cuarcita	Gpo. Goyarisquizga	Ki - g
2	Mina Imperial	15 - f	9,252,476	767,220	Filoniano	Au,Ag,Cu,Pb,Zn	Ef, Cp, Gn, Apy	Cz, Py, Oxs Fe	Pórfido	Gpo. Goyarisquizga	Ki - g
3	Mina Cleopatra	15 - f	9,252,476	767,220	Filoniano	Cu,Au	Apy, Cp	Cz, Py, Apy,	Volcánicos	Fm. Pariatambo	Ki - pa
4	Mina Los Colorados	15 - f	9,258,342	756,852	Filoniano	Cu,Pb,Zn	Cp, Gn, Ef	Cz, Oxs Fe	Volcánicos	Volcánicos Llama	Ti - vll
5	Mina Maria Eugenia	15 - f	9,256,753	758,934	Filoniano	Au,Cu,Ag,Pb,Zn	Cp, Gn, Ef	Cz, Py, Oxs Fe	Volcánicos	Volcánicos Llama	Ti - vll
6	Cerro María	15 - f	9,256,848	762,799	Diseminado	Au,Cu,Ag,Pb,Zn	Cp, Gn, Ef	Cz, Py, Lim, Oxs Fe	Volcánicos	Gpo. Pulluicana	Ks - p
7	Cerro Corona	14 - f	9,251,689	765,417	Diseminado	Au, Cu, Pb	Cz, Cp, Py	Cz, Oxs Fe	Volcánicos	Gpo. Pulluicana	Ks - p
8	Cerro San José	15 - f	9,252,242	765,629	Diseminado	Cu,Pb,Zn	Cp, Gn Ef	Cz,Oxs Fe	Volcánicos	Fm. Pariatambo	Ki - pa
9	Diseminado San José	14 - f	9,252,242	765,629	Diseminado	Au,Ag Cu,Pb,Zn	Cp,Gn,Ef.	Cz,Oxs Fe	Volcánicos	Fm Pariatambo	Ki - pa
10	Mina Cascabamba	15 - f	9,182,890	753,947	Diseminado	Au, Ag, Cu, Pb. Zn	Ef, Gn	Cz,Oxs Fe,Lim	Volcánicos	Volcánicos San Pablo	Ti - vsp

**Zona B**

N°	Nombre de la Mina	Hoja	Coordenadas		Tipo de Yacimiento	Elementos	Minerales		Roca Caja	Formación Geológica	Edad
			Norte	Este			Mena	Ganga			
11	Yacimiento El Negrito	15 - g	9,217,959	794,696	Filoniano	Cu, Au	Apy, Cp	Cz, Py, Apy	Caliza	Yumagual	Ks – yu
12	Cerro Los Halcones	15 - g	9,220,216	807,269	Filoniano	Cu, Au	Apy, Cp	Cz, Py, Apy	Caliza	Fm. Yumagual	Ks - yu

Tabla N° 2

Sector II - Región de La Libertad. Labores Mineras y Ocurrencias visitadas

Zona A

N°	Nombre de la Mina	Hoja	Coordenadas		Tipo de Yacimiento	Elementos	Minerales		Roca Caja	Formación Geológica	Edad
			Norte	Este			Mena	Ganga			
1	Cerro El Toro	16 - g	9,133,735	829,350	Diseminado	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au libre	Cz, Oxs Fe	Sedimentaria	Chimu	Ki-Chim
2	Labor Rolando (C° El Toro)	16 - g	9,133,664	830,058	Diseminado	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au libre	Cz, Oxs Fe	Sedimentaria	Chimu	Ki-Chim
3	Cerro El Toro 1	16 - g	9,133,838	830,155	Diseminado	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au libre	Cz, Oxs Fe	Sedimentaria	Chimu	Ki- Chim
4	Cerro El Toro Sur	16 -g	9,133,761	829,361	Diseminado	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au libre	Cz, Oxs Fe	Sedimentaria	Chimu	Ki- Chim

Zona B

N°	Nombre de la Mina	Hoja	Coordenadas		Tipo de Yacimiento	Elementos	Minerales		Roca Caja	Formación Geológica	Edad
			Norte	Este			Mena	Ganga			
5	San Caetano	16 - h	9,138,272	213,495	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Gn, Ef, Apy, Cp	Cz, Py, Oxs Fe	Metamórfica	Complejo del Marañón	Pali-di/gd
6	Cerro San Francisco	16 - h	9,139,965	214,034	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Gn, Ef, Apy	Cz, Py, Oxs Fe	Intrusivo	Diorita	Pe-cm
7	Loma de Pencas	16 - h	9,141,099	212,822	Filoniano	Au	Ef, Gn	Cz, Py	Intrusivo	Diorita	Pali-di/gd
8	Mina El Pauco	16 - h	9,140,923	214,253	Filoniano	Au	Gn, Cp, Ef.	Cz, Py	Intrusivo	Granodiorita	Pali-di/gd
9	Mina Virgen del Carmen	16 - h	9,140,991	214,183	Filoniano	Au	Gn	Cz, Py	Intrusivo	Granodiorita	Pali-di/gd
10	La Porfia	16 - h	9,140,329	216,159	Filoniano	Au	Gn, Ef.	Py, Cz	Intrusivo	Diorita	Pali-di/gd
11	Veta Vicente	16 - h	9,140,491	216,126	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Gn, Ef.	Cz, Py, Oxs Fe	Intrusivo	Diorita	Pali-di/gd
12	Veta El Molle ( Cerro Chuntulco)	16 - h	9,143,026	206,357	Diseminado	Au	Gn, Cp	Cz, Py, Oxs Fe	Volcánico	Arenisca Cuarzosa Fm.	Ki-g
13	Pampa Grande	16 - h	9,131,218	217,834	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Cp, Ef.	Cz, Py, Oxs Fe	Intrusivo	Granodiorita	Pali-di/gd
14	Quebrada Carrizal	16 - h	9,133,464	218,167	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Cp, Ef.	Cz, Py	Intrusivo	Granodiorita	Pali-di/gd
15	Mangalpa Veta Derrumbe	16 - h	9,129,308	219,708	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Ef, Gn, Cp	Cz, Py, Oxs Fe	Intrusivo	Granodiorita	Pali-di/gd
16	Alpamarca Qda. Baja	16 - h	9,118,763	222,107	Diseminado	Au Au, Ag, Cu, Pb,	Gn, Ef	Cz, Oxs Fe	Metamórfica	Complejo del Marañón	Pe-cm
17	Santa Rosa	16 - h	9,125,883	219,401	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Gn, Cp	Cz, Py	Metamórfica	Pizarra-Cuarcita	Ki-cm

Zona C

N°	Nombre de la Mina	Hoja	Coordenadas		Tipo de Yacimiento	Elementos	Minerales		Roca Caja	Formación Geológica	Edad
			Norte	Este			Mena	Ganga			
18	Ccarihuarmi	17 - i	6,110,425	232,790	Filoniano	Au	Gn, Ef, Cp	Cz, Py, Oxs Fe, Cac	Metamórfica	Complejo del Marañón	Pe-cm
19	Fundición	17 - i	9,110,381	232,440	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Apy, Gn, Ef	Cz, Py, Oxs Fe, Cac	Metamórfica	Complejo del Marañón	Pe-cm
20	Fundición 1	17 - i	9,110,435	232,092	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Gn, Ef	Cz, Oxs Fe, Cac	Intrusivas	Diorita Granodiorita	Pali-di/gd
21	Huariracra	17 - i	9,110,921	227,664	Filoniano	Au	Apy, Gn, Ef	Py, Cz, Oxs Fe	Intrusivas	Diorita Granodiorita	Pali-di/gd
22	Esperanza Veta Sissy	17 - i	9,111,421	226,674	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Apy, Gn, Ef	Cz, Oxs Fe, Cac	Intrusivas	Diorita Granodiorita	Pali-di/gd
23	Buenos aires Veta Chata	17 - i	9,101,169	235,530	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Gn, Py, Ef	Cz, Py, Oxs Fe, Cac	Intrusivas	Diosita Granodiorita	Pali-di/gd
24	Quisuar Laguna Seca	17 - h	9,105,805	221,501	Diseminado	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Gn, Ef	Cz, Oxs Fe, Cac	Metamórfica	Complejo del Marañón	Pe-cm

Tabla N° 3

Sector III – Región de Ancash. Labores Mineras y Ocurrencias visitadas

Zona A

N°	Nombre de la Mina	Hoja	Coordenadas		Tipo de Yacimiento	Elementos	Minerales		Roca Caja	Formación Geológica	Edad
			Norte	Este			Mena	Ganga			
1	La Cantera	19 - g	8,994,363	802,293	Diseminado	Au	Cz, Py, Oxs Fe, Ef	Cz, Py, Oxs Fe	Tonalita granodiorita	Sup. Unidad Sta. Rosa	Cretáceo Sup.
2	La Cantera I	19 - g	8,993,928	802,551	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Cz, Py, Oxs Fe, Ef	Cz, Py, Oxs Fe	Tonalita granodiorita	Sup. Unidad Sta. Rosa	Cretáceo Sup.
3	Virahuanca, Labor Principal	19 - g	8,985,145	809,000	Filoniano	Au	Cz, Oxs Fe	Cz, Py, Oxs Fe	Tonalita granodiorita	Sup. Unidad Sta. Rosa	Cretáceo Sup.
4	Tres Minas	19 - g	8,987,939	802,332	Filoniano	Au	Cz, Oxs Fe	Cz, Py, Oxs Fe, Lim	Tonalita granodiorita	Sup. Unidad Sta. Rosa	Cretáceo Sup.
5	Socavón de Exploración	19 - g	8,989,887	812,333	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Cz, Py, Oxs Fe, Ef	Cz, Py, Oxs Fe, Lim	Tonalita Granodiorita	Sup. Unidad Sta. Rosa	Cretáceo Sup.
6	Chuncas	19 - g	8,990,436	812,630	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Cz, Py, Oxs Fe, Ef	Cz, Oxs Fe, Lim	Tonalita Granodiorita	Sup. Unidad Sta. Rosa	Cretáceo Sup.
7	Huandoval, Mina Puca	17 - h	9,079,970	172,733	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb	Au	Cz, Oxs Fe, Py	Lut., Piz.	Chicama	Jurásico Sup.
8	Ogopito	17 - h	9,067,866	182,235	Filoniano	Au, Cu	Au	Cz, Oxs Fe, Py, Cp	Granodiorita Tonalita	Sup. Unidad Sta. Rosa	Neógeno
9	Calamalca, Mina Calavera	17 - h	9,088,700	170,319	Coluvial	Au libre	Mt, Oxs Fe, Cz	Cz, Oxs Fe	Lut., Piz.	Chicama	Jurásico Sup.

Zona B

N°	Nombre de la Mina	Hoja	Coordenadas		Tipo de Yacimiento	Elementos	Minerales		Roca Caja	Formación Geológica	Edad
			Norte	Este			Mena	Ganga			
10	Suraka, Labor Carolina	17 - g	9,076,023	829,666	Filoniano	Au, Ag	Cz, Py, Oxs Fe	Cz, Oxs Fe, Lim	Lut., piz	Chicama	Jurásico Sup.
11	Cuchapaico	17 - g	9,077,131	828,977	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au	Cz, Oxs Fe, Py	Lut., piz.	Chicama	Jurásico Sup.
12	Aracabo	17 - g	9,070,163	829,070	Filoniano	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Au	Cz, Oxs Fe, Py	Lut., Piz.	Chicama	Jurásico Sup.
13	Placeres Aurífero de Tablachaca	17 - g	9,084,369	827,534	Aluvial	Au libre	Mt, Oxs Fe, Cz	Cz, Oxs Fe	Lut., Piz.	Chicama	Jurásico Sup.





# CAPÍTULO IV

## EL CIANURO Y SUS ALCANCES

### INTRODUCCIÓN

El cianuro es un producto químico que es muy utilizado en la industria minera para la disolución o lixiviación de los metales preciosos, específicamente el oro. Su alto grado de toxicidad lo convierte en un compuesto de gran peligrosidad si no es manipulado de manera adecuada, pues puede originar graves problemas ambientales.

La toxicidad depende de que el cianuro se encuentre libre (gas o líquido) o complejo (acuoso o sólido). Este compuesto puede ser inhalado (gas), ingerido (líquido o sólido) o adsorbido por contacto dérmico. La intoxicación aguda en el ser humano resulta en convulsiones, vómitos, coma y la muerte.

Actualmente existen numerosas técnicas para la remediación del cianuro, y una de ellas es la degradación biológica que se presenta como una alternativa prometedora. El empleo de bacterias que se desarrollan normalmente en ambientes de lixiviación con cianuro y su capacidad para utilizar este químico como fuente de nutrientes, convierten a esta tecnología en una valiosa herramienta natural para propósitos ambientales.

El uso de mercurio y de cianuro son dos técnicas de recuperación de los mineros artesanales. Los gobiernos de distintos países en el mundo combaten desde hace tiempo el uso del primero de estos elementos, y a la vez tratan de revertir sus efectos nocivos; sin embargo su uso aún no ha disminuido en la minería de pequeña escala.

Luego de algunas evaluaciones se concluye que el uso del cianuro para la recuperación de oro podría ser una alternativa para un procesamiento más limpio, puesto que su naturaleza permite que tenga mejor control, monitoreo y desarrollo. Por tanto es necesario desarrollar esta visión para implementarla de manera ordenada en el subsector en cuestión.

### CARACTERIZACIÓN DEL CIANURO

La aplicación de cianuros alcalinos en las operaciones mineras comenzó hace más de un siglo, aunque su uso en la pequeña minería es reciente. La mayor parte de plantas de tratamiento de la zona de Pataz obtienen el oro mediante esta tecnología. Aunque

en el pasado se afirmaba que las operaciones de cianuración no producían altas recuperaciones, los hechos demuestran que cuando el oro es liberado se obtienen recuperaciones metalúrgicas aceptables. Así, aunque en las operaciones de cianuración por agitación se alcanzan recuperaciones de más de 90%, valores similares se alcanzan también en plantas de cianuración por percolación, aunque los tiempos de tratamiento deben ser mucho más prolongados.

El cianuro es una sustancia caracterizada por la presencia de una unidad química formada por el enlace carbono-nitrógeno (CN) que se combina con la gran mayoría de compuestos orgánicos e inorgánicos. Es potencialmente letal pues actúa rápidamente sobre el sistema respiratorio.

Esta sustancia se presenta principalmente como cianuro de hidrógeno (HCN), que es un gas, o en forma de cristales como el cianuro de sodio (NaCN) o el cianuro de potasio (KCN). Se caracteriza generalmente por un olor a «almendras amargas», pero no siempre emana un aroma y no todas las personas pueden detectarlo.

El cianuro es uno de los principales compuestos utilizados por la industria química debido a su composición de carbono y nitrógeno, ambos elementos comunes, y a la facilidad con la que reacciona frente a otras sustancias. Alrededor del 80% del cianuro fabricado en el mundo se emplea en la producción de químicos orgánicos (nitrilo, nylon y plásticos acrílicos); así como en la fotografía y la producción de goma sintética.

El cianuro de hidrógeno gaseoso se ha utilizado intensivamente para exterminar a los roedores y depredadores grandes, así como en la práctica hortícola para controlar las plagas de insectos que han desarrollado resistencia a otros pesticidas.

### EL CIANURO EN LA NATURALEZA

El cianuro se encuentra también en numerosos alimentos y plantas. Esta sustancia está presente en forma natural como parte de azúcares y otros compuestos naturales en algunas plantas comestibles, por ejemplo las almendras, algunos tipos de frijoles, soya, espinaca, vástagos de bambú y raíces de mandioca.

Gran parte de los cianuros existentes en el suelo o el agua provienen de procesos industriales. Las fuentes principales de cianuro en el agua son las descargas de algunos procesos de minado de minerales, industrias de sustancias químicas orgánicas, plantas o manufactura de hierro o acero, y facilidades públicas para el tratamiento de aguas residuales. Otras fuentes de cianuro son el tubo de escape de los vehículos, liberaciones desde algunas industrias químicas, la incineración de basura municipal y el uso de plaguicidas que contienen esta sustancia.

En el caso del agua es posible que entren en ella cantidades mucho menores de cianuro a través de las escorrentías que fluyen por caminos donde se han esparcido sales que contienen esta sustancia. El cianuro presente en los vertederos puede contaminar el agua subterránea. El cianuro de hidrógeno, el cianuro de sodio y el cianuro de potasio son las formas con mayor probabilidad de ocurrencia en el ambiente como producto de las actividades industriales. El cianuro de hidrógeno es un gas incoloro en tanto que el cianuro de sodio y el cianuro de potasio son sólidos blancos; los tres tienen un leve olor a almendras amargas, los dos últimos en ambientes húmedos. Las sales de cianuro y el cianuro de hidrógeno se usan en galvanoplastia, metalurgia, producción de sustancias químicas orgánicas, revelado de fotografías, manufactura de plásticos, fumigación de barcos y en algunos procesos de minería. El cianuro de hidrógeno se ha empleado también en las ejecuciones en la cámara de gas y como arma química en las guerras. La cloración de agua contaminada con cianuro produce el compuesto cloruro de cianógeno. Se han reportado al menos cuatro incidentes causados por la disposición de basura que contenía cianuro en algunos vertederos y el uso en las carreteras de sales que contenían cianuro.

Los tiocianatos son un grupo de compuestos formados por una combinación de azufre, carbono y nitrógeno. Estos compuestos se encuentran en varios alimentos y plantas, y son producidos principalmente por la reacción de cianuro libre con azufre. Esta reacción ocurre en el ambiente (por ejemplo, en arroyos de desechos industriales que contienen cianuro) y en el cuerpo humano después que el cianuro es ingerido o absorbido. El tiocianato es el producto principal que el cuerpo forma con el cianuro que ingresa a él, y es la manera cómo éste se deshace de esa sustancia. Aunque los tiocianatos son menos dañinos que el cianuro en los seres humanos, ellos afectan la glándula tiroidea pues reducen su habilidad para producir hormonas que son necesarias para el funcionamiento normal del cuerpo.

El tiocianato de amonio se usa en preparaciones de antibióticos, plaguicidas, combustibles líquidos para cohetes, pegamentos y cerillas. También se usa en procesos fotográficos, para aumentar la resistencia de las sedas y como herbicida.

Los tiocianatos se encuentran principalmente en el agua debido a descargas generadas por el procesamiento de carbón, la extracción de oro y plata, y la minería. Los tiocianatos en el suelo provienen de la aplicación directa de herbicidas, plaguicidas y rodenticidas, y de la disposición de subproductos generados en los procesos industriales. Otras fuentes de menor importancia incluyen el tejido dañado o en descomposición de algunas plantas, como por ejemplo mostaza, bretones y repollo.

#### Concentraciones de cianuro en algunas plantas

Especies	Concentración (mg/kg)
Yuca	
Hojas	377 – 500
Raíces	138
Raíces desecadas	46 – <100
Puré	81
Punta de bambú	Máx. 8 000
Poroto blanco (Birmania)	2100
Almendra (amarga)	280 – 2 500
Sorgo (planta joven)	Máx. 2 500

Fuente: *El manejo del cianuro en la extracción de oro.*  
Logsdon, M., et al. (2001)

### APLICACIÓN DEL CIANURO EN LA MINERÍA AURÍFERA

Desde el año 1844 el profesor L. Elsner publicó algunas investigaciones relacionadas con el poder disolvente de las soluciones de cianuros alcalinos sobre los metales preciosos. Más tarde, en 1887, el metalurgista J.S. McArthur y los médicos R.W. y W. Forrest, todos de nacionalidad inglesa, registraron la primera patente para el tratamiento de los minerales auríferos por medio de soluciones diluidas de cianuro de potasio y precipitación de los valores con zinc.

Este proceso fue introducido por primera vez en Sudáfrica en 1890 y se extendió a Australia, México y los Estados Unidos de Norteamérica. Las primeras plantas de cianuración en América se establecieron en 1891 en los Estados Unidos, en Utah (Consolidated Mercar) y California (Calumet). En 1894 esta sustancia comenzó a utilizarse en la mina El Oro de México.

La primera mina que empleó la cianuración en gran escala y con resultados satisfactorios fue la mina Crown en Nueva Zelanda. En 1900 Leonard Colmes realizó pruebas de cianuración con minerales auríferos sulfurados en México y E. M. Hamilton demostró en planta la aplicabilidad del proceso a minerales de este tipo.

Merrill perfeccionó en Montana, EE.UU., el proceso de precipitación en polvo de zinc y Crowe aplicó el vacío para eliminar el aire de la solución antes de la precipitación.



Las razones de la amplia aceptación del proceso de cianuración son de tipo económico y metalúrgico. Usualmente se obtiene una alta recuperación y el producto final es prácticamente metal puro. Este proceso ha ido evolucionando en su aplicación a través del tiempo.

Del total de la producción mundial de cianuro, alrededor del 20% se utiliza para fabricar cianuro de sodio, una forma sólida de cianuro cuya manipulación es relativamente fácil y segura. De este porcentaje, el 90% —es decir, el 18% de la producción total— se utiliza en la minería a nivel mundial y principalmente para la recuperación de oro.

Los procesos de extracción aurífera empleados en las operaciones mineras requieren de soluciones muy diluidas de cianuro de sodio, generalmente entre 0,01% y 0,05% de cianuro (100 a 500 partes por millón).

El proceso de cianuración se basa en que una solución débilmente alcalina de cianuro tiene una acción preferencial para disolver el oro contenido de la mena.

## PREPARACIÓN DEL MINERAL PARA LA CIANURACIÓN

La molienda se realiza en una o dos etapas con el fin de reducir el mineral a una fineza adecuada para que las partículas puedan ser

expuestas a la acción disolvente de la solución de cianuro. Se ha demostrado empíricamente que 30% al 85% de oro se disuelve en esta etapa.

Las condiciones de disolución en el circuito de molienda son apropiadas, ya que la superficie metálica fresca entra inmediatamente en contacto con la solución de cianuro a una temperatura relativamente alta. Sin embargo, algunos minerales que contienen cianocidos necesitan de aireación previa en una solución acuosa alcalina, con el fin de evitar la acción del material perjudicial o nocivo antes de que el cianuro sea añadido.

Como regla general, mientras más fino es el estado de división del oro, más fina será la molienda. Esto se aplica particularmente a los minerales en los que el oro está íntimamente asociado con los sulfuros. Se considera generalmente que mientras más fina es la molienda, mayor es el porcentaje de extracción. Sin embargo, es importante mantener un balance económico, ya que el costo de la molienda aumenta en la medida en que se desee menor granulometría del mineral molido, debido a las dificultades existentes para obtener una molienda muy fina. Una sobremolienda no solo produce un lodo muy fino y difícil de manejar, también trae como consecuencia el recubrimiento de las partículas de oro con materia extraña y contaminante procedente de las bolas del molino (Foto 36).



Foto 36 Canchas de mineral molido preparado para las pilas

## EXTRACCIÓN POR CIANURACIÓN

La actividad de extracción por cianuración que realizan los mineros en el ámbito de estudio se está aplicando en el reprocesamiento de relaves de amalgamación procedentes de operaciones antiguas, o en el nuevo procesamiento de mineral que es extraído de pequeñas operaciones mineras, pero solo en algunos casos se usa directamente en el mineral de mina ROM (*run of mine*) sin chancar.

En la zona donde se realizaron las investigaciones se han instalado varias plantas de beneficio. La introducción del proceso de cianuración por aglomeración-percolación en bateas o pozas ha permitido mejorar la economía en inversión y costos de operación, aun con materiales de bajo tenor de oro, permitiendo la instalación de plantas con capacidad reducida, del orden de 10 a 30 TM/día. La construcción e implementación de una planta de aglomeración-percolación requiere de 900 USD/TM de capacidad diaria instalada.

También ocurre que los mineros se organizan para vender la producción de mineral en forma directa a los propietarios de las plantas de cianuración. Por ejemplo, los mineros de la zona de Pataz suelen vender mineral a la Compañía Minera Poderosa, y los de la zona de Ancash venden a empresas instaladas al sur de Lima, con ley promedio de 1,5 oz/tc Au (Fotos 37 y 38).

## FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE CIANURACIÓN<sup>1</sup>

Este proceso consiste en términos generales en el tratamiento por percolación, agitación, etc. de las arenas, concentrados o residuos provenientes de los molinos, con una solución de cianuro. Esta sustancia tiene la propiedad de disolver el oro contenido en el mineral y el metal noble se recupera luego de la solución, precipitándolo con zinc, para después purificarlo por medio de la calcinación, fundición y refinación.

Los mineros del Sector II, en la jurisdicción de la Región de La Libertad, son los que tienen mayor actividad en relación al tratamiento del mineral de cianuración por percolación. Este proceso comprende cinco operaciones principales:

- Trituración o preparación mecánica del mineral.
- Lixiviación de los finos con soluciones de cianuro (percolación).
- Precipitación de los metales nobles de las soluciones, con polvo de zinc.
- Calcinación de los precipitados.
- Fundición y recuperación de oro y plata.

## QUÍMICA DE LA CIANURACIÓN

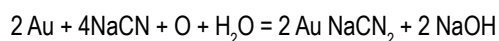
Es indispensable una breve explicación sobre la química de la cianuración para entender el desarrollo del proceso de cianuración.

El procedimiento de cianuración de los minerales de oro y plata se sustenta en el principio de que los cianuros alcalinos, en solución acuosa, disuelven los metales nobles. También se basa en que las soluciones de cianuro alcalino muy diluidas atacan de preferencia a los metales valiosos y no se combinan con los elementos secundarios, no valiosos. Esta peculiaridad es muy importante pues en un mineral de oro la proporción de material estéril a metal noble es enorme. Esa propiedad de las soluciones de cianuro se llama «acción selectiva».

El principio activo en los cianuros alcalinos es el radical cianógeno, cuya fórmula química es CN. Este radical es monovalente y su fórmula desarrollada es  $-C \equiv N$ . Cuando esta valencia se fija sobre un metal monovalente K, forma cianuro de potasio (KCN); cuando se fija sobre el metal monovalente sodio, forma cianuro de sodio (NaCN); cuando se fija sobre el cobre, como bivalente (Cu=) se necesitan dos grupos cianógenos, con dos valencias, para saturar las dos de cobre, así:  $Cu(CN)_2$ . Cuando el grupo cianógeno fija su valencia libre sobre un átomo de hidrógeno monovalente, forma el compuesto HCN, llamado ácido cianhídrico o prúsico, que es el tóxico responsable de los envenenamientos con cianuro. Es un ácido muy débil y permite que lo desalojen muy fácilmente de sus combinaciones; el ácido del limón o cítrico, el acético o vinagre, el carbónico (que se encuentra en el aire) lo expelen de sus combinaciones con las bases. Todos los ácidos minerales actúan de la misma manera.

El cianuro de sodio —que es el que se emplea en la cianuración— se altera fácilmente si se deja en contacto continuo con el aire. Por otro lado, como se ha visto, es peligroso mezclar cianuro con cualquier ácido, porque se desprende inmediatamente el ácido cianhídrico, que se aspira sin tener conciencia de ello porque es muy volátil e incoloro, y así se sufre un envenenamiento.

Elsner descubrió en el año 1844 la fórmula básica que representa las reacciones químicas que se verifican en las soluciones:



Se lee así: dos átomos de oro, más cuatro moléculas de cianuro de sodio, más un átomo de oxígeno, más una molécula de agua, producen dos moléculas de cianuro doble de oro y sodio, más dos moléculas de hidrato de sodio. La reacción con la plata es la misma.

La fuerza o concentración de las soluciones de cianuro con que se realiza el tratamiento tiene influencia sobre la extracción de los



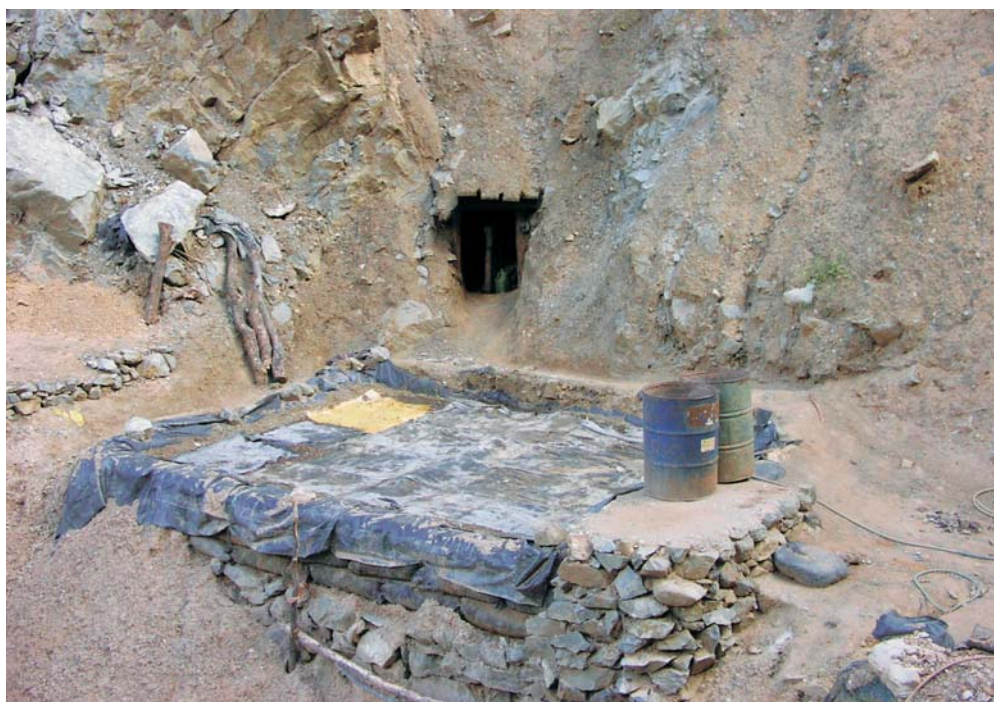


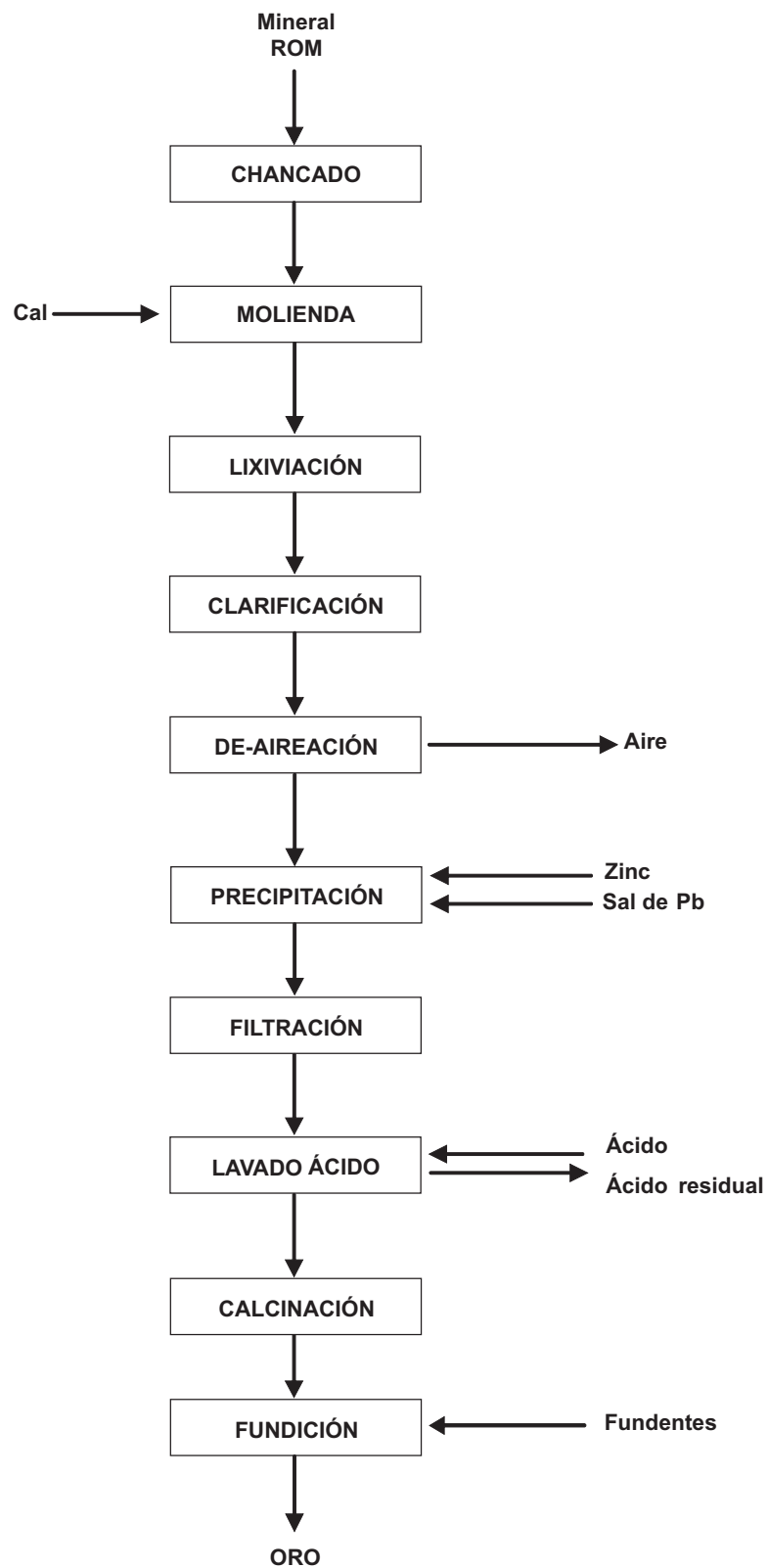
Foto 37 Poza de preparación y distribución de solución de cianuro



Foto 38 Carguío de mineral vendido a plantas al Sur del Perú (Mina Virahuanca San Jacinto Nuevo Chimbote)



## Esquema de Proceso Convencional de Mineral para la Zona del Estudio



valores, el gasto de reactivos y la eficiencia de la precipitación por el zinc.

Está demostrado que soluciones tan débiles como las que solo tienen 150 g de KCN/m<sup>3</sup> (cianuro de potasio) o 0,150 por mil, disuelven el oro y la plata satisfactoriamente. El aspecto negativo de las soluciones excesivamente débiles es la dificultad de precipitarlas, pero tienen ciertas ventajas y una de ellas es que el gasto de cianuro en esas soluciones tan diluidas es más bajo, porque la acción selectiva del solvente se acentúa más que con las soluciones de alto tenor en CN.

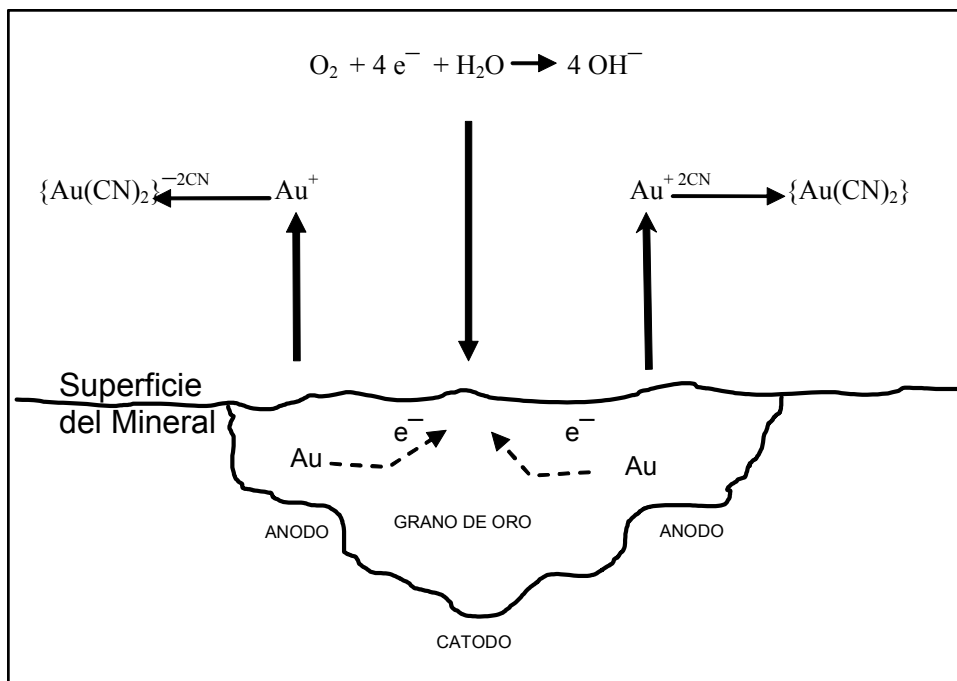
El tenor en cianuro más apropiado y aconsejable es 1,5 por mil, es decir, 1 500 gramos de cianuro de potasio o 1 154 gramos de cianuro de sodio de 130% de fuerza, por metro cúbico de líquido. Naturalmente, este título de 1,5 por mil se entiende en cianuro libre. En casos especiales es preciso usar soluciones con un título más alto o un tenor muy reducido, pero estos son casos especiales y poco frecuentes.

La disolución del oro se puede describir como un proceso de corrosión ayudado por la acción del oxígeno. La figura representa el mecanismo en el que aparece el oro como abastecedor de electrones (electrodo anódico) y el oxígeno como consumidor de electrones (electrodo catódico).

En el proceso de cianuración se presenta un sistema de varias fases (sólidos, líquidos y gases) y por lo tanto, las ecuaciones de las reacciones de primer orden son válidas solo si dos factores cambian y los restantes se mantienen constantes.

Los factores involucrados en el proceso de cianuración son:

- Tamaño de la partícula.
- Naturaleza física de los sólidos (óxidos, sulfuros, etc.).
- Condiciones de la superficie del mineral: Desgastada o superficie primaria, etc.
- Velocidad de difusión: Velocidad a la cual el solvente se mueve hacia o desde la partícula del mineral.
- Velocidad de los movimientos rotatorios entre sólidos y solventes.
- Concentración del solvente: Cuanto mayor es la concentración del solvente (NaCN) es menor el tiempo requerido para obtener un porcentaje dado de recuperación.
- Temperatura: Generalmente un aumento de la temperatura resultará en un mayor porcentaje de recuperación para el mismo tiempo de contacto.
- Tiempo: A mayor tiempo de lixiviación es mayor el porcentaje de extracción (tiene un punto económico crítico).



Modelo para el mecanismo de la corrosión de oro durante el proceso de cianuración

Fuente: Suarez, M. et al (1991) – Tecnología del Oro

## REACTIVOS DE LIXIVIACIÓN<sup>1</sup>

Una sal de cianuro es el principal agente lixivante (cianuro de sodio, de calcio o de potasio). Los otros elementos esenciales para la reacción son el oxígeno y el hidróxido de calcio, que mantiene un nivel protector de alcalinidad y es muy importante para estabilizar el radical cianuro.

La concentración del ion cianuro, expresada como 100% NaCN en el proceso lixivante, es generalmente de 200 ppm en el comienzo del proceso, y cae aproximadamente hasta 120 ppm al final del mismo. La principal causa de la caída en la concentración del cianuro no es su combinación con el oro, sino las reacciones colaterales con los agentes consumidores de cianuro (cianicidas) presentes en el metal, las reacciones con ácido carbónico disuelto y la hidrólisis de la propia sustancia.

La alcalinidad debe mantenerse a un nivel mínimo necesario a fin de asegurar la protección del ion cianuro y una pulpa con un pH entre 10 y 11.

## VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO<sup>1</sup>

### a. Concentración de cianuro

La cinética de disolución del oro es proporcional a la cuarta potencia de la concentración de cianuro y a la concentración de oxígeno.

Así:

$$\text{Disolución de Au} = (\text{CN})^4 (\text{CO}_2) (\text{Au})^2 (\text{H}_2\text{O})^2$$

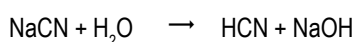
$$\text{Disolución de Au} = \underbrace{(\text{CN})^2 (\text{O}_2) (\text{Au})^2 (\text{H}_2\text{O})^2}_{\text{Concentraciones constantes}}$$

De esta forma, la velocidad de disolución de oro aumenta rápidamente con la concentración de cianuro hasta alcanzar un máximo. Cuanto mayor es la concentración por encima de este punto, se observa una ligera disminución de la recuperación del oro y más bien aumenta el consumo porque las impurezas y la reacción de los elementos cianicidas empiezan a ser atacadas con mayor intensidad.

El consumo del reactivo cianuro, el cual se expresa como 100% NaCN equivalente, es usualmente de 180 a 300 g/l de mineral tratado.

### b. Alcalinidad

La cal (CaOH) es generalmente el álcali empleado con el fin de mantener el pH de 10,5 a 11, para neutralizar la acidez de la pulpa y el efecto de los cianicidas. Es necesario que la pulpa se mantenga alcalina para evitar la hidrólisis del cianuro.



No obstante, un exceso de cal puede intervenir en la disminución de la efectividad de la disolución del metal, principalmente en el caso de minerales sulfurados (pirita, pirrotita, etc.).

Con el objeto de que la cal comience su acción protectora tan pronto como sea posible, se añade seca o como una leche de cal.

Durante el proceso, el consumo de cal, expresada como 100% CaO equivalente, es aproximadamente 0,70 a 1,5 Kg/TM de mineral tratado.

### c. Tiempo de cianuración

El tiempo de cianuración depende de factores tales como la composición mineralógica, el tamaño de las partículas de oro, el grado de liberación, la concentración de cianuro en la solución y la temperatura del medioambiente.

En una concentración de cianuro de sodio de 0,05% la velocidad de disolución de partículas limpias de oro es de 3,25 mg/cm<sup>2</sup>/h. Las partículas de oro de 44 micrones (malla 325) necesitan aproximadamente 13 horas para disolverse.

### d. Densidad de la pulpa

Este término refleja la relación porcentual existente entre la masa de sólido en relación a la masa total de la solución.

La densidad de la pulpa puede variar de acuerdo a las características del mineral, entre 30 y 60% de sólidos.

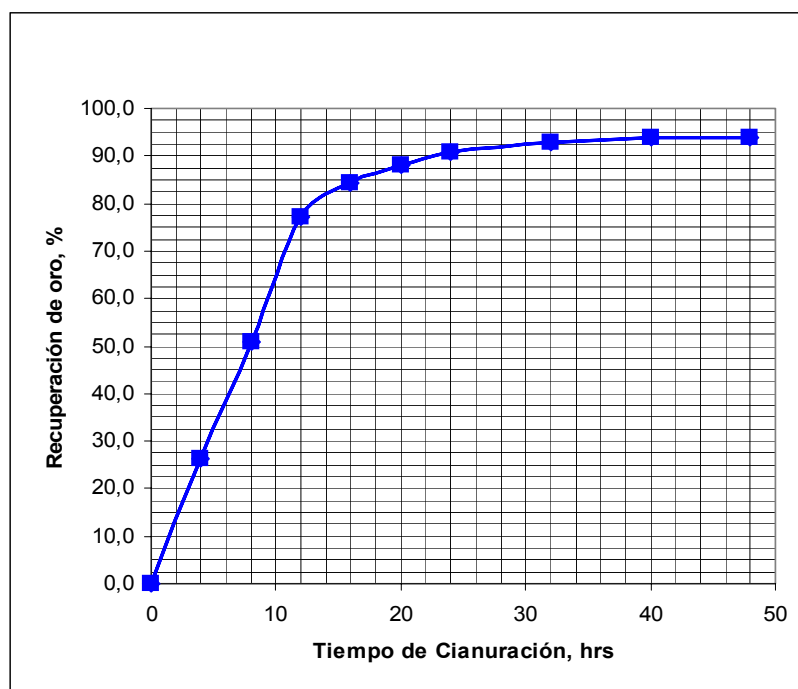
### e. Aireación

El oxígeno es reconocido como un factor indispensable en la disolución del oro por la acción de soluciones de cianuro. El oxígeno puro es muy costoso, por lo que se emplea el aire atmosférico. Diversos agentes químicos oxidantes tales como peróxido de sodio, permanganato, ferrocianuro de potasio y ozono son utilizados, no obstante esto tiene una observación puesto que dichos agentes tienden a oxidar el cianuro a cianato.

### f. Temperatura

La velocidad de disolución de metales en soluciones cianuradas se incrementa con el aumento de la temperatura. La solubilidad del oro aumenta hasta alcanzar su máximo a una temperatura de 85 °C. Sin embargo, en la práctica, el aumento de consumo de cianuro contrarresta el incremento de extracción. Cuando hay temperaturas mayores de 37,8 °C (100 °F) comienza la descomposición del cianuro, pero en los climas fríos es una ventaja mantener las soluciones de trabajo a una temperatura entre 15 y 21 °C (60° a 70 °F) por calentamiento artificial.

Cinética de cianuración de mineral de oro



## DESCOMPOSICIÓN DEL CIANURO Y REACTIVOS<sup>1</sup>

La cantidad de reactivos requerido para la disolución de las muestras es muy pequeña. Sin embargo, el consumo de reactivos puede ser mayor bajo ciertas condiciones. Entre ellas destacan:

### a. Agua impura

La fuente de agua es muy importante, no solo desde el punto de vista de la cantidad disponible en todo momento, sino también de la calidad. Algunas veces, el agua puede estar contaminada con material orgánico y tener elevado contenido de sales solubles. La acción del tipo de agua resulta muy reductora.

### b. Agentes reductores

Cualquier sustancia que tenga la propiedad de privar la solución de oxígeno disuelto, retardará o detendrá completamente la acción del cianuro. Entre estos agentes reductores se encuentran: la materia orgánica, el sulfuro de hidrógeno, el ácido sulfuroso, el sulfato ferroso, los sulfatos solubles y los tiosulfatos.

### c. Degradación de soluciones

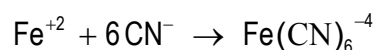
Esta expresión es usada para transmitir la idea del deterioro gradual del poder disolvente de una solución durante los contactos repetidos con el mineral. Tal contacto determina una

acumulación progresiva de sustancias perjudiciales contenidas en la pulpa.

### d. Cianicidas

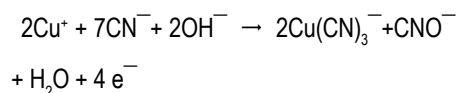
Un cianicida puede ser definido como un material presente en forma natural en el mineral, el cual es soluble en soluciones de cianuro y reacciona con el mismo, causando un consumo anormalmente alto de cianuro y en consecuencia interfiere en la disolución del oro. Los cianicidas más conocidos son los minerales de hierro, cobre, antimonio, arsénico y zinc.

Algunos minerales de hierro en solución alcalina forman hierro ferroso y a su vez ferrocianuros:



También se forman muchas otras sales complejas férricas o ferrosas, ninguna de las cuales representa un solvente efectivo de metales preciosos. Más aún, simples trozos de ion sulfuro, derivado de minerales que contienen sulfuro de hierro, pueden insensibilizar la superficie del oro inhibiendo la cianuración.

Los minerales de cobre oxidados y los sulfuros son solubles en soluciones diluidas de cianuros alcalinos, en proporciones que varían entre el 5% y el 95% de estos minerales.





Pequeñas concentraciones de cobre, en el orden de 0,1% en el mineral, ocasionarán un exceso de consumo de cianuro debido a la formación de los complejos de cianógeno de cobre, los cuales tienen efectos nocivos en la disolución y precipitación del oro.

Los minerales de antimonio, arsénico y particularmente los sulfuros,  $Sb_2S_3$  y  $As_2S_3$ , se disuelven en soluciones alcalinas y forman compuestos que reaccionan con el oxígeno en la solución de cianuro e inhiben la disolución del oro.

La pirrotita es un constituyente común de los minerales de oro y no solamente es un cianicida sino que también consume oxígeno en la solución debido a la descomposición de la pirrotita en soluciones de cianuro.

Los minerales de zinc y níquel pueden ocasionar algunos problemas menores. Ellos son solubles en mayor o menor grado en soluciones de cianuros alcalinos. Los complejos de cianuro resultantes no inhiben la cianuración en presencia de cianuro libre, pero no son solventes activos del oro.

Aunque la reacción de los cianicidas puede ser controlada, con el tiempo las soluciones pierden su potencia o fuerza debido al reciclaje. Para evitar esto es necesario drenar periódicamente parte de la solución y restaurar el balance mediante la adición de solución fresca.

Aunque el carbón no es realmente un cianicida, actúa como precipitante y cuando se presenta en un mineral como grafito, ocasionará precipitaciones prematuras del oro a partir de la solución. Se ha encontrado que la adición de querosene al mineral cuando es molido en agua, reduce el poder reductor de grafito. La flotación ha sido usada para tratar minerales graníticos por preflotación, y así remover el grafito antes de la cianuración.

En general, pueden adoptarse las siguientes medidas para contrarrestar el efecto de los cianicidas, reduciendo el consumo de cianuro y mejorando así la recuperación de oro.

- Neutralización de las sales solubles con cal.
- Lavado del mineral con ácido.
- Pre-aireación de la pulpa controlando la alcalinidad.
- Uso de sales de plomo.
- Purga de soluciones estériles (barren).

- Tostación previa, si es económicamente factible.
- Flotación, en el caso de minerales graníticos.
- Regeneración del cianuro.

## PÉRDIDAS DE ORO<sup>1</sup>

Las pérdidas de oro en las plantas de cianuración pueden ser atribuidas a las siguientes causas:

- a. Oro no liberado como resultado de un producto molido muy grueso.
- b. Oro refractario que resulta de recubrimiento, generalmente son óxidos hidratados de hierro sobre las partículas de oro. Los recubrimientos se presentan naturalmente como un resultado de la oxidación de la pirita; también es posible que se originen en el proceso de molienda debido a la rápida oxidación del medio de molienda (acero) y el revestimiento del molino. El oro así recubierto se disuelve muy lentamente en las plantas de cianuración gravimétrica, seguida por cianuración.
- c. Adsorción de oro en solución por ciertas arcillas.
- d. Aireación inadecuada, lo que resulta en insuficiente oxígeno disuelto para promover la química de la reacción lixivante. Los bajos niveles de oxígeno se deben frecuentemente a la reducción de la materia contenida en el mineral. Para contrarrestar este efecto, algunas plantas practican la pre-aireación de la pulpa antes de la adición del cianuro.
- e. La presencia de cianicidas, o agentes que consumen cianuro inhibiendo así la disolución del oro. Esto se debe frecuentemente a la presencia de componentes fácilmente oxidados en el mineral, los cuales pueden ser oxidados por la pre-aireación de la pulpa como ya se descubrió.
- f. Interrupción del suministro de reactivos a la planta de lixiviación. Esto es una causa obvia, pero frecuentemente ignorada, de altas pérdidas temporales de oro. El cianuro de calcio en solución acuosa es llamado cianuro líquido, y es un reactivo que recubre rápidamente el interior de las tuberías que suministran el mismo a los tanques de lixiviación. La leche de cal, usada para mantener la alcalinidad, se comporta de la misma forma, y puede ser la causa verdadera y usualmente no referida de una pérdida de oro «inexplicable».
- g. Muy corto tiempo de contacto.

<sup>1</sup> Extracto de Suarez, M. et al (1991) – Tecnología del Oro

# CAPÍTULO V

## LIXIVIACIÓN EN PILAS

### INTRODUCCIÓN<sup>2</sup>

La lixiviación en pilas (*heap leaching*) de algunos minerales auríferos es una técnica muy difundida entre los mineros artesanales de la zona del estudio. Con este método, el mineral se tritura y se reduce a unos pocos centímetros de diámetro, y luego se coloca en grandes pilas o montones. El fundamento de este proceso consiste en hacer pasar lentamente una solución de cianuro a través de las pilas para disolver el oro. La solución estéril se colecta en un estanque que generalmente se recarga con cianuro y se recicla de regreso al sistema de lixiviación.

La cianuración por percolación tiene muchos adeptos en la zona de Pataz, Llacuabamba y Parcoy, porque tiene las siguientes ventajas:

- Es un proceso simple.
- El capital que se requiere invertir es reducido.
- El funcionamiento es seguro.

Las desventajas son:

- Tiempo prolongado de lixiviación.
- Recuperación modesta.

Este proceso es muy usado para la lixiviación de mineral de oro de baja ley.

Las dos principales variables que deben ser consideradas en la selección de este proceso son:

- a. La permeabilidad del mineral.
- b. La percolación del licor de lixiviación a través de la pila.

La primera se refiere a la habilidad de la solución lixivante para penetrar entre las partículas del mineral. Esta penetración tiene lugar a través de microfisuras en las partículas del mineral o en el borde de los límites de los granos. La velocidad de penetración puede ser mejorada en el caso de las rocas compactas por medio de una molienda fina de la misma, con el fin de exponer la superficie del oro a la solución lixivante. Es evidente entonces que la penetración del mineral por la solución de lixiviación es un requisito para una exitosa lixiviación en pilas.

Los procedimientos usados en la construcción de pilas, particularmente cuando se va a lixiviar el mineral de mina, son extremadamente importantes. Ellos deben ser diseñados para minimizar la segregación de dicho mineral por tamaño, lo cual es motivo de formación de canales, así como también para reducir al máximo la compactación que impide la percolación.

Los factores que influyen en la recuperación de oro en el mineral son:

- El tipo de mineral que contiene oro.
- El mineral hospedador del mineral aurífero.
- La distribución y localización del oro en el mineral huésped.
- La granulometría del oro.

El oro se encuentra principalmente nativo en el mineral, bajo la forma de electrum (asociación de oro-plata con contenido de plata mayor o igual al 20%), el cual no dificulta el proceso de cianuración en pilas.

El mineral huésped influye sobre la disolución de los metales preciosos y el consumo de cianuro. Así:

- El mineral huésped más común es la pirita que puede rodear al oro o electrum, lo que dificulta la lixiviación en pila. Si los granos de oro/electrum son menores a 10 micrones, normalmente es necesario el pretratamiento, lo que encarece el proceso total (Fig. 1).
- Es frecuente encontrar oro en arsenopirita, la cual actúa como cianicida, por lo tanto es necesario un pretratamiento para eliminar este mineral.
- La pirrotita y la calcopirita aparecen también como minerales huésped y dado su carácter cianicida determinan un alto consumo de cianuro. Por esta razón tienen que ser eliminadas (pirrotita: biooxidación, solución aireada; calcopirita: biooxidación, flotación).
- En ausencia de minerales sulfurosos, los silicatos y carbonatos encierran muchas veces al oro. La trituración y molienda lo liberan y puede entonces realizarse la lixiviación en pilas sin problemas.

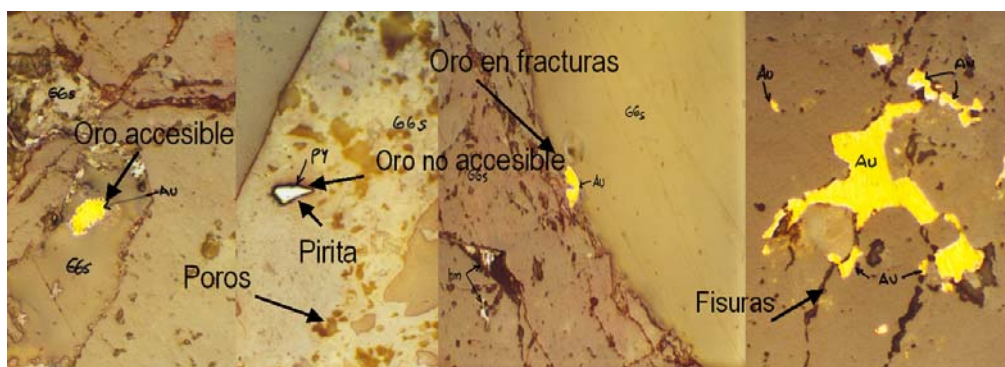


Fig. 1 Grano con minerales huésped de oro

De esta forma, para la preparación de un proyecto de tratamiento metalúrgico por el proceso de lixiviación de oro en pilas, es necesario una serie de análisis e investigaciones a nivel de laboratorio. Esto es indispensable para tener una idea muy cercana a la realidad en relación al comportamiento del mineral y de la ganga durante la cianuración.

## CONSTRUCCIÓN DE LAS CANCHAS (PAD) DE LAS PILAS<sup>2</sup>

La cancha impermeable (*pad*) sobre la cual se construye la pila puede ser hecha de arcilla, asfalto, concreto o recubrimiento plástico. También se ha intentado construir sobre una superficie de terreno preparada, pero esto casi siempre resulta en una recuperación pobre.

### Procedimiento

El mineral es apilado sobre la cancha, lixiviando por un período corto y luego removido. Una nueva carga de mineral es apilado sobre la cancha y el proceso se repite. Sin embargo, este sistema presenta el problema de la pérdida de la flexibilidad inherente al proceso de lixiviación debido a las rígidas restricciones de tiempo.

Un mejor procedimiento es instalar canchas (*pads*) de simple uso y de bajo costo, y lixiviar las pilas hasta que se obtengan valores de retorno por encima de los costos de operación.

De esta forma, la lixiviación llega a ser una operación progresiva con nuevas pilas construidas a lo largo y alrededor de las viejas. En áreas sensibles en términos ambientales, las viejas pilas pueden ser selladas con un cobertor de arcilla.

Las canchas de uso sencillo son construidas generalmente con membranas de plástico (Foto 39).

## FLUJO DE LA SOLUCIÓN<sup>2</sup>

La solución lixivante contiene entre 0,5 y 1,0 g/L NaCN y el pH es mantenido entre 10 y 11 para estabilizar el cianuro. Cuando la solución es inicialmente distribuida en la pila, puede demorar 3 a 5 días que el flujo comience a salir de la base. Las soluciones iniciales disminuyen tanto en concentraciones de cal como de cianuro, pero contienen desde 0,3 hasta 15,0 ppm más de oro.

La velocidad de flujo total para una pila de 9 toneladas es aproximadamente 150 litros/min (40 gpm). Una pila normal requiere de 50 a 80 litros (13 a 21 gal) de agua por toneladas de roca para llegar a saturarse y solo después de eso se repone el agua para reemplazar las pérdidas por evaporación.

La solución de cianuro es distribuida sobre la pila durante un mínimo de ocho horas cada día, a una velocidad de 6 litros-hr por metro cuadrado de superficie de la pila. La distribución de la solución puede realizarse por medio de pozos o por surtidores.

La técnica del pozo es la más simple pero no puede ser usada si las soluciones abren canales a través de la pila. Otra desventaja es que humedece solo la parte superior de la superficie, de forma tal que se necesitan los surtidores para cubrir las toneladas contenidas en las pendientes laterales. Un sistema de surtidores garantiza una buena distribución, aunque es más complicado y requiere mayor mantenimiento que el «pozo».

No obstante el sistema más usado es el de inundación, que tiene implicancias en la recuperación pero garantiza la humedad en toda la pila (Foto 40).

<sup>2</sup> Extracto de Suarez, M. et al (1991) – Tecnología del Oro





**Fotos 39** Preparación de plataformas para depositar pilas de material aurífero para lixiviación, en zonas que vulneran el medio ambiente



**Foto 40** Distribución de solución de cianuro por inundación en pilas de dimensiones reducidas



## AGLOMERACIÓN Y PERCOLACIÓN

El proceso de cianuración mediante aglomeración y percolación es rentable aun en el caso de capacidades reducidas y relaves de baja ley. En 1982 este proceso fue utilizado en Trujillo, en 1989 se utilizó en Caravelí y hoy en día existen varias plantas de 10 a 30 TM/día de capacidad en los alrededores de Nasca, Pataz y Llacuabamba.

El proceso de aglomeración con cemento Pórtland tipo I ofrece las siguientes ventajas frente al proceso convencional de cianuración con recuperación de carbón activado en pulpa:

- a. Bajo costo de inversión y operación.
- b. Bajo requerimiento de energía.

- c. Menor consumo de agua, cianuro y carbón.
- d. Menor costo de mantenimiento.
- e. Mayor simplicidad y menor supervisión.
- f. Menor contaminación.

Estas ventajas son apropiadas para complementar la minería artesanal y su difusión podría contribuir directamente al tratamiento in situ de los relaves de quimbalete y/o minerales.

Es necesario contar con supervisión profesional para el proceso de cianuración, así como para los aspectos de seguridad contra intoxicación y envenenamiento.

# CAPÍTULO VI

## MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DEL ORO

El proceso utilizado por los mineros artesanales en la zona de estudio es el proceso Merrill-Crowe o precipitado con polvo de zinc. Los artesanos realizan la marcha analítica con proporciones que conocen por experiencia y solo con ayuda de la percepción ocular, sin embargo se logra el resultado esperado. Se desconoce el comportamiento alterno de la química de cada uno de los insumos en toda la región de estudio.

### PROCESO MERRILL-CROWE<sup>3</sup>

Una vez que el oro se encuentra disuelto por la acción del cianuro de sodio, se inicia la etapa siguiente o de recuperación en forma metálica.

Los métodos de recuperación de oro en solución dependen tanto de la forma como del tipo de material o reactivo que se utiliza para este fin. Antes de decidirse por una de las alternativas tecnológicas, es importante analizar la viabilidad técnica, así como los costos de operación y de inversión relacionados con el proceso seleccionado.

Los pequeños mineros consideran que el método más importante para la recuperación de oro en soluciones diluidas (separación líquido-sólido) es la precipitación con zinc. Sin embargo algunas plantas están experimentando con recuperación sobre carbón activado para soluciones de muy bajos valores (menos de 1 g/m<sup>3</sup> Au) y para soluciones muy contaminadas.

### PRECIPITACIÓN CON POLVO DE ZINC<sup>3</sup>

Las virutas de zinc para precipitar el oro a partir de soluciones diluidas de cianuro fueron usadas por Mc Arthur en 1890 como parte de su proceso original de cianuración. Desde 1911, las virutas de zinc fueron sustituidas gradualmente por polvo de zinc, el cual ofrece una mayor superficie de área por unidad de masa.

Aunque el consumo inicial de polvo de zinc fue alto debido a las reacciones oxidantes colaterales, el desarrollo del proceso Merrill-Crowe, con una de-aireación al vacío de la solución antes de la precipitación, mejoró la economía y la eficiencia de la operación.

### PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN<sup>3</sup>

Los principales aspectos prácticos relacionados con la preparación de la solución de alimentación para una eficiente precipitación (más correctamente, cementación) son los siguientes:

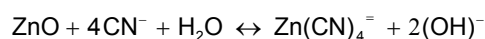
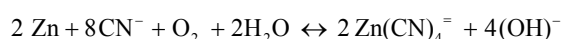
- a. Clarificación
- b. De-aireación
- c. Adición de zinc y plomo
- d. Control de pH y de las concentraciones de cianuro

#### Clarificación

La clarificación es necesaria porque los sólidos suspendidos y los coloides presentes en la carga de alimentación que va a ser precipitada tienen el efecto de enmascarar tanto la torta de polvo de zinc ya formada, como el medio filtrante en las unidades de precipitación. Además pueden inhibir la precipitación del oro mediante la pasivación de la superficie de zinc.

#### De-aireación

Es necesario remover el oxígeno disuelto de la solución clarificada, ya que la presencia de oxígeno causa un aumento del consumo de zinc y el desperdicio del mismo en las reacciones oxidantes colaterales del tipo:



Asimismo, reduce la eficiencia de la precipitación debido a la redisolución del oro precipitado. (Foto 41).

#### Adición de zinc y plomo

El polvo de zinc precipita al oro en soluciones acuosas debido a su carga altamente electronegativa comparada con la de la plata y el oro, los cuales tienen carga electropositiva.

En teoría, el zinc metálico puede precipitar el oro directamente en soluciones diluidas de cianuro, pero la eficiencia del proceso es mejorada por la adición de una sal soluble de plomo, usualmente nitrato de plomo. Esto permite la formación del par zinc-plomo, que

<sup>3</sup> Extracto de Suarez, M. et al (1991) – Tecnología del Oro



Foto 41 Sistema de agitación y precipitado de solución enriquecida

simula los polos de una celda voltaica y el hidrógeno puede desprenderse en el cátodo de plomo, reduciendo así la pasivación de la superficie de zinc.

En la práctica, el nitrato de plomo se añade generalmente antes que el polvo de zinc en el circuito de precipitación, preferiblemente antes de la clarificación. Se hacen adiciones menores en el circuito de lixiviación para precipitar los sulfuros solubles y recoger los coloides. El consumo de plomo varía entre 3 y 4 g de nitrato de plomo por metro cúbico de solución. Si el plomo es muy escaso puede causar una precipitación ineficiente, pero si es abundante puede reducir la eficiencia de la precipitación por el recubrimiento completo de las partículas de zinc.

La adición del polvo de zinc se realiza en un tanque emulsificante contiguo a la unidad de filtro Merrill. El polvo se añade tradicionalmente a una velocidad constante y mezclado con la solución a medida que pasa al filtro. Se debe tener cuidado y asegurarse de que el polvo de zinc se mezcle con la solución sin crear turbulencia que resultaría en aire disuelto en la solución de-aireada. Esto último es causa frecuente de baja eficiencia en la precipitación.

El consumo de polvo de zinc varía entre 20 y 80 g zinc/tonelada de mineral tratado, lo que equivale a 5-20 g zinc/g de oro precipitado.

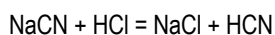
Control de pH y de las concentraciones de cianuro

Si el cianuro libre es insuficiente en la solución clarificada, los sulfuros y óxidos pueden acumularse sobre la superficie del zinc, lo que reduciría la eficiencia de la precipitación. La alcalinidad de la solución debe conservarse, a fin de mantener la sal de plomo en solución. Sin embargo, la alcalinidad generalmente aumenta a través del proceso de precipitación debido a ciertas reacciones colaterales del zinc.

Los niveles de concentración de cianuro en solución antes de la precipitación se encuentran generalmente entre 80 y 100 ppm, expresados como (100%) NaCN equivalentes, y 80 y 200 ppm, expresados como (100%) CaO. En algunas áreas donde la acumulación del barro es un problema serio, los inhibidores pueden añadirse a la solución no clarificada con el fin de reducir la frecuencia del lavado ácido.

## TOXICIDAD DEL CIANURO DE SODIO

Todos los cianuros alcalinos son eminentemente venenosos. Esta característica se debe al ácido cianhídrico que se produce al reaccionar con los ácidos que contienen hidrógeno básico. Este cuerpo es sumamente volátil y se desprende de sus combinaciones con los álcalis bajo la acción de casi todos los ácidos usuales, incluso los orgánicos, tales como el cítrico, el oxálico, el tartárico, etc. La reacción típica es la siguiente:



Es decir, cianuro de sodio más ácido clorhídrico producen cloruro de sodio más ácido cianhídrico. Al introducir ácido cianhídrico en el organismo, sea por la vía gástrica, las vías respiratorias o por las mucosas, se produce rápidamente la paralización de los centros nerviosos respiratorios y sobreviene la muerte en pocos minutos. No se puede fijar con precisión la dosis mortal de este veneno pues su acción depende de la naturaleza del individuo, su edad, su salud, etc. Un hombre robusto puede soportar una dosis mayor que un niño; un cardíaco resiste menos que un hombre sano; un sujeto cuyo estómago está ácido por enfermedad o por otro motivo, está más expuesto que una persona con estómago normal. En todo caso, un decigramo de cianuro de sodio puede ser fatal para un hombre si no recibe atención rápidamente.

En las cianuraciones pueden presentarse los siguientes casos de intoxicación:

- a. Por ingestión de soluciones de trabajo o de cianuro sólido.
- b. Por inhalación de ácido cianhídrico proveniente de la descomposición de cianuro por causas diversas.

Las soluciones de cianuro tienen un sabor amargo nauseabundo, es imposible ingerirlas sin darse cuenta de ello. Lo mismo sucede con el cianuro sólido. Una solución de trabajo, digamos al 2 por mil, que es usual, contiene 2 gramos de cianuro sólido por litro. Incluso una dosis de 100 cm<sup>3</sup> de líquido puede ser fatal si no se procede a tiempo.

El almacenamiento de cajas mal cerradas en lugares donde el hombre permanece mucho tiempo, puede ser muy nociva porque acarrea un envenenamiento crónico que se manifiesta por debilidad nerviosa, impotencia sexual, mareos, vértigos, etc.

Cuando se ataca una muestra con ácido sulfúrico o clorhídrico existe un peligro real porque en esta operación ocurren siempre desprendimientos de ácido prúsico y cuando en el precipitado existe algún compuesto de arsénico, se desarrolla hidrógeno arseniado aún más tóxico que el ácido hidrocianico.

Cuando hay envenenamiento por la vía gástrica los síntomas inmediatos son vértigos, mareos, convulsiones, dificultad para respirar y asfixia. Se siente un sabor amargo en el paladar y la garganta, incluso al aspirar los vapores de cianuro. Estos síntomas aparecen en la intoxicación con ácido prúsico.

Algunas personas muy sensibles sufren de erupción cutánea cada vez que se ponen en contacto con soluciones de cianuro. Estos sujetos no deben trabajar en plantas de cianuración porque estas erupciones pueden degenerar en úlceras difíciles de sanar. También hay casos de cólicos nefríticos o algo muy parecido cuando algunos individuos trabajan varias horas en el precipitado.

Los procedimientos que deben seguirse para el tratamiento de los envenenamientos con cianuro son:

1. Vaciar el estómago del paciente haciéndolo vomitar.
2. Alcalinizar el estómago con magnesia calcinada, agua de cal, o finalmente con jabón y hacerlo vomitar nuevamente.
3. El paciente debe aspirar amoniaco o sales amoniacaes.
4. Suprimir todo lo que puede dificultar la respiración y procurar aire fresco. No dejar que el paciente se enfríe.
5. Si se trata de envenenamiento por inhalación con ácido prúsico, el paciente debe ser trasladado al aire libre y aspirar amoniaco.

## EXPOSICIÓN AL CIANURO

La exposición al cianuro puede ocurrir al respirar aire, tomar agua, ingerir alimentos, o tocar tierra o agua que contengan cianuro. La concentración de cianuro de hidrógeno en aire sin contaminación es menos de 0,2 partes de cianuro de hidrógeno por millón (ppm; 1 ppm es equivalente a una unidad de volumen de cianuro de hidrógeno en un millón de unidades de volumen de aire).

La concentración de cianuro en el agua potable varía entre 0,001 y 0,011 ppm (1 ppm es equivalente a una unidad de peso de cianuro en un millón de unidades de peso de agua). Fumar es probablemente una de las fuentes principales de exposición al cianuro para personas que no trabajan en industrias relacionadas con cianuro. La inhalación de aire cargado con humo en incendios puede constituir una fuente importante de exposición al cianuro. Las personas que viven cerca de sitios donde se depositan desechos peligrosos que contienen cianuro pueden estar expuestas a cantidades de cianuro más altas que la población general.

El cianuro se usa o produce en varios tipos de actividades que incluyen galvanoplastia, procesamiento de metales, metalurgia, limpieza de metales, aplicación de ciertos plaguicidas, curtido de cuero, fotografía y grabado, combate de incendios y operaciones que involucran manejo de gas natural. El cianuro también se usa en algunas industrias de colorantes y farmacéuticas.

La exposición al cianuro involucra también exposición al tiocianato porque se transforma en éste en el cuerpo, pero es una sustancia mucho menos tóxica que el cianuro; muchos alimentos (plantas, productos lácteos, carne) contienen tiocianato. Las personas que trabajan en industrias relacionadas con cianuro, como por ejemplo en la manufactura de equipo de computación, imprenta comercial, procesamiento de fotografías, hospitales, manufactura de pegamentos y construcción y manufactura de muebles, pueden estar expuestas a esta sustancia.



Los fumadores o quienes inhalan humo de tabaco en el ambiente, así como los fetos de madres expuestas a éste, pueden estar expuestos a niveles altos de tiocianato, al igual que las personas que viven cerca de lugares donde hay desechos peligrosos que contienen esta sustancia..

### **EFFECTOS DEL CIANURO SOBRE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS**

Los animales domésticos son muy susceptibles al envenenamiento con cianuro. El ganado vacuno persigue con avidez esta sustancia,

tal vez por su afición a los cuerpos salinos. Cuando un animal se envenena, muere rápidamente; los antidotos no suelen tener efecto si la dosis de tóxico ingerido es elevado. Lo único efectivo es prevenir, es decir, alejar los animales de los lugares donde puedan encontrar el veneno.

# CAPÍTULO VII

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- La mayoría de las labores mineras donde los mineros artesanales desarrollan actualmente sus actividades son yacimientos descubiertos por ellos mismos, o minas abandonadas.
- La presencia del INGEMMET en los asientos mineros artesanales ha puesto en evidencia la falta de información técnico-legal por parte de los usuarios, por lo que el material de trabajo de la brigada resultó de gran ayuda en temas de geología, áreas potenciales de exploración e información del catastro minero.
- El área del presente estudio se dividió en tres sectores (sector I: Región de Cajamarca, sector II: Región de la Libertad y sector III: Región de Ancash), estos a su vez se subdividieron en zonas (zonas A y B; zonas A, B y C, y zonas A y B, respectivamente).

Sector I: Se recogieron 8 muestras para análisis químicos con 40 determinaciones polimetálicas. (Au, Ag, Cu, Pb y Zn).

Sector II: Se recolectaron 32 muestras para análisis químicos con 160 determinaciones polimetálicas (Au, Ag, Cu, Pb y Zn).

Sector III: Se tomaron 21 muestras para análisis químicos con 189 determinaciones por Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, As, Hg y Fe.

- Los sectores fueron clasificados en función de la intensidad de las operaciones de los mineros con producciones que arrojaron valores altos.
- Se han identificado dos áreas prospectivas de interés económico en el sector II que corresponde a la Región de La Libertad, con mayor concentración de contenido metálico de Au, Ag, Cu, Pb y Zn.

Zona B, carta 16-h

Vértice	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
1	9 144 000	22 0000
2	9 136 000	22 0000
3	9 136 000	224 000
4	9 124 000	224 000
5	9 124 000	22 0000
6	9 128 000	22 0000
7	9 128 000	216 000
8	9 132 000	216 000
9	9 132 000	212 000
10	9 144 000	212 000

Zona geográfica 18

Zona C, cartas 17- h y 17- i

Vértice	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
1	9 114 000	232 000
2	9 112 000	232 000
3	9 112 000	234 000
4	9 108 000	234 000
5	9 108 000	236 000
6	9 104 000	236 000
7	9 104 000	238 000
8	9 106 000	238 000
9	9 1 00000	232 000
10	9 104 000	232 000
11	9 104 000	22 0000
12	9 114 000	22 0000

Zonas geográficas 17 y 18

- En el Sector II, Zona B, los mineros artesanales obtuvieron leyes hasta de 110 g/TM de Au (Veta San Vicente), 130.3 g/TM de Au (Quebrada Carrizal) y en la Zona C, 110.15 g/TM de Au (Esperanza Veta Sissy), 66.17 g/TM de Au (Huariracra).

- La mayor concentración de oro, plata, cobre, plomo y zinc se emplaza en los intrusivos del Paleozoico inferior (320-340 Ma) y la mineralización (310-314 Ma), no obstante, estructuras de pequeños filones mineralizados se prolongan hacia el Este y Oeste intruyendo rocas metamórficas y filitas del Complejo de Maraón (Sector II, Zona B).
- La actividad minera de pequeña escala en la zona de estudio se caracteriza por tener fuerte demanda de mano de obra y bajo desarrollo tecnológico, con condiciones precarias de seguridad y salud, lo que contribuye al deterioro ambiental. Sin embargo, también genera encadenamientos productivos locales, lo que dinamiza las economías de estas localidades.
- Esta actividad tiene un costo de producción relativamente bajo. Los mineros artesanos se convierten en exploradores de nuevos yacimientos y generan proyectos mayores, y surge así una alternativa laboral para los sectores afectados por la pobreza que se encuentran dispersos en la zona de estudio.
- La minería artesanal se desarrolla con poca inversión, lo que lleva generalmente a explotar yacimientos marginales o minas abandonadas, utilizando tecnologías sencillas y llegando en algunos casos a niveles de mecanización incipiente, cualidades que contribuyen a su expansión.
- No se ha recogido ningún testimonio de alguna organización de tipo empresa, puesto que los niveles de organización se encuentran en etapa inicial, por la misma razón que no han logrado superar las limitaciones organizativas, no han obtenido concesiones y existe una situación de incertidumbre e inseguridad jurídica, lo cual contribuye a una actitud de conflicto que conduce a su vez a una explotación irracional de los recursos y despreocupación por el medioambiente.
- La ocupación temporal de las áreas para explotación minera artesanal ha generado poblados desordenados y hacinados, sin servicios básicos ni condiciones adecuadas de vivienda.
- Las actividades artesanales se realizan de manera individual o en pequeños grupos; esto permite la desintegración de todo el ciclo explotación/beneficio y dificulta una explotación sostenible del recurso y el manejo del medioambiente.
- Las técnicas simples empleadas en la actividad minero-artesanal, el desconocimiento de técnicas alternativas y particularmente la desconfianza que genera el uso de tecnologías ajenas al control directo sobre el producto, generan actitudes conformistas que hacen imposible el desarrollo de beneficios en el proceso productivo.
- Los problemas técnicos son solo una parte de los problemas del subsector artesanal; por ejemplo, las actividades mineras afectan a la salud pública pues son causa de ciertas enfermedades.
- Las posibilidades de solución de los problemas ambientales se ven limitadas por el carácter de trabajo de subsistencia y el desconocimiento. Los bajos ingresos obtenidos por los grupos mineros restringen las posibilidades de asumir los costos del control ambiental y condiciones adecuadas de seguridad e higiene.
- Las características geológicas de los yacimientos filonianos de escasa potencia y alta ley son las que determinan el éxito de la minería artesanal.
- La minería artesanal tiene un crecimiento limitado por la profundidad de la labor, que exige esfuerzo y costo creciente para vencer la deficiente ventilación y acumulación de desmonte en el interior. Su progreso y permanencia como actividad rentable dependen fundamentalmente de la ejecución de labores de desarrollo, chimeneas de ventilación, piques, galerías de extracción y sistemas prácticos de extracción de desmontes, junto con el planeamiento del minado.
- El costo de producción en la zona de Virahuanca es de 247 USD/onza de oro que, comparado con los ingresos por venta (900 USD/onza), hace que la actividad sea una alternativa para el alivio de la pobreza.
- En la zona de estudio, la minería aurífera artesanal proporciona empleo directo a 2 000 mineros que mantienen a 6 000 personas aproximadamente, y generalmente es la única fuente de trabajo para una población desempleada y solo con trabajos temporales en agricultura. En la medida que los problemas de desempleo y pobreza en el país no se solucionen, la minería artesanal es una realidad con la cual seguirá siendo necesario interactuar.
- El ingreso neto promedio en la zona de trabajo varía entre USD 200 y 2 000 mensuales.
- El nivel tecnológico es bajo y condiciona la cultura empresarial hacia una mayor tecnificación de la explotación. Asimismo, es frecuente que la minería de pequeña escala carezca de investigación, conocimiento de reservas, planificación de labores, conservación ambiental, etc.
- El reemplazo de la amalgamación en la minería artesanal será aceptado si la nueva tecnología la iguala o supera en simplicidad y costos.
- Los mineros del Sector III utilizan perforadoras eléctricas que se emplean corrientemente en la construcción. El proceso de ignición y disparo de hasta 6 taladros, con mecha de 0,50 m lo realiza solo un hombre.
- El estimado de producción de oro es de 4,5 TM/año; el 15,0% corresponde al oro obtenido por amalgamación en los sistemas

- quimbalete/molinete y el 85,0% restante proviene del proceso de cianuración en plantas de beneficio.
- La muestra de agua tomada en la galería Barragán (Sector I, Región Cajamarca) arroja un pH 2,3 y TDS 2100 mg/L, que a simple vista indican alto grado de contaminación. En la parte baja hay algunas pozas de decantación y tratamiento que dan valores de pH 6,3 y TDS 301 mg/L, con una evidente disminución de valores. No son los únicos casos, en este sector se han detectado muchas minas abandonadas, con drenajes permanentes que tienen significativo grado de contaminación.
- Los esfuerzos por ordenar la situación informal no tienen resultados. Los mineros artesanales no conocen la ley 27651 (Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal), o apenas están enterados de su existencia. Es necesario desarrollar iniciativas que permitan la difusión y ejecución de dicha norma.
- Se debe pensar en modelos de financiamiento que permitan créditos, de preferencia a través del sistema bancario comercial, que favorezcan el desarrollo y la difusión de tecnología. Hay experiencias exitosas de inversiones en la minería de pequeña escala.
- Desarrollar un plan que contemple la participación efectiva de los actores en las políticas de control ambiental. Estos planes pueden incluir programas piloto de trabajo que conduzcan a que todo el sector involucrado cuente con conocimientos básicos de medioambiente, su protección y el impacto de la minería sobre el medio socioambiental.
- Diseñar y establecer bases para trabajos conjuntos con universidades y entidades de investigación en proyectos específicos en el campo de transferencia de tecnologías limpias.
- Es recomendable implementar mecanismos de control y asistencia en la etapa de beneficio con cianuro. La actual legislación contempla medidas para vigilar los procesos de cianuración.
- Implementar un sistema de información geográfico que facilite a los usuarios el entendimiento y la ubicación de los yacimientos económicos en el contexto de la información geológica existente.

## RECOMENDACIONES

- Contribuir con el fortalecimiento de experiencias exitosas de organizaciones mineras, a través de ONG, gobiernos locales y gobiernos regionales, y que estas entidades asuman responsabilidades de monitoreo y vigilancia ambiental.





## BIBLIOGRAFÍA

- BARTRA, R. (2000) - Geología del distrito minero Yanacocha. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999, *Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 13-22.
- CENTROS PARA EL CONTROL Y LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES (2003) - Datos sobre el cianuro, hoja informativa (en línea). En: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, *Emergencias causadas por agentes químicos*, Atlanta: CDS. (consulta: 17 setiembre 2005). Disponible en Web: [http://www.bt.cdc.gov/agent/cyanide/basics/espanol/pdf/cyanide-facts\\_esp.pdf](http://www.bt.cdc.gov/agent/cyanide/basics/espanol/pdf/cyanide-facts_esp.pdf)
- COSSÍO, A. (1964) - Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. *Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín*, 8, 69 p.
- ESCOBAR, J. & ECHEVERRI, A. (1990) – *Notas sobre minería de vetas y cianuración*. Medellín: Fundición Escobar, 330 p.
- EXSA (2001) - *Manual práctico de voladura*. 3. ed. Lima, 357 p.
- GUERRERO, J. & FIGUEROA, J. (2005) - Cianuro: toxicidad y destrucción biológica. En: Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia, 4, Lima, 2005, *trabajos técnicos*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, p. 97-103
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2001) - *Proyectos de inversión minera y prospectos en estudio*. Lima: INGEMMET, 147 p., Boletín Especial
- JACAY, J.; GUADALUPE, E. & SÁNCHEZ, J. (2003) - Estilo estructural de los yacimientos minerales en la franja Huamachuco-Cajabamba: Andes norperuanos. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 16(12): 16-20, 2003
- LOAIZA, E. et, al (2005) – Minería a pequeña escala en la costa sur media del Perú. *INGEMMET, boletín, Serie E: Minería*, 3, 79 p.
- LOGSDON, M.J.; HAGELSTEIN, K. & MUDDER, T.I. (2001) - *El manejo del cianuro en la extracción de oro*. Ottawa, Ontario: Internacional Council on Metals and the Environment, 40 p.
- PÉREZ, C. & VILLACHICA, C. (2003) - Beneficio económico de minerales auríferos. *INGEMMET, Boletín, Serie G: Metalurgia*, 6, 197 p.
- PÉREZ, C.; CASTRO, C. & LOAIZA, E. (2003) - *Reconocimiento de las actividades mineras y metalúrgicas en la Franja Nasca-Ocoña-Arequipa; informe de visita técnica de campo*. Lima: INGEMMET, 96 p.
- PERU. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2005) - *Uso y manejo de cianuro en la pequeña minería*. Lima: MEM, Guías Mineras 2005, 16 p.
- SÁNCHEZ, A.; MOLINA, O. & GUTIÉRREZ, R. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 59, 263 p.
- SPEIJERS, G. - Cyanogenic glycosides (en línea). En: IPCS INCHEM homepage, Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) – Monographs and evaluations. (Consulta: noviembre 2005), Who Food Additives Series, 30. Disponible en Web: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je18.htm>
- SUÁREZ, M., et al. (1991) - *Tecnología del oro*. Caracas: Instituto de Ingeniería, 202 p.
- TUMIALÁN, P. (2003) - Compendio de Yacimientos Minerales del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 10, 620 p.
- VARGAS, E. (2000) - Indicadores de sostenibilidad y su aplicación a las empresas mineras. En Villas Boas, R.C. & Barreto, M.L., eds. *Cierre de minas: experiencias en Iberoamérica*. Rio de Janeiro: CYTED-IMAAC-UNIDO, p. 354-380.
- VILLAS-BOAS, R.C. & ARANÍBAR, A.M., EDS. (2003) - *Pequeña minería y minería artesanal en Iberoamérica: conflictos*,

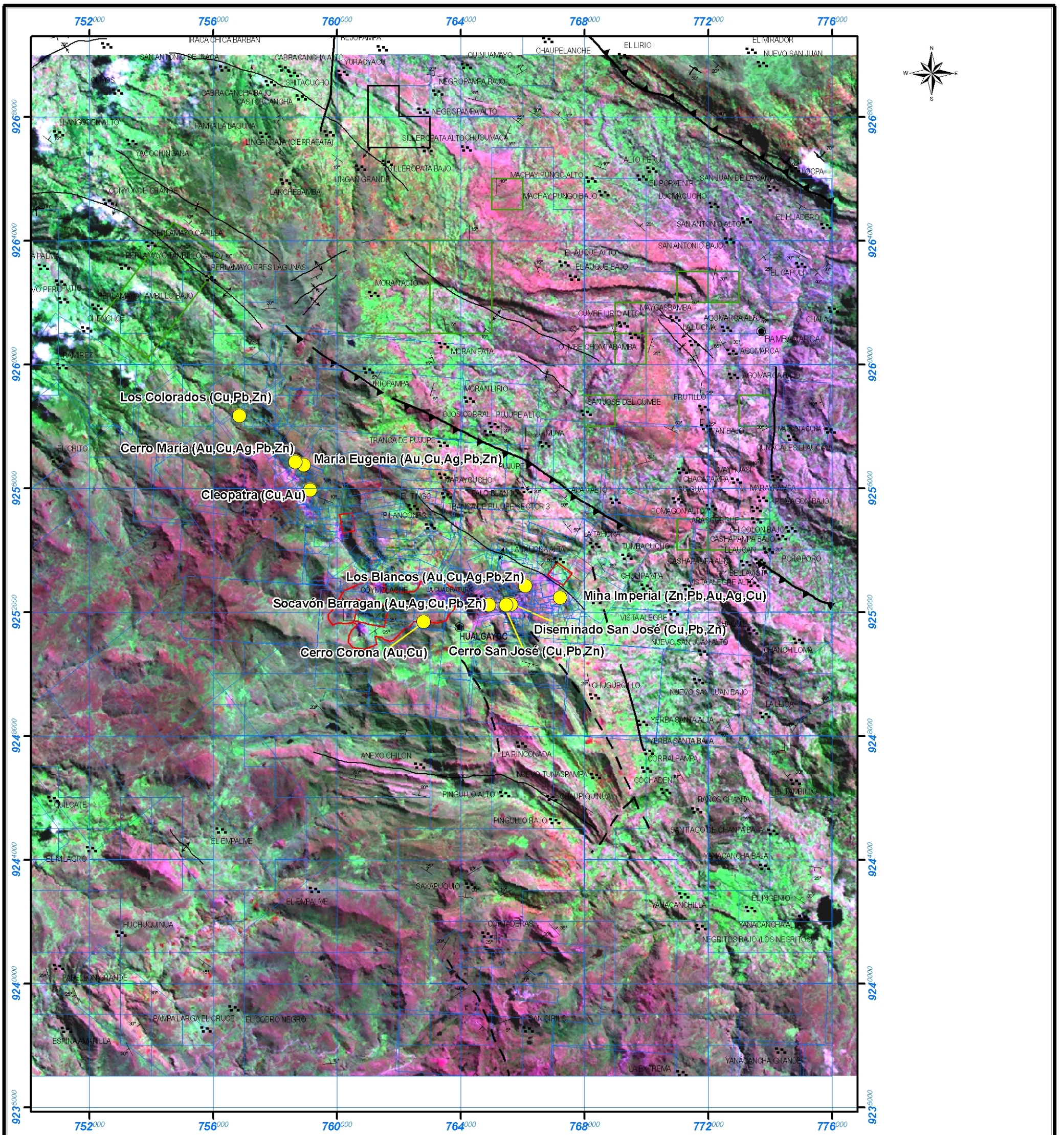
- ordenamiento, soluciones*. Rio de Janeiro: CETEM/CYTED/CONACYT, 306 p.
- VOGEL, A. (1959) - *Química analítica cualitativa*, Buenos Aires: Kapelusz, 635 p.
- WILSON, J.J.; REYES, L. & GARAYAR, J. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari.. Actualizado por la Dirección de la Carta Geológica Nacional. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 60, 79 p.

## **ANEXO**

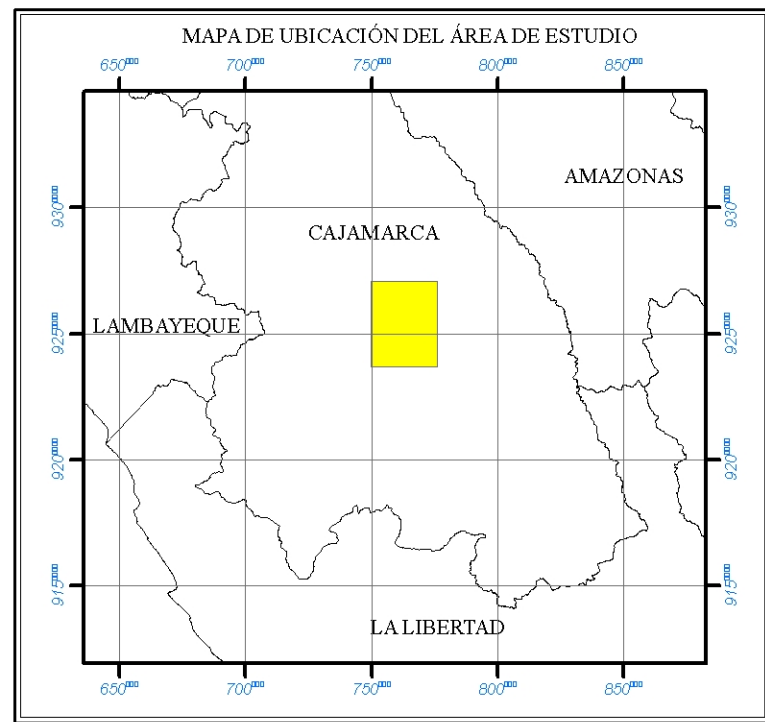








Base pueblos: Fuente INEI



**DERECHOS MINERO**

**SITUACIÓN**

- EN TRÁMITE
- EXTINGUIDO
- PLANTA DE BENEF
- TITULADO
- RELAVES

**SIMBOLOGÍA**

- Capital distrital
- Caserío
- Ciudad
- Minas
- Falla normal
- Falla inferida
- Sobrescurrimiento

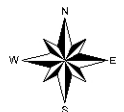
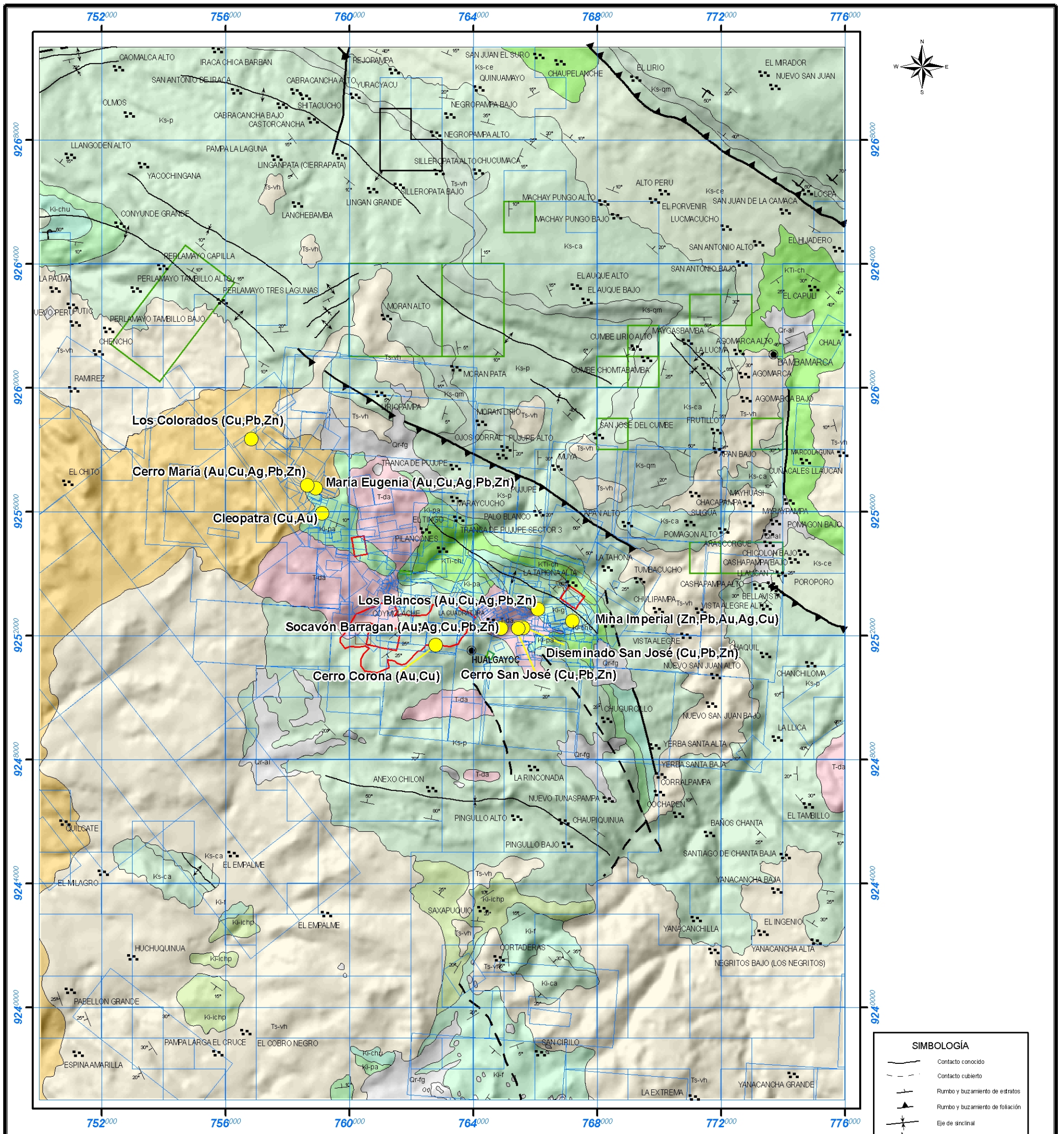
REPÚBLICA DEL PERÚ  
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO  
 IMAGEN DE SATÉLITE LANDSAT TM+7  
 BANDAS 7,4,2 (RGB)  
 "MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
 EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
 SECTOR I, REGIÓN DE CAJAMARCA  
 ZONA-A

0 1,5 3 4,5 6 7,5 9 km

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008      1:125.000  
 NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

**LAMINA N° 3**





**LEYENDA**

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depósitos fluviales edificos y aluviales Disc. ang.	
		TERCIARIO	MEDIO	Volc. San Pablo Ti-vsp	Dacita T-da
			INFERIOR	Volc. Llarna Ti-vil Disc. ang.	
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Maestrichtiano	Fm. Chota Ki-ch	
			Santoniano	Disc. paral.	
			Coniaciano	Fm. Celendin Ks-ce	
			Turoniano	Fm. Cajamarca Ks-ca	
			Cenomaniano	Gpo. Quilquiñán Ks-qn	
		INFERIOR	Gpo. Pullucana Ks-p		
			Fm. Pariatambo Ki-pa		
			Fm. Chúlec Ki-chu		
			Aptiano	Disc. paral.	
			Barremiano	Fm. Farrat Ki-f	
Hauteriviense	Fm. Cartuaz Ki-ca				

Gpo. Goyllarisquiza

Base pueblos: Fuente INEI

**DERECHOS MINERO**

**SITUACIÓN**

- EN TRÁMITE
- EXTINGUIDO
- PLANTA DE BENEF
- TITULADO
- RELAVES

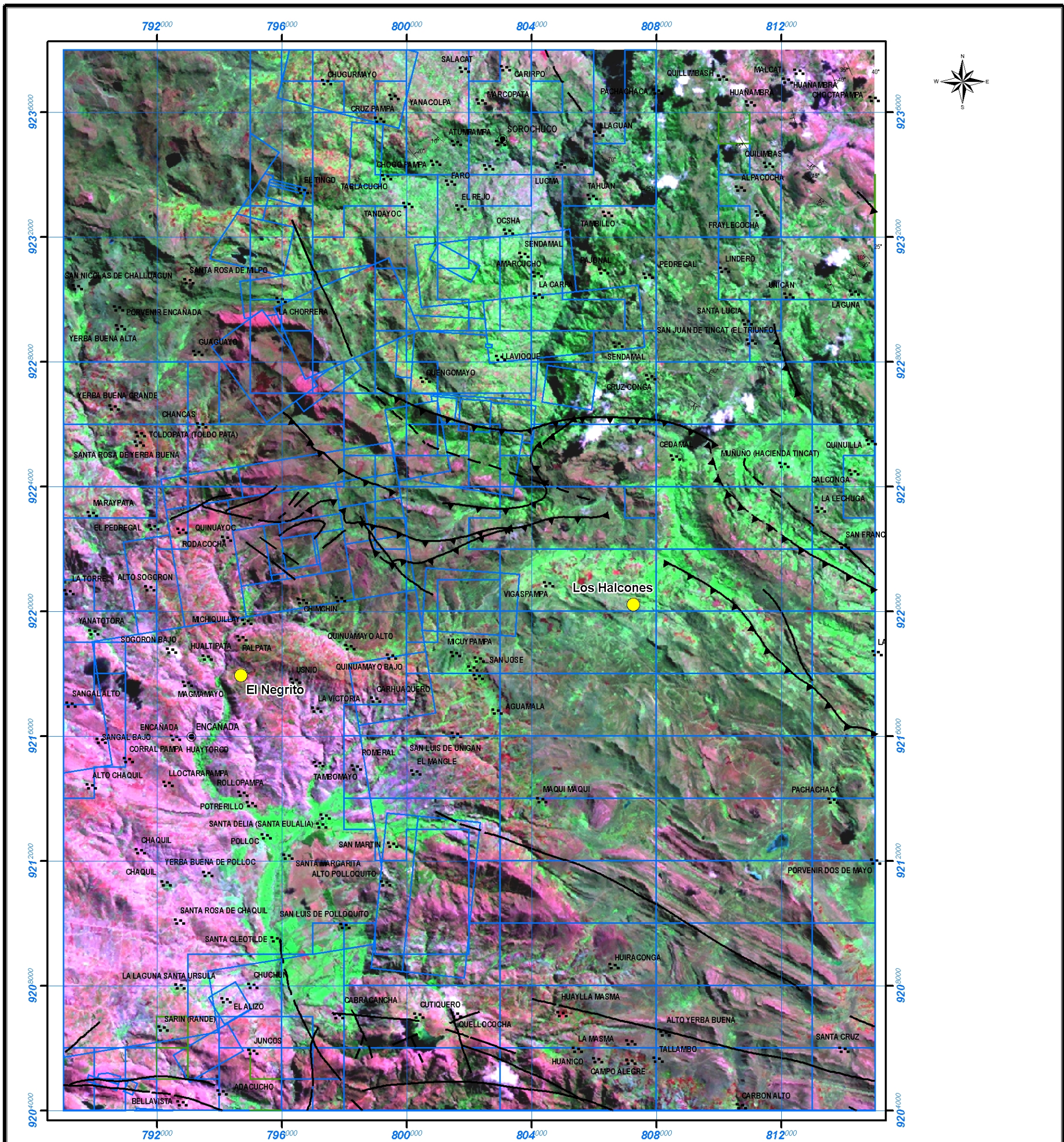
**SIMBOLOGÍA**

- Contacto conocido
- Contacto cubierto
- Rumbo y buzamiento de estratos
- Rumbo y buzamiento de foliación
- Eje de sinclinal
- Eje de anticlinal
- Sobrescurrimiento
- Falla normal
- Derechos mineros
- Capital distrital
- Caserío
- Pueblos
- Minas

REPÚBLICA DEL PERÚ  
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO**  
  
**MAPA GEOLOGICO**  
 "MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
 EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
 SECTOR I, REGIÓN DE CAJAMARCA  
 ZONA-A

0 1,5 3 4,5 6 7,5 9 km  
 NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008 1:125.000  
 NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84  
**LAMINA N° 4**





Base pueblos: Fuente INEI



**DERECHOS MINERO**

SITUACIÓN

- EN TRÁMITE
- TITULADO

**SIMBOLOGÍA**

- Capital distrital
- Caserío
- Pueblo
- Minas
- Falla normal
- Falla inferida
- Sobreescurrencimiento
- Sobreescurrencimiento inferido

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS

**INGEMMET**

IMAGEN DE SATÉLITE LANDSAT TM+7  
BANDAS 7,4,2 (RGB)

"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR I, REGIÓN DE CAJAMARCA  
ZONA-B

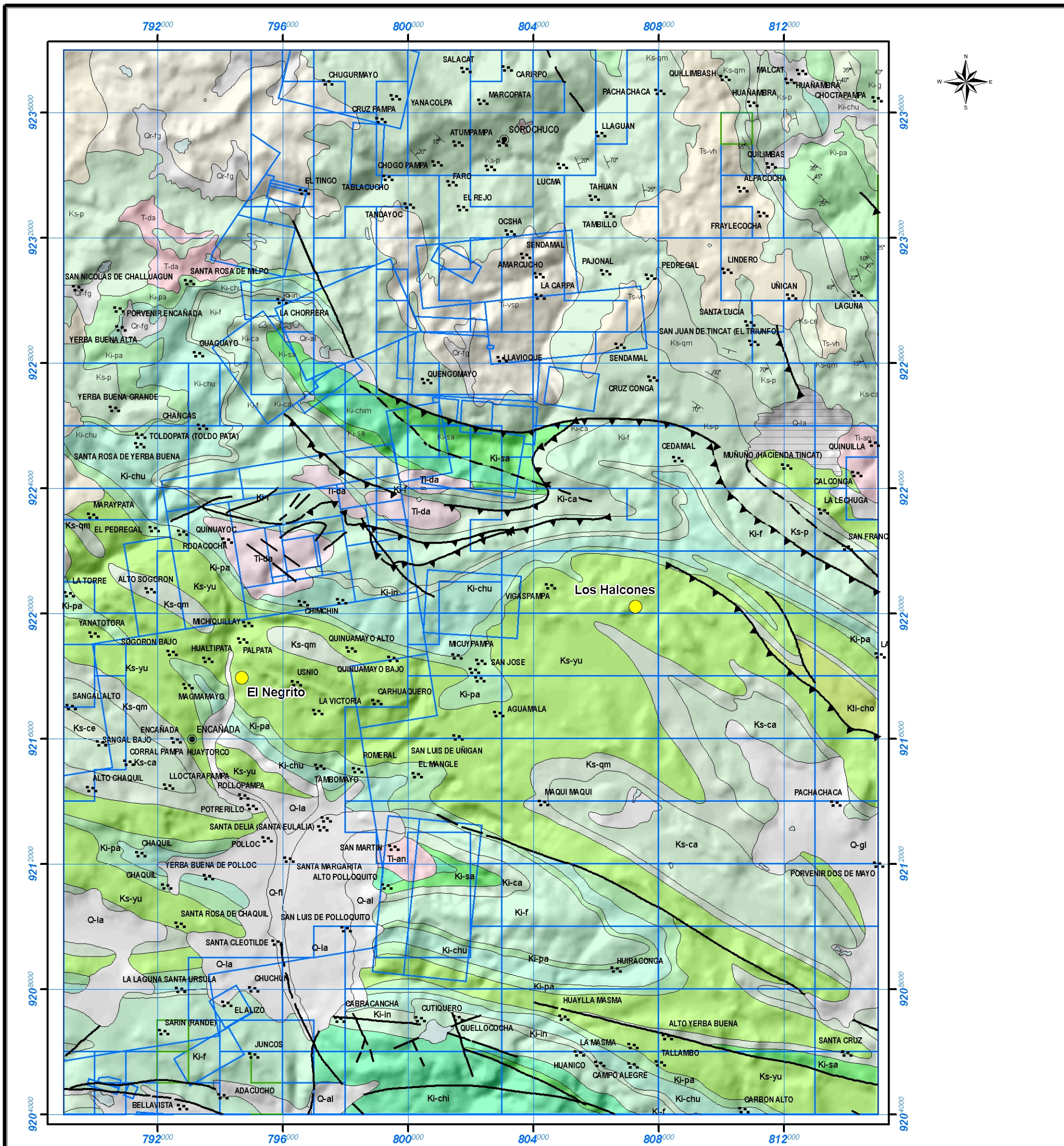
0 1,5 3 4,5 6 7,5 9 km

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008 1:125.000

NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

LAMINA N° 5





Base pueblos: Fuente INEI

LEYENDA

ERA	SISTEMA	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	Reciente	Depósitos aluviales y fluviales
		Pleistoceno	Depósitos lagunares y glaciares
	TERCIARIO	Superior	Volcánico Huambo
		Medio	DISCORD. ANG.
MESOZOICO	CRETACEO	Inferior	Gpo. Calipuy Volc. San Pablo
		Superior	DISCORD. ANG.
		Superior	Formación Chota
	CRETACEO	Superior	Formación Celendín
		Superior	Formación Cajamarca
		Superior	Formaciones Quiquían Mujamun
CRETACEO	Inferior	Gpo. Pullicana (Fm. Yumagual)	
		Formación Pariatambo	
		Formación Chólec	
		Formación Inca	
		Formación Farrat	
CRETACEO	Inferior	Formación Carhuaz	
		Formación Santa	
		Formación Chímú	

**SÍMBOLOS**

- Contacto conocido
- Contacto inferido
- Falla normal (U = bloque levantado, D = bloque hundido)
- Cabalgamiento y falla inversa (la dentadura indica la parte cabalgada)
- Rumbo y buzamiento de capas
- Eje de Anticinal
- Eje de Anticinal volcado
- Eje de sinclinal
- Eje de sinclinal volcado
- Cresta morrénica con dirección de movimiento
- Capital distrital
- Caseros
- Pueblos
- Minas

**DERECHOS MINERO**

**SITUACIÓN**

- EN TRÁMITE
- TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
**MAPA GEOLÓGICO**

"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR I, REGIÓN DE CAJAMARCA  
ZONA-B

0 1,5 3 4,5 6 7,5 9 km

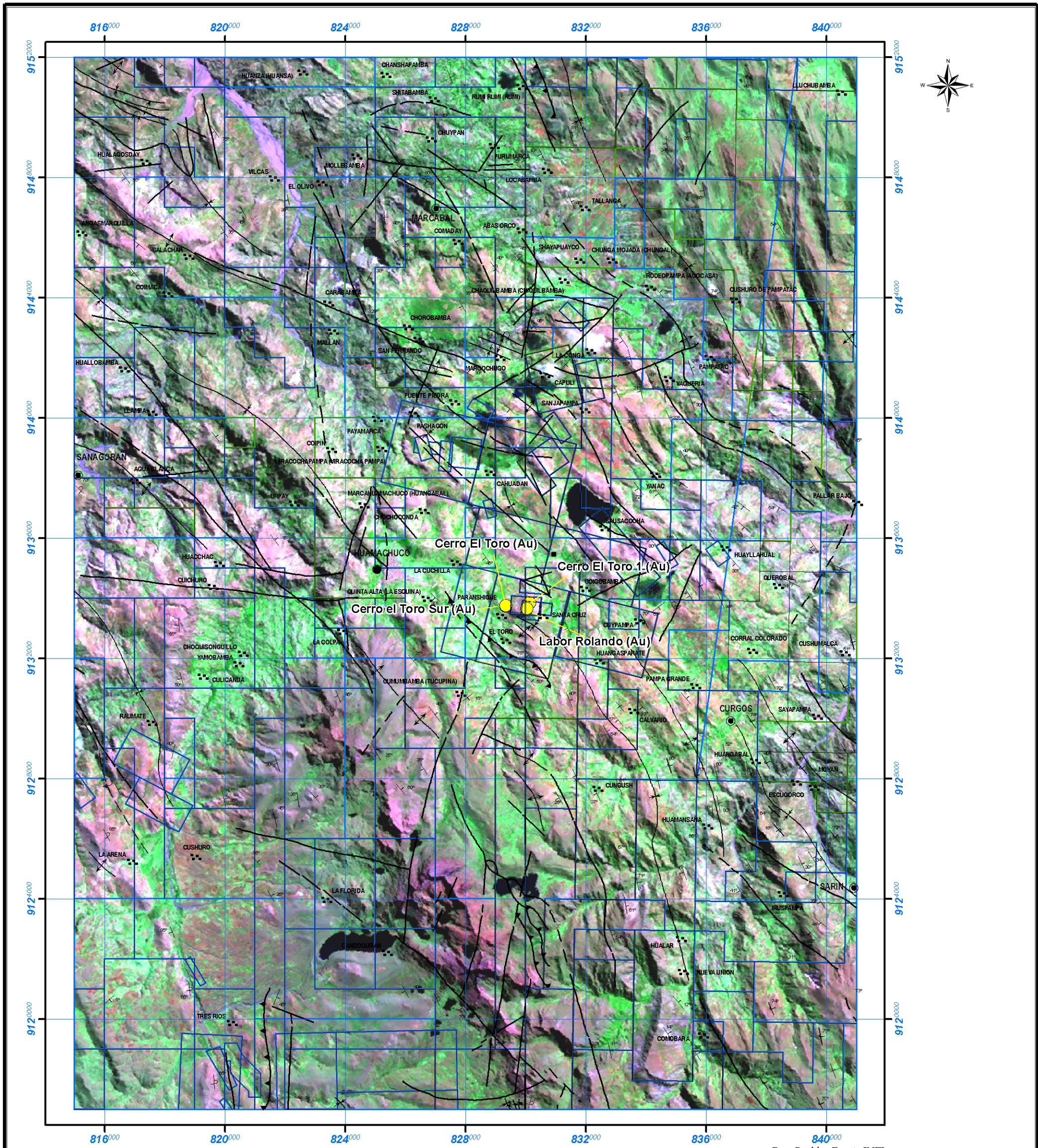
1:125.000

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008

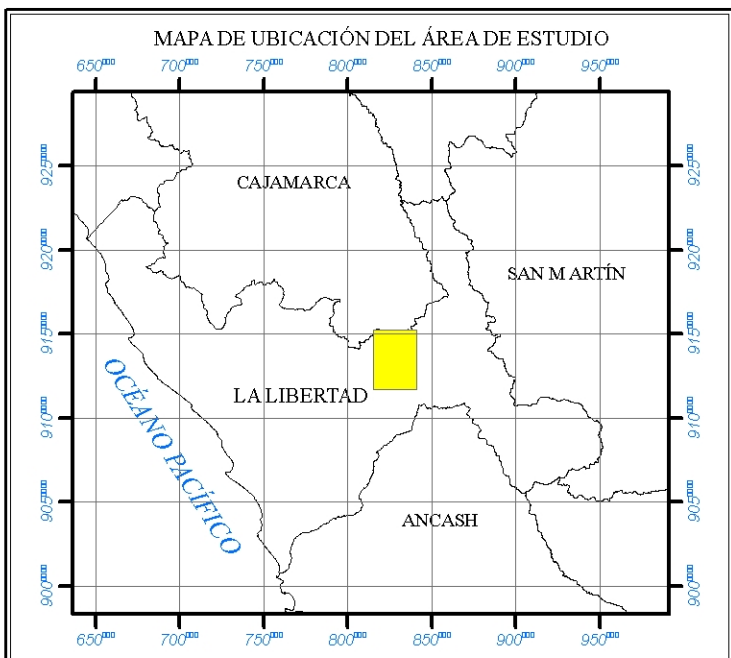
NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

LAMINA N° 6





Base Pueblos: Fuente INEI



- SIMBOLOGÍA**
- Capital distrital
  - Caserío
  - Ciudad
  - Pueblo
  - Minas
  - Falla normal
  - - Falla inferida
  - ↖ Sobrescurrimiento
  - Falla de rumbo

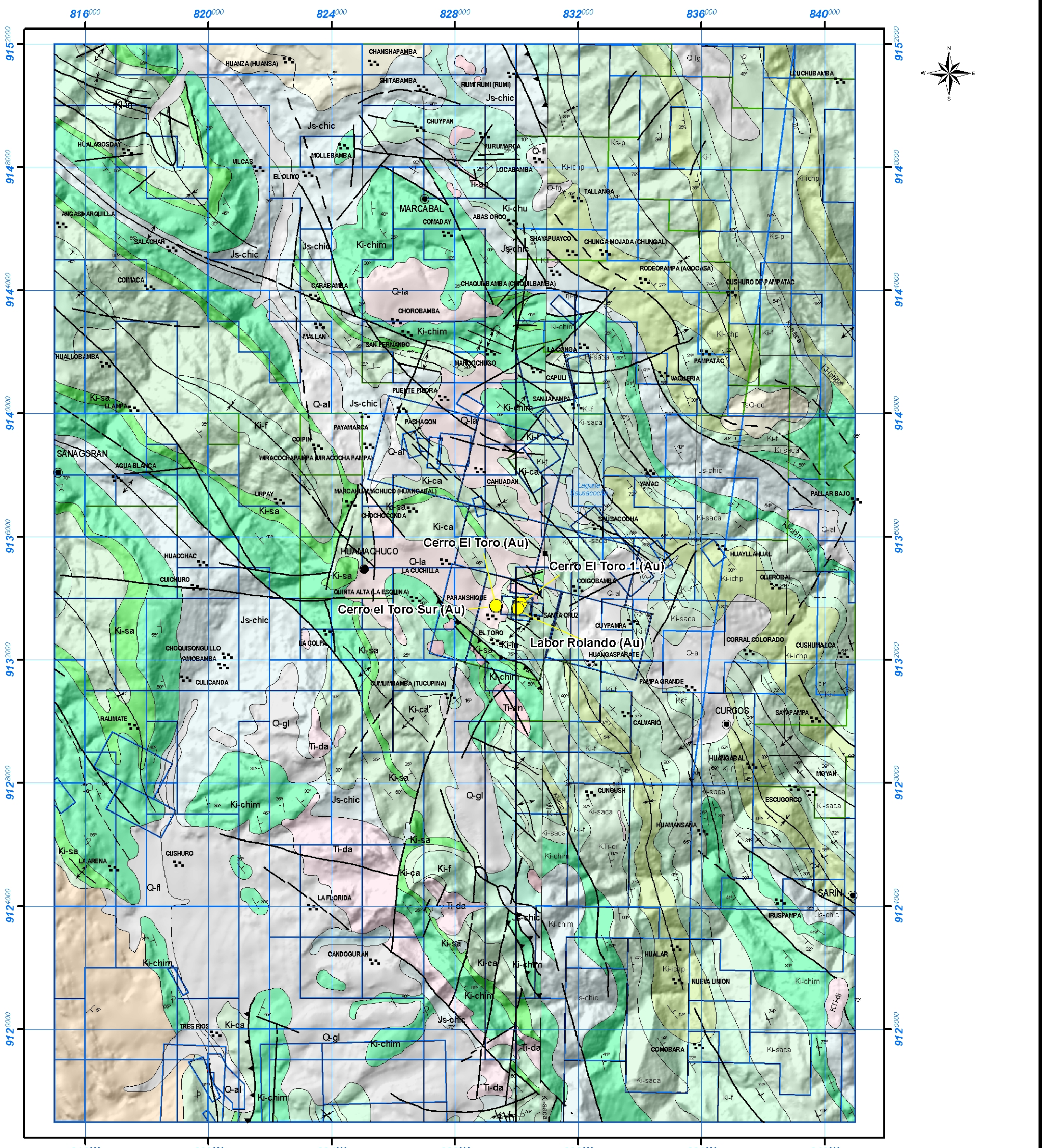
- DERECHOS MINEROS**
- SITUACIÓN**
- EN TRÁMITE
  - EXTINGUIDO
  - PLANTA DE BENEF
  - TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
IMAGEN DE SATELITE LANDSAT TM+7  
BANDAS 7,4,2 (RGB)  
"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR II, REGIÓN DE LA LIBERTAD  
ZONA-A

NOTA: Catastro actualizado a Oct. 2008 1:125.000  
NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

**LAMINA N° 7**





LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Reciente	Depósitos: aluviales y fluviales	Q-al, Q-fl
		Pleistoceno	Depósitos: lagunares y glaciares	Q-la, Q-gl
	TERCIARIO	Superior	Fm. Condebamba	Ts-co
			Fm. Cajabamba	Ts-cj
	Inferior	Grupo Calipuy	Ti-vca	
MESOZOICA	CRETACEO	Superior	Fm. Pariatambo	Ki-pa
			Fm. Chuléc	Ki-chu
		Fm. Inca	Ki-in	
	Inferior	Grupo Goyllarisquizga	Fm. Farrat, Fm. Carhuaz, Fm. Santa, Fm. Chimu	Ki-f, Ki-ca, Ki-sa, Ki-chim
JURASICO	Superior	Fm. Chicama	Js-chic	

SIMBOLOGIA

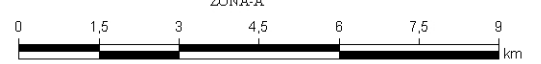
- Rumbo y buzamiento de capas
- Rumbo y buzamiento de capas volcadas
- Rumbo y buzamiento vertical
- Contacto conocido
- Contacto inferido
- Falla normal
- Falla inversa
- Sobreescorrimiento
- Falla inferida
- Eje de Anticinal
- Eje de Anticinal volcado
- Eje de sinclinal
- Eje de sinclinal volcado
- Eje sinclinal o anticlinal con buzamiento axial nítido
- Derechos mineros
- Capital distrital
- Caserío
- Pueblos
- Minas

DERECHOS MINEROS

SITUACIÓN

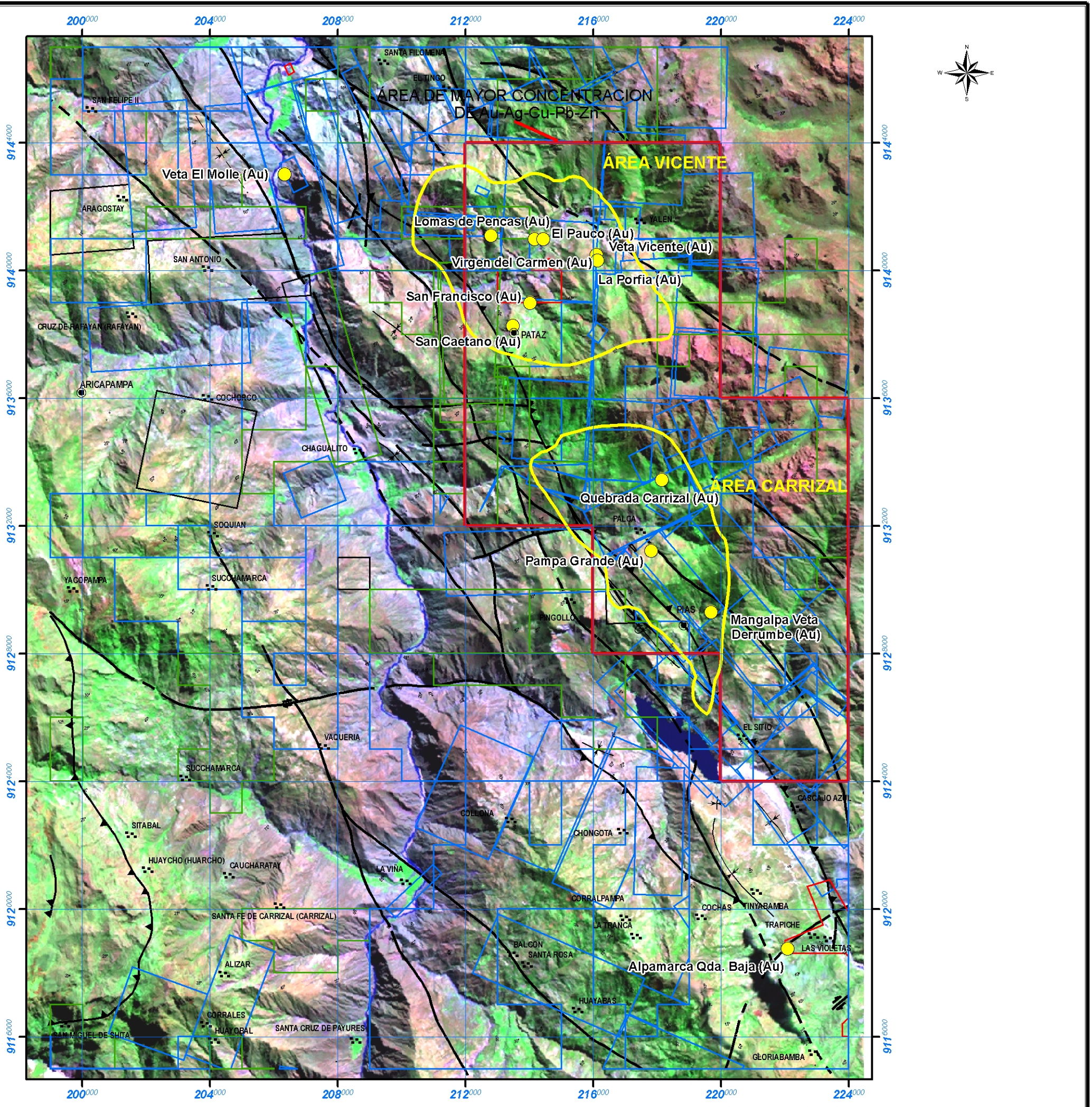
- EN TRÁMITE
- EXTINGUIDO
- PLANTA DE BENEF
- TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO  
**INGEMMET**  
MAPA GEOLÓGICO  
"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR II, REGIÓN DE LA LIBERTAD

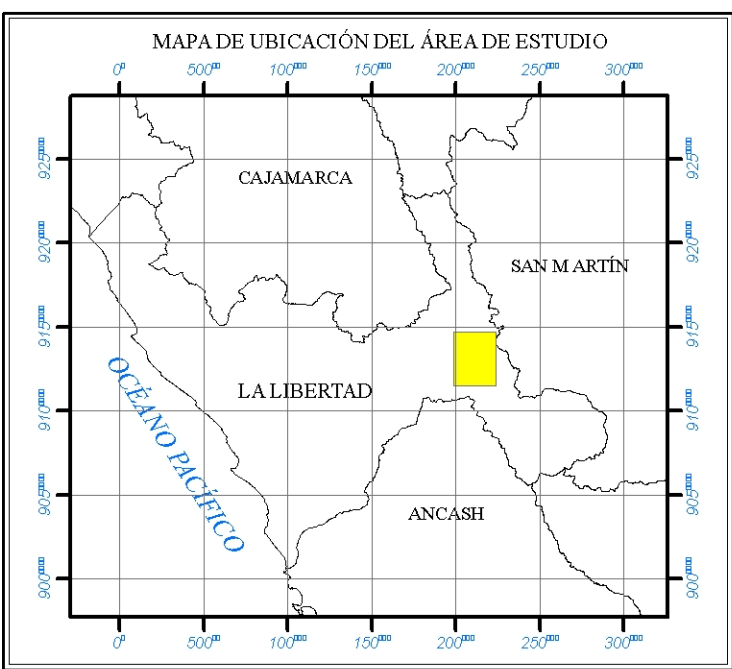


NOTA: Catastro actualizado a Oct. 2008 1:125.000  
NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84





Base pueblos : Fuente INEI



- SIMBOLOGÍA**
- Capital distrital
  - ⊞ Caserio
  - Pueblo
  - Minas
  - Falla normal
  - - - Falla inferida
  - ▲ Sobrescurrimiento
  - ▲ Sobrescurrimiento inf.
  - ⤵ Eje de sinclinal
  - ⤵ Eje de sinclinal volcado
  - ⤵ Eje de sinclinal inferido

- DERECHOS MINEROS**
- SITUACIÓN**
- ▭ EN TRÁMITE
  - ▭ EXTINGUIDO
  - ▭ PLANTA DE BENEFICIO
  - ▭ TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

IMAGEN DE SATELITE LANDSAT TM+7  
BANDAS 7,4,2 (RGB)  
"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR II, REGIÓN DE LA LIBERTAD  
ZONA-B

0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 km

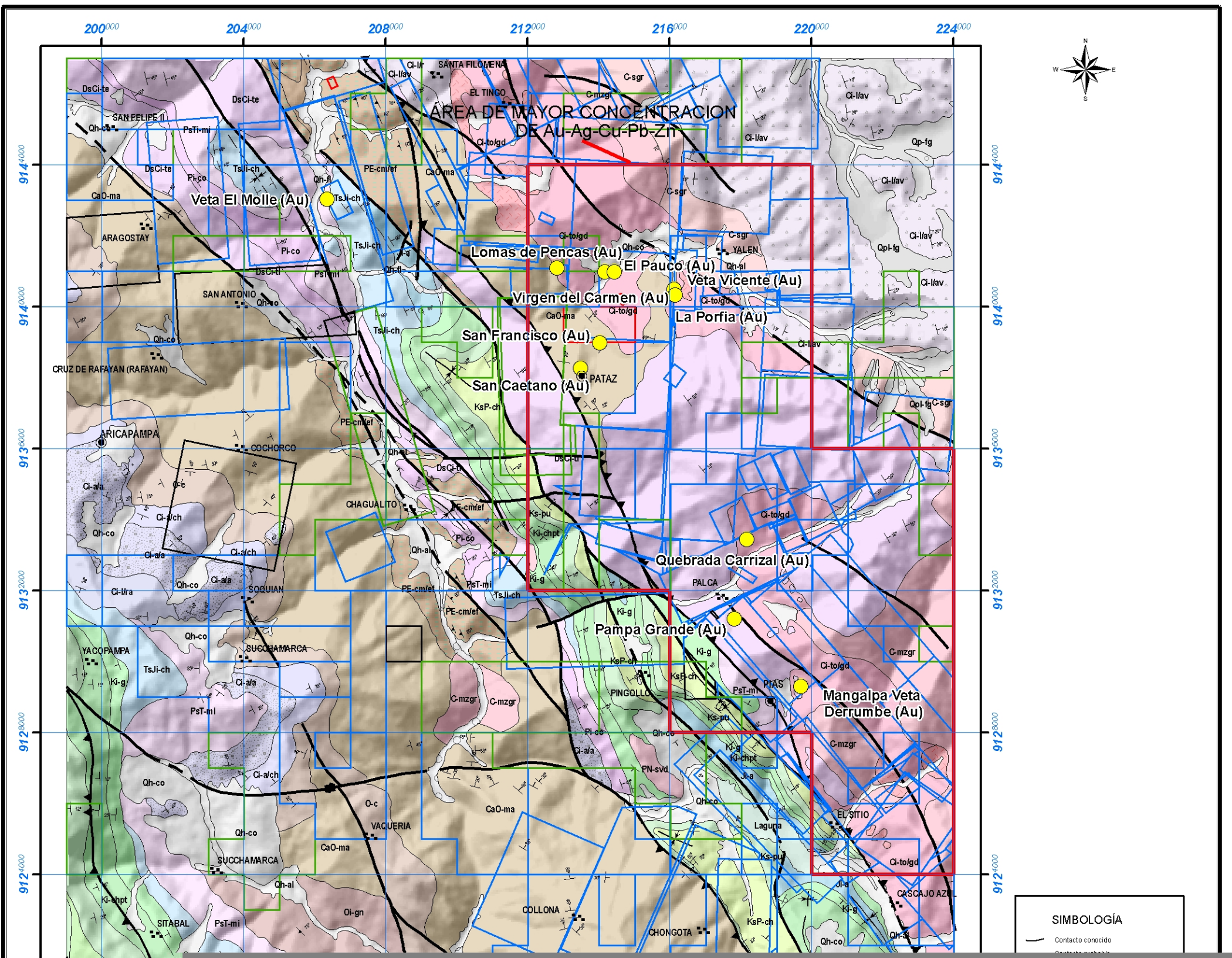
1:125 000

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008 Base Geológica Mapas actualizados 2006

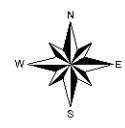
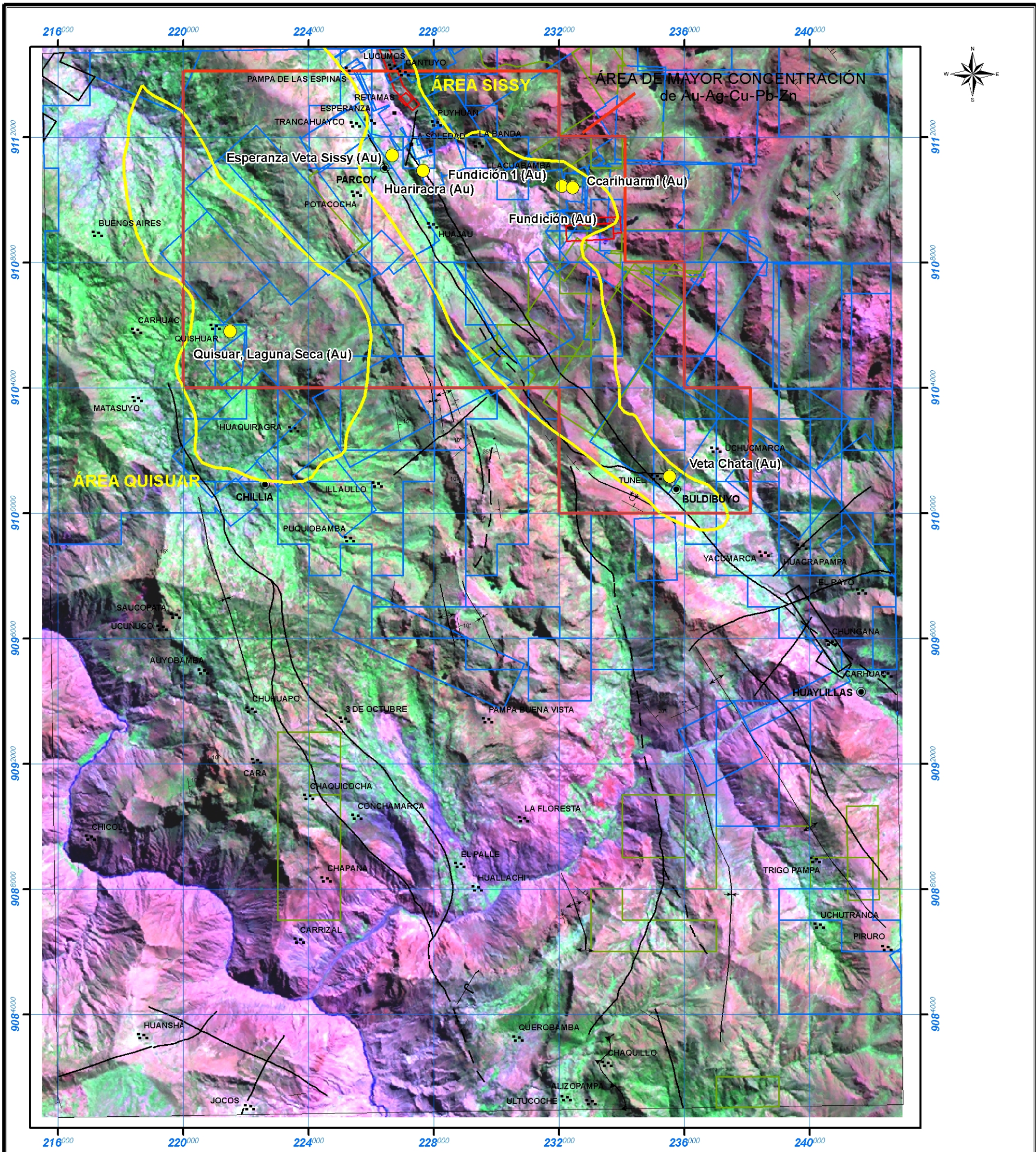
NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

**LAMINA N° 9**

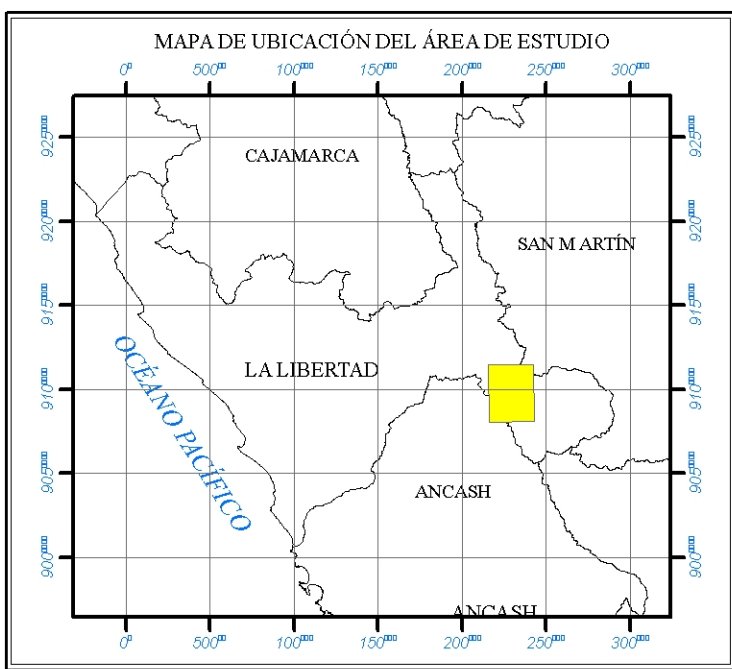








Base Pueblos: Fuente INEI



**SIMBOLOGÍA**

- Capital distrital
- Caserío
- Pueblo
- Minas
- Falla normal
- - Falla inferida
- ▲ Sobrescurrimiento
- ↑ Eje de anticlinal
- ↓ Eje de sinclinal
- └┘ Rumbo y buz. de capas inv.
- ⊕ Eje de sinclinal volcado
- ⚡ Áreas de mayor concentración

**DERECHOS MINEROS**

**SITUACION**

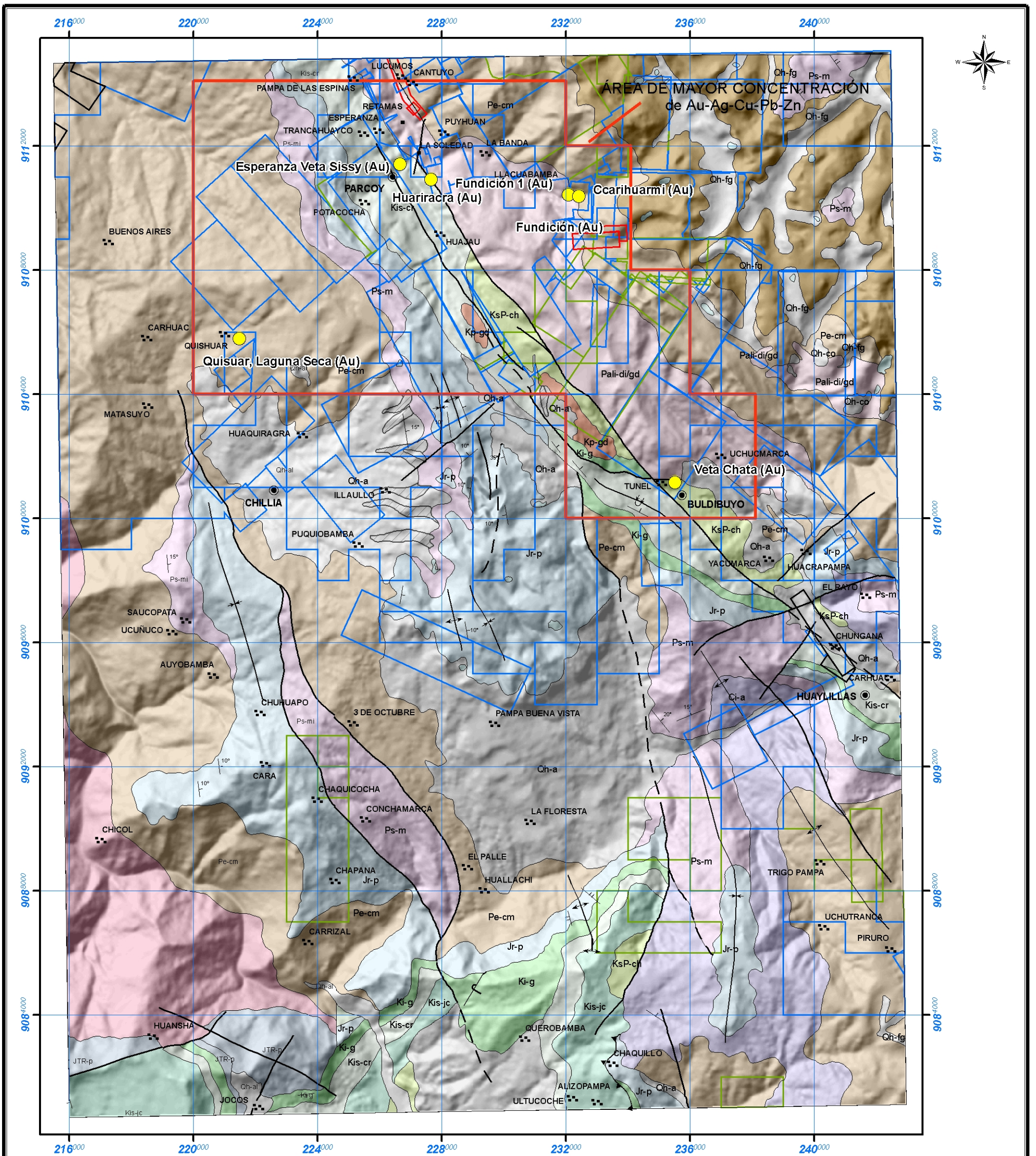
- ▭ EN TRÁMITE
- ▭ EXTINGUIDO
- ▭ PLANTA DE BENEFICIO
- ▭ TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
IMAGEN DE SATELITE LANDSAT TM+7  
BANDAS 7,4,2 (RGB)  
"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR II, REGIÓN DE LA LIBERTAD  
ZONA-C

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008 1:125.000  
NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

**LAMINA N° 11**





Base Pueblos: Fuente INEI

LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos Coluviales (Qh-co)	
			Depósitos Aluviales (Qh-a)	
			Depósitos Fluvio-glaciares (Qh-fg)	
CENOZOICA	NEÓGENO		DISC. AND.	
		PALEÓGENO		
MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior	Fms. Jumasha, C elandín (Kis-jc)	Fm. Chota (Kp-gd) Oranodiorita
		Inferior	Fms. Parinashca, Chulao Paritambo (Kis-Pchp)	Fm. Cienegaj (Kis-cr)
	JURÁSICO	Superior	Opo. Goylla requiza (Ki-g)	
	TRIÁSICO		Opo. Pucara (Jr-p)	
PALEOZOICA	PÉRMICO	Superior	Opo. Mtu (Ps-m)	
		Inferior		
	CARBONIFERO	Superior	Volcanos indiferenciados (Cap-l)	
NEOPROTEROZOICA	INFERIOR		Opo. Ambo (Ci-a)	
			DISC. AND. Complejo Mito (Pali-di/gd)	Ornito (Pali-n)

**SIMBOLOGÍA**

- Rumbo y buzamiento de estratos
- Rumbo fotointerpretado de estratos con buzamiento moderado
- Contacto geológico
- Contacto geológico inferido
- Eje de sinclinal acostado
- Eje de anticlinal
- Eje de sinclinal
- Falla Normal
- Falla inversa
- Lineamiento
- Sobrescurrimiento
- Derechos mineros
- Capital distrital
- Caserío
- Pueblos
- Minas

**DERECHOS MINEROS**

**SITUACIÓN**

- EN TRÁMITE
- EXTINGUIDO
- PLANTA DE BENEFICIO
- TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**INGEMMET**

MAPA GEOLÓGICO

"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA" SECTOR II, REGIÓN DE LA LIBERTAD

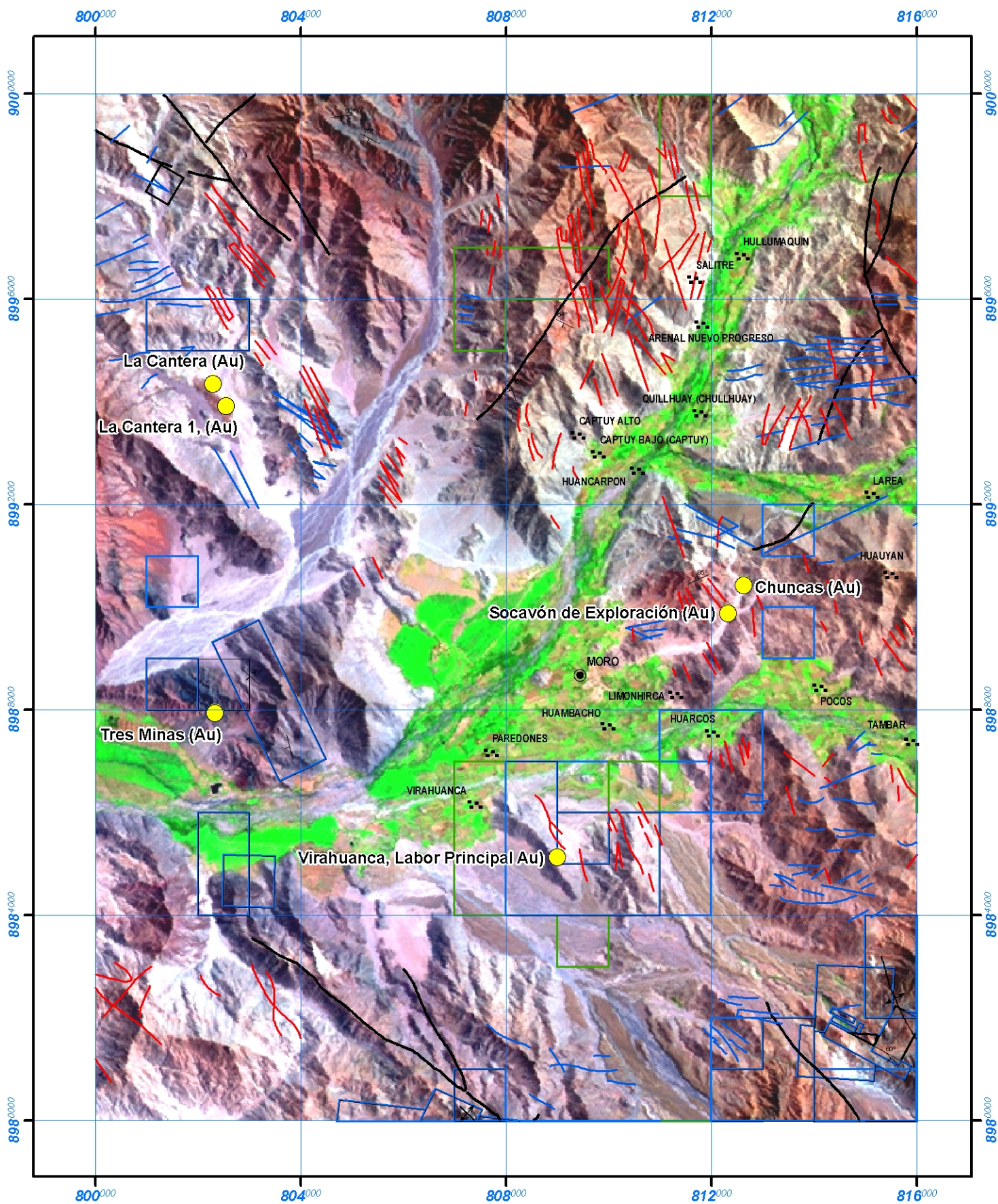
ZONA-C

0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 km

1:125.000

LAMINA Nº 12

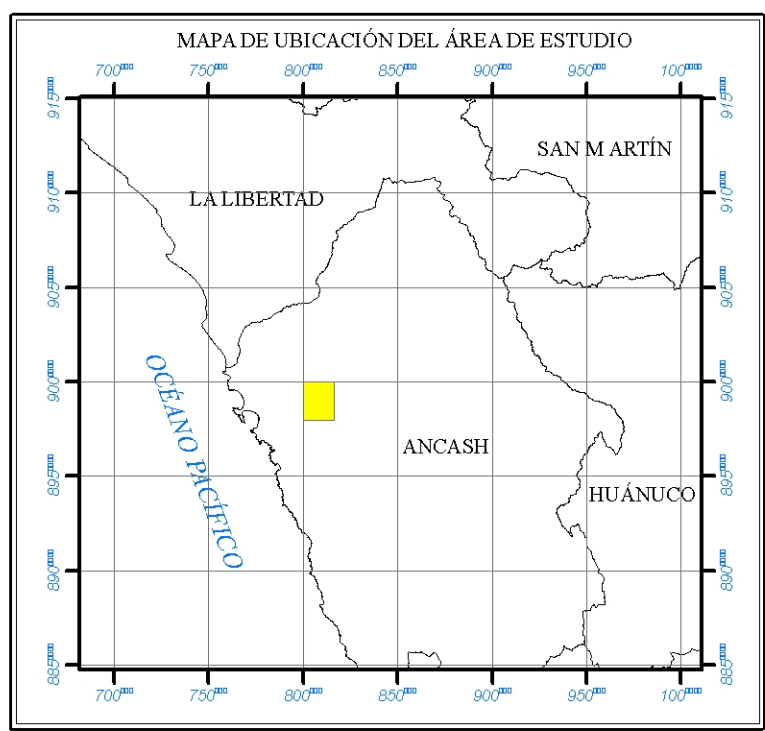




Base pueblos; Fuente INEI

**SIMBOLOGÍA**

- Capital distrital
- Caserío
- Pueblo
- Minas
- Diques aplíticos, félsicos
- Diques porfíricos
- Falla normal



**DERECHOS MINEROS**

SITUACIÓN

- EN TRÁMITE
- EXTINGUIDO
- TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**INGEMMET**

IMAGEN DE SATELITE LANDSAT TM+7  
BANDAS 7,4,2 (RGB)

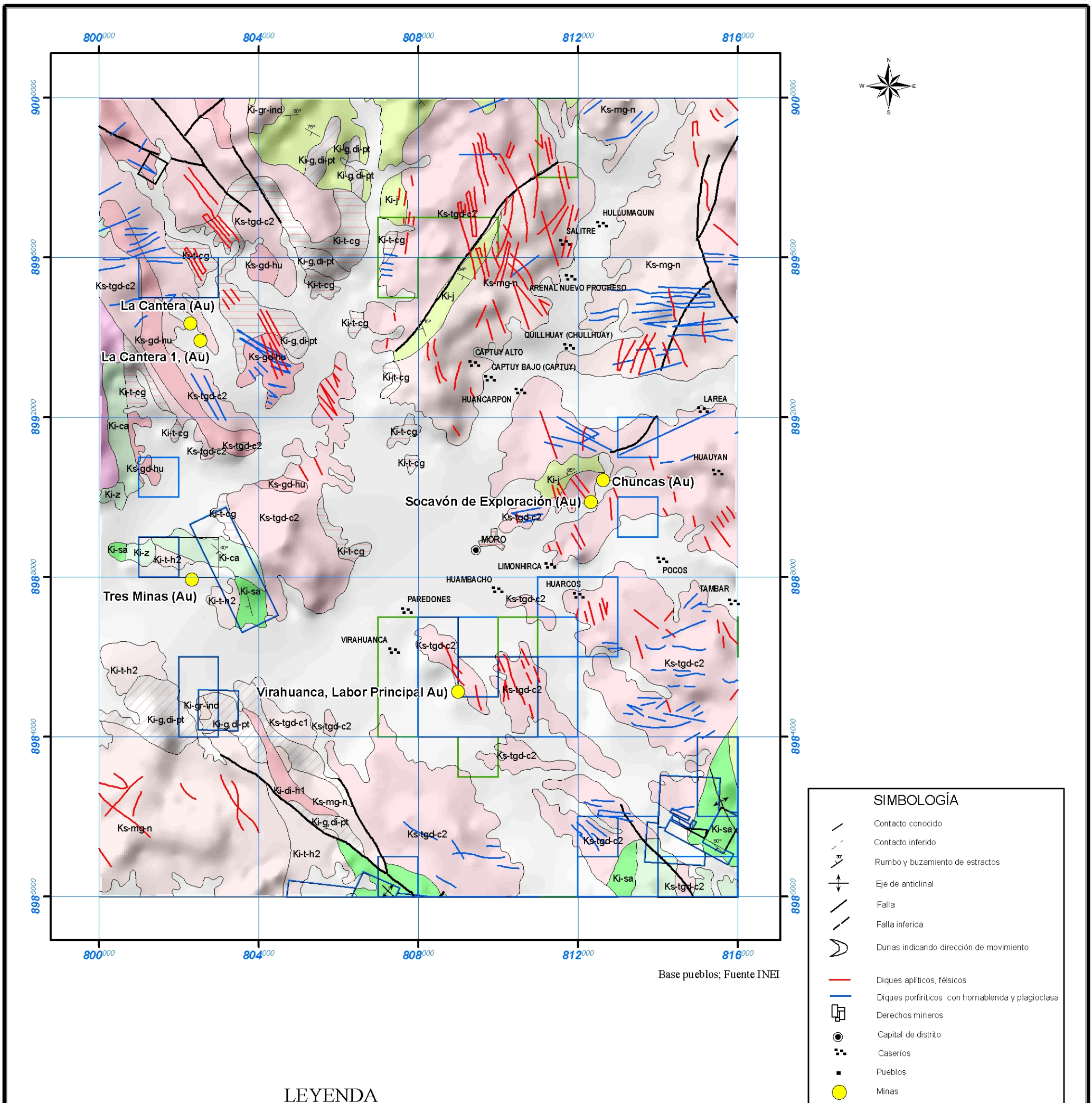
"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR III, REGIÓN DE ANCASH

ZONA-A

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008 1:125.000

LAMINA N° 13





Base pueblos; Fuente INEI

### SIMBOLOGÍA

- Contacto conocido
- Contacto inferido
- Rumbo y buzamiento de estratos
- Eje de anticlinal
- Falla
- Falla inferida
- Dunas indicando dirección de movimiento
- Diques aplíticos, félsicos
- Diques porfíricos con hornablenda y plagioclasa
- Derechos mineros
- Capital de distrito
- Caseríos
- Pueblos
- Minas

### LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	UNIDADES INTRUSIVAS
CENOZOICA	CUATERNARIO		Depositos Aluviales <b>Q-al</b>	
		M E S O Z O I C O	C R E T Á C E O	SUPERIOR
<b>Ks-tgd-c2</b> UNIDAD CORRALILLO 2				
<b>Ki-t-cg</b> Tonalita Cauthuy Grande	<b>Ki-t-h2</b> Tonalita			
<b>Ki-di-h1</b> Diorita				
<b>Ki-gr-ind</b> Granitos Indiferenciados				
INFERIOR	<b>Ki-di,t-pc</b> Diorita, Tonalita Paccho			
	<b>Ki-cd-pt</b> Complejo de Diques Cizallados			
	<b>Ki-gi,di-pt</b> Gabro, Diorita			
	<b>Ki-z</b> Fm. La Zorra			
	<b>Ki-j</b> Fm. Junco			
		<b>Ki-f</b> Fm. Farrat		
		<b>Ki-ca</b> Fm. Carhuaz		
		<b>Ki-sa</b> Fm. Santa		

### DERECHOS MINEROS

SITUACIÓN

- EN TRÁMITE
- EXTINGUIDO
- TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**INGEMMET**  
MAPA GEOLÓGICO

"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR III, REGIÓN DE ANCASH  
ZONA-A

0 1,5 3 4,5 6 7,5 9 km

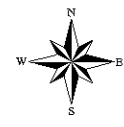
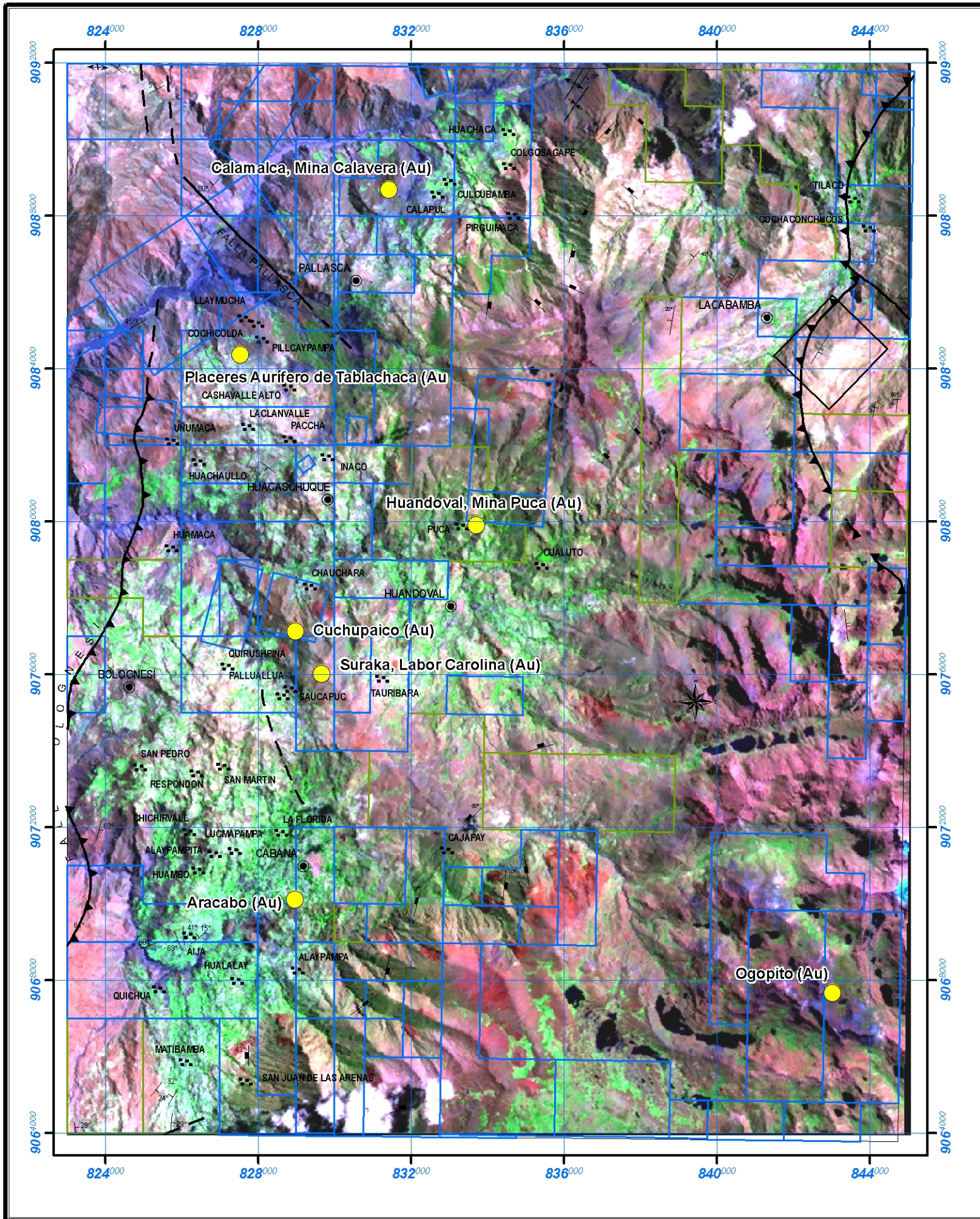
1:125.000

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008

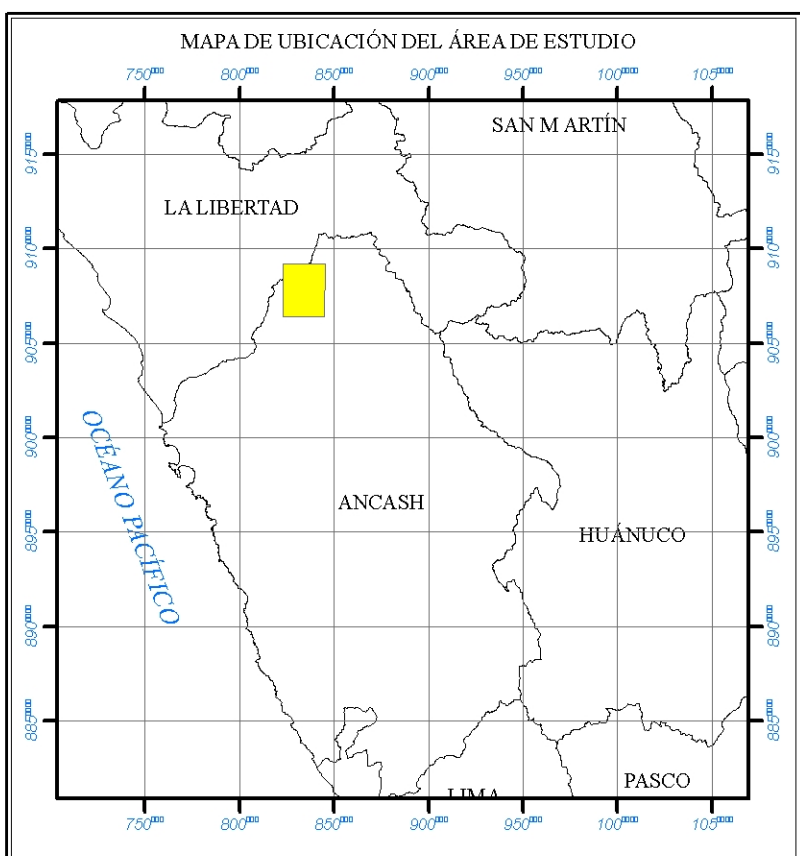
NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

LAMINA N° 14





Base pueblos: Fuente INEI



**DERECHOS MINEROS**

**SITUACIÓN**

- EN TRÁMITE
- EXTINGIDO
- TITULADO

**SIMBOLOGÍA**

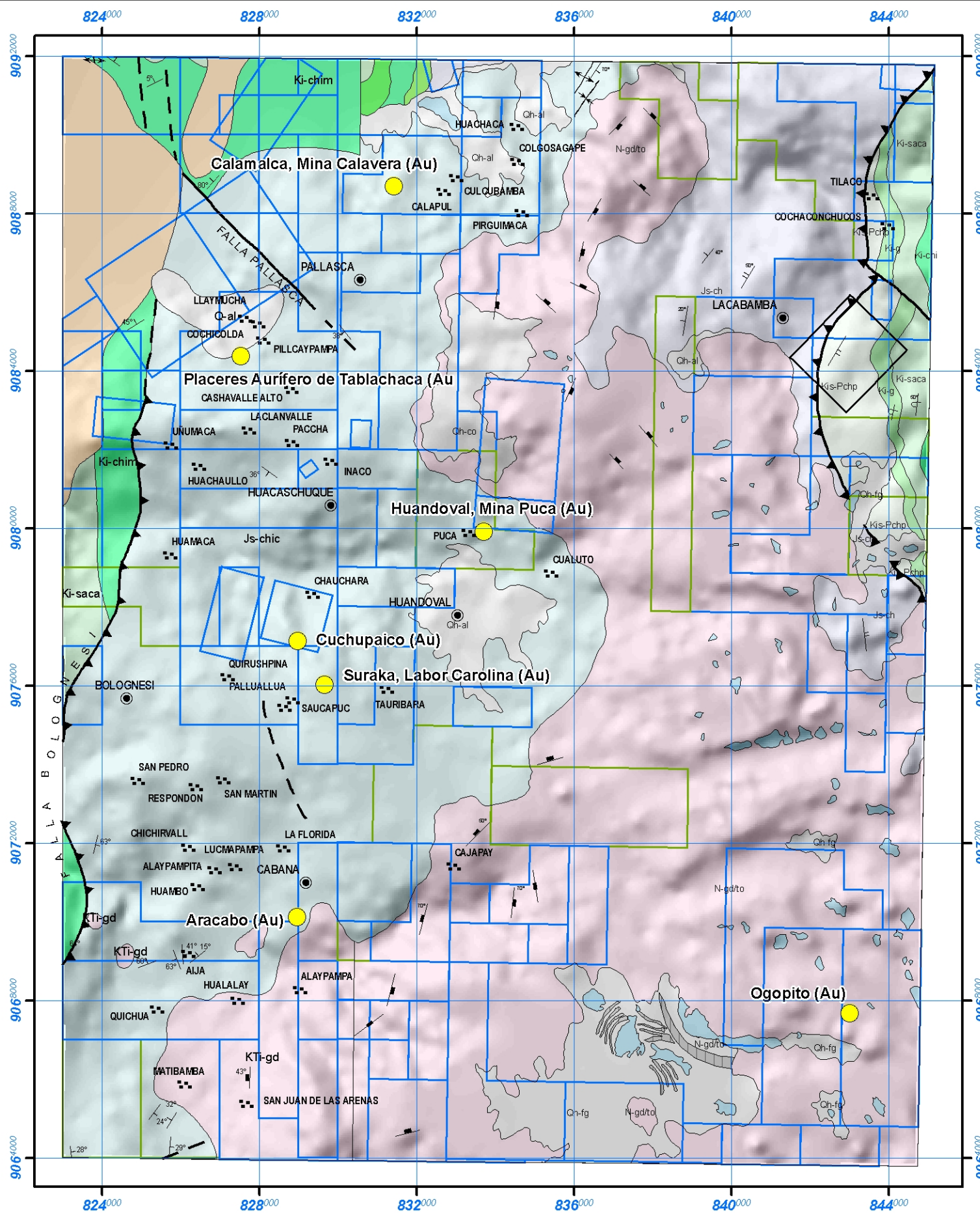
- Capital distrital
- Caserío
- Pueblo
- Minas
- Falla normal
- Falla inferida
- Sobrescurrimiento

REPÚBLICA DEL PERÚ  
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO  
 IMAGEN DE SATÉLITE LANDSAT TM+7  
 BANDAS 7,4,2 (RGB)  
 "MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
 EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
 SECTOR III, REGIÓN DE ANCASH  
 ZONA-B

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008      1:125.000  
 NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

**LAMINA N° 15**





Base pueblos: Fuente INEI

### SIMBOLOGÍA

- Rumbo y buzamiento de las capas
- Capas volteadas
- Contacto conocido
- Contacto aproximado
- Junturas
- Eje sinclinales: normal y volcadero
- Eje de anticlinales: normal y volcadero
- Falla normal
- Falla inversa
- Falla probable
- Derechos mineros
- Capital distrito
- Caseríos
- Pueblos
- Minas

### LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS			
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depositos Fluvio-glaciares	Qh-fg	N-gd/to Granodiorita, Tonalita		
			Depositos Aluviales	Qh-al			
			Depositos Coluviales Depositos aluviales y fluvio-glaciares	Qh-co Qh-al Qh-fg			
CENOZOICA	CRETÁCEO	Superior Inferior	DISC. ANG.	Ki-vca	KsP-ch	Fm. Chota	Kp-An Andesita
			Fms. Jumasha, Celendin	Kis-jc	Kis-cr	Fm. Crisnejas	KTI-gd
			Fms. Parihuanca, Chulac, Pariatambo	Kis-pchp	Ki-g	Gpo. Goylla-risquilza	
			Fm. Farrat	Ki-f			
			Fm. Santa Carhuaz	Ki-saca			
			Fm. Chimu	Ki-chi Ki-chim			
			Fm. Oyon	Ki-o			
			JURÁSICO Superior	Js-ch	JTR-p	Gpo. Pucara	
			TRIÁSICO	Js-chic	Ps-mi	Gpo. Mitu	
			PALEOZOICA	SUPERIOR	PERMICO Superior		
CARBONIFERO Inferior							
NEOPROTEROZOICA			DISC. ANG. Complejo Marañón	Pe-ma	Pall-n Granito neisficado		

### DERECHOS MINEROS

#### SITUACIÓN

- EN TRÁMITE
- EXTINGIDO
- TITULADO

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
MAPA GEOLÓGICO

"MINERALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA  
EN LAS ZONAS DE CAJAMARCA, CORDILLERA BLANCA Y NEGRA"  
SECTOR III, REGIÓN DE ANCASH  
ZONA-B

0 1,5 3 4,5 6 7,5 9 km

NOTA: Catastro actualizado a Oct, 2008 1:125.000

NOTA: Geología -Proyección UTM Datum WGS84

**LAMINA N° 16**