

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y  
METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGÍA**



***DELINEACIÓN Y DEFINICIÓN DE UNA FRANJA DE  
EXPLORACIÓN REGIONAL EN EL CORREDOR  
ARASI-CHUCAPACA-JAPUOCO-MAZOCRUZ Y SU  
PROSPECCIÓN POR DEPÓSITOS DE Au-Ag-Cu EN  
PUNO, PERÚ***

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

***JULIO DANIEL CÓRDOVA PAUCAR***

**Lima – Perú  
2011**

*A mis padres y hermanos por su paciencia.*

*A Zaida por su amor y compañía.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a la compañía Newmont Perú SRL por haber hecho posible la redacción y presentación del presente Informe de Suficiencia para poder optar el título de Ingeniero Geólogo.

Quiero enfocar dicho agradecimiento en la persona del Director de Exploraciones en Sudamérica de Newmont Perú SRL Lewis Teal por brindarme las facilidades necesarias tanto en mi asistencia al Curso de Actualización de Conocimientos como en la elaboración de este informe. Asimismo expreso mi sincero agradecimiento a Carl Schnell, Gerente de Exploraciones de los Andes; a Elmer Flores, Gerente de Exploración Regional; a José Trujillo, Geólogo Senior jefe del Proyecto Japuoco, quienes con sus enseñanzas y consejos me iluminaron el camino geológico.

De gran apoyo como geólogos y como amigos fueron también José Ramos y Omar Palomino, con quienes compartimos la experiencia de trabajar juntos en Puno en algún momento y cuyas ideas y aportes también están reflejados en este trabajo.

A Janneth Alejandro, geógrafa de profesión pero geóloga de corazón, cuya valiosa y paciente ayuda tanto en campo como en oficina y más aún como amiga y compañera es invaluable.

De la misma forma a todo el staff de geólogos de Newmont, así como a los técnicos de campo y personal administrativo mi más sincero agradecimiento por el apoyo en el trabajo de exploración y más aún por compartir sus invaluable experiencias recogidas a lo largo de sus carreras.

# INDICE

- I. Resumen
- II. Introducción
- III. Antecedentes
- IV. Objetivos
- V. Ubicación del Área de Trabajo
- VI. Metodología
  - 1. Recopilación de Información Existente Interna y Externa.
  - 2. Análisis y Tratamiento de la Información.
  - 3. Trabajo de Campo.
  - 4. Análisis e Interpretación de los Resultados
- VII. Delineación de la Franja Regional
  - 1. Ubicación de Ocurrencias, Minas y Proyectos Importantes
  - 2. Geología Regional: Identificación de Metalotectos Regionales y Definición de Trends Estructurales y Plegamientos
  - 3. Uso de Imágenes Satelitales y Sensores Remoto: Aster, Landsat 321 y 741, Google Earth
  - 4. Interpretación de la Data Geofísica Aérea: Magnetometría
  - 5. Trabajos de Prospección y Exploración Anteriores:  
Tratamiento Estadístico de Datos:

## VIII. Definición de Objetivos Específicos de Exploración

1. Litología Favorable: Metalotectos
2. Estructuras Regionales Favorables
3. Zonas de Alteración
4. Anomalías Geoquímicas
5. Catastro Minero

## IX. Trabajos de Campo Efectuados: Prospección y Exploración

1. Muestreo de Sedimentos de Drenaje y BLEG
2. Seguimiento con Muestreo de Rocas (Esquirlas y Canales)
3. Cartografía a diferentes escalas
4. Definición de Áreas Prospectables
5. Oportunidades y Ofrecimientos

## X. Análisis e Interpretación de los Resultados

1. Prospecto Cotaña
  - X.1.1. Descripción Geológica
  - X.1.2. Modelo Conceptual y Potencial
  - X.1.3. Futuros Trabajos Recomendados
2. Prospecto Jacune
  - X.2.1. Descripción Geológica
  - X.2.2. Modelo Conceptual y Potencial
  - X.2.3. Futuros Trabajos Recomendados
3. Otros Denuncios Efectuados

## XI. Conclusiones

## XII. Recomendaciones

## XIII. Bibliografía

# I

## RESUMEN

A diferencia de la faja volcánica Terciaria del Norte del Perú, donde se encuentran las minas de oro más grandes tales como Yanacocha, Lagunas Norte o Pierina, la faja volcánica Terciaria del Sur del Perú no ha sido tan fructífera en términos de tamaño y número de depósitos de metales preciosos. Este hecho, lejos de desanimar la exploración por depósitos de clase mundial en el Sur, no hace más que redoblar los esfuerzos de los geólogos por encontrar depósitos de tipos a los que no se había prestado atención antes, de los que no se sabía de su existencia o que estuvieran presentes en rocas o edades que se pensaban “no favorables” para la mineralización. El descubrimiento del depósito de Chucapaca (o Canahuire) y de Japuoco fue el fruto de ese esfuerzo inicial. En esa línea de pensamiento y rompiendo los “tabúes” es que a inicios del año 2010 se pensó en definir y delinear una franja para exploración regional en el sur del Perú, específicamente en el departamento de Puno y parte de Moquegua, que comprendiera tanto la faja volcánica Terciaria como el basamento sedimentario Jurásico-Cretáceo, entre la mina Arasi y el prospecto

Mazocruz para la prospección por yacimientos de clase mundial de Au, Ag y Cu del tipo Epitermal (alta, baja o intermedia), IOCG, Skarn, Carlin o Pórfidos.

El delineamiento de esta franja regional se basó en la ocurrencia de los depósitos/minas antes mencionados: la mina Arasi (Aruntani, ex La Rescatada - 2.5 MozAu) al extremo NW, las minas Tucari y Santa Rosa (Aruntani – 3 MozAu) al SW y el prospecto Mazocruz en el extremo SE cerca de la frontera con Bolivia, todos definidos como sistemas epitermales de alta sulfuración hospedados en rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno (Grupos Tacaza y Barroso); y al descubrimiento de Chucapaca (o Canahuire – 5.6 MozAuEquiv) por Buenaventura/Goldfields y de Japuoco por Newmont, cuyas definiciones como sistema aún no están claras pero en los que la mineralización está asociada a complejos de brechas que cortan a los sedimentos Jurásicos-Cretácicos del Grupo Yura/Lagunillas en el primer caso y a las rocas volcánicas Terciarias del Grupo Tacaza en el segundo.

La ocurrencia de dichos depósitos/minas y de otros prospectos (como los depósitos de Ag-Cu-Mn Berenguela y Limón Verde) nos permitió identificar las unidades litológicas favorables (Metalotectos) y su contexto dentro de la columna estratigráfica regional: Los sedimentos pelíticos-calcareos del Grupo Yura-Lagunillas (especialmente las formaciones Cachíos, Labra y Gramadal), las calizas Ayavacas del Cretáceo, los volcánicos Tacaza y la base del Grupo Barroso. La presencia de intrusivos, diques y/o domos riolíticos-riodacíticos fue otro aspecto a tomar en cuenta.

Además, el análisis de las imágenes de los Sensores Remoto (Aster, Landsat 321 & 741) y de Google Earth, unidos a la interpretación de la Magnetometría aérea nos permitió visualizar e identificar en gabinete las áreas de alteración visibles, afloramiento de intrusivos, domos, así como las estructuras y lineamientos principales.

El análisis de la data obtenida en los trabajos anteriores de Newmont en muestreo de sedimentos de drenaje y de rocas; así como de la data de muestreo de drenajes del Ingemmet nos permitió ubicar blancos específicos de exploración dentro del target regional, como resultado del tratamiento estadístico de los datos para definir las anomalías geoquímicas tanto de rocas como de sedimentos para los valores de Au, Ag y Cu principalmente.

Por último, el cruce de toda la información arriba mencionada con la información del catastro minero actualizado, nos ayudó a definir zonas de interés que estén libres o con poca actividad de competidores y priorizarlas de acuerdo a los criterios geológicos arriba mencionados.

La última parte del Informe presenta el trabajo de campo efectuado durante todo el 2010 y parte del 2011 en términos de mapeo y muestreo tanto de sedimentos de drenaje, rocas y canales, los prospectos encontrados, la descripción geológica y el modelo conceptual de los mismos, su potencial, los denuncios efectuados y las conclusiones y recomendaciones finales para futuras exploraciones en esta franja regional.



## II

### INTRODUCCIÓN

Los grandes éxitos en el descubrimiento de Depósitos Minerales de Clase Mundial de Oro en el norte del Perú que se inició a fines de los años ochentas con el descubrimiento inicial de Yanacocha y siguió en los noventas con los descubrimientos de Pierina y Lagunas Norte (en su conjunto las tres reportan alrededor de 60 Moz Au), todos del tipo Epitermal de Alta Sulfuración generalmente hospedados dentro de los volcánicos Terciarios, con gran porcentaje de la mena en forma de “óxidos” (recuperables por lixiviación con cianuro en pilas de material apenas molido, de manera relativamente fácil y barata desde el punto de vista operativo), llevó a los geólogos (y a las compañías mineras que los contrataban) a enfocar su exploración en la búsqueda de depósitos con estas mismas características a lo largo del centro y sur del Perú, tratando de imitar el éxito norteño, pero sin recibir los frutos esperados (en términos de tamaño del depósito, generosidad metalúrgica de la mena o contenido metálico), desalentando la exploración en el sur del Perú, argumentando que no existían las condiciones geológicas necesarias para albergar depósitos de clase mundial.

Los descubrimientos iniciales de Arasi (ex La Rescatada – 2.5Moz Au) y Aruntani (Santa Rosa y Tucari – 3 MozAu) a fines de los noventas e inicios de la década del 2000, con características geológicas similares a Yanacocha y Pierina pero con contenidos metálicos inferiores, no hizo más que confirmar ésta creencia.

El gran quiebre viene con el descubrimiento a fines de la década del 2000 de Chucapaca (o Canahuire) por Buenaventura, una brecha hospedada en rocas sedimentarias con mineralización de Au, Ag y Cu, en una zona adyacente a una bastante bien explorada área con alteración del tipo epitermal de alta sulfuración aflorante en rocas volcánicas pero que no albergaba mineralización aparente importante.

El hecho que la mineralización en Chucapaca no esté albergada en las rocas volcánicas Terciarias sino en las rocas sedimentarias Jurásicas, que el depósito no genere un halo de alteración visiblemente obvio como el que aparece en los volcánicos adyacentes, y que la mineralización no tenga características de Alta Sulfuración (los pocos reportes de Chucapaca que han salido a la luz hablan de una mineralización tipo Sulfuración Intermedia), pero que aún así tengan un contenido (reportado al momento) de 5.06 Moz Au, 22.08 Moz Ag y 75,000 TM de Cu para un contenido de 5.6 Moz AuEquiv, lo ponen en camino de ser un depósito de clase mundial con un entorno geológico poco conocido/explorado y de mucho potencial.

Otro importante hito es el descubrimiento de la mineralización de Cu-Au en el Proyecto Japuoco de Newmont en los últimos años de la década del 2000. Al igual

que Chucapaca, la mineralización en Japuoco no es la típica de Alta Sulfuración, no tiene un halo de alteración visible grande ni afloramientos de sílice masiva o sílice alunita con valores anómalos de oro. Justamente por estos motivos Newmont casi llega a deshacerse de las concesiones que abarcaba el proyecto, volviendo a sus manos luego de manera casi anecdótica durante la crisis del año 2008.

Siendo aún un proyecto en etapa inicial de exploración, los trabajos de perforación de los pocos taladros que se han perforado al momento en Japuoco, sumados al prolijo muestreo de superficie y al diligente mapeo, llevados a cabo por un equipo de geólogos liderado por José Trujillo, llevan a interpretar el depósito principal denominado Ipane, como un complejo de brechas que cortan la pila volcánica del Terciario del Grupo Tacaza (y se especula que al basamento sedimentario Jurásico también, que en el área se cree que está a poca profundidad debido a pequeños afloramientos en las cercanías y al juego de fallas que han basculado los bloques en horts y grabens), con mineralización de Cu, Au y Mo y con varios tipos de alteración sobrepuestos (IOCG, pórfido, skarn) en un contexto inédito en el Perú. Con otros depósitos satélites aún por desarrollar pero cada uno con su propia mineralogía, mineralización, litología, alteración, juego estructural y respuesta geofísica independiente, el proyecto Japuoco es ya de por sí un “bicho raro” y esperemos que J. Trujillo y su equipo publiquen sus trabajos en un futuro cercano para conocimiento de la comunidad geológica y que Japuoco se convierta en otro depósito de clase mundial, como todos los indicios lo sostienen.

Con estos ingredientes sobre la mesa, la Gerencia de Exploraciones Regional de los Andes de Newmont (Lewis Teal, Carl Schnell y Elmer Flores) vieron la oportunidad de generar una zona de interés en el Sur del Perú, para la prospección por yacimientos de clase mundial de Au, Ag y Cu del tipo Epitermal (alta, baja o intermedia), IOCG, Skarn, Carlin o Pórfidos, encomendándome la tarea de liderar el equipo que se encargaría de definirla y explorarla.

El presente Informe de Suficiencia presenta los esfuerzos y el trabajo hecho desde la delineación del Target hasta la ejecución de su exploración durante el año 2010 y parte del 2011, destacando los resultados obtenidos que colocan esta zona como muy prospectable para depósitos Au, Ag y Cu, a pesar de los inconvenientes surgidos por la coyuntura política en esta convulsionada zona del Perú.

### **III**

## **ANTECEDENTES**

Después del éxito obtenido en el descubrimiento y desarrollo de Yanacocha en los ochentas y noventas, Newmont llevó a cabo trabajos de prospección y exploración en todo del Perú. Específicamente en el Sur, los trabajos se llevaron a cabo durante la última parte de los noventas y la primera parte de la década del 2000, sin lograr equiparar el éxito de Yanacocha.

El objetivo era encontrar mineralización de Oro tipo Epitermal de Alta Sulfuración con afloramientos “tipo Yanacocha” con cerros de sílice masiva y brechas hidrotermales y áreas de alteración visual y mapeables que se extendieran por kilómetros, enmarcados en rocas volcánicas Terciarias y con la mena preferentemente “oxidada” para facilidad metalúrgica. Este enfoque parametrado llevó a los geólogos a dejar de lado minerales, rocas, alteraciones, mineralizaciones y edades que no encajaban en el modelo. Modelo que muy bien había dado resultado en Yanacocha, pero que no podía ser aplicado a rajatabla en todas partes como único.

Al no encontrar en el Sur del Perú indicios obvios de lo que buscaban, Newmont enfocó su exploración en otras áreas más “prospectables” de los Andes o en otros ambientes geológicos de otros países de Sudamérica, pero dejando una base de datos de reportes y muestras tanto de sedimentos de drenaje como de rocas, importantes en número y algunos con anomalías abiertas, las que ayudaron a definir las primeras zonas de alta prioridad a explorar, pero con un nuevo enfoque.

La Rescatada, Berenguela, Minas Ccori, Mazocruz, Lidia, Chucapaca, Tres Marías y Japuoco son algunas de las zonas que fueron visitadas, muestreadas, evaluadas y reportadas durante esta etapa inicial de exploración en el Sur del Perú, pero sin llegar a tomar un real interés en desarrollarlas como proyectos avanzados, generalmente por no cumplir con los requisitos “tipo Yanacocha”. Obviamente muchas de estas zonas, a pesar de no tener las características de Yanacocha, tienen su propio contenido metálico y en algunos casos se han convertido o están en camino a convertirse en minas (La Rescatada, Chucapaca), son trabajadas esporádicamente o informalmente (Berenguela, Minas Ccori) o son proyectos importantes en espera de dar el gran salto (Tres Marías, Lidia, Japuoco).

Dichos reportes y el muestreo realizado sirvieron también en este estudio para definir nuevas zonas de interés, pero enfocadas de manera diferente en el Sur del Perú.

## **IV**

### **OBJETIVOS**

El presente Informe de Suficiencia tiene como objetivos:

- Dar a conocer la metodología y los criterios para la creación de una franja de exploración regional.
- Difundir los hallazgos logrados en la prospección por Au, Ag y Cu en el sur del Perú durante los últimos años.
- Reconocer a la franja vulcano-sedimentaria del área de trabajo en el sur del Perú como altamente prospectable para yacimientos de clase mundial de Au, Ag y Cu, basado en un cambio en el enfoque tradicional de exploración y en los últimos descubrimientos.
- Obtener el Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

## V

### **UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

La zona que es materia del presente Informe se encuentra ubicada políticamente en los departamentos de Puno y Moquegua en el altiplano del sur del Perú, abarcando en gran parte el lado occidental de las provincias de Lampa, San Román, Puno, El Collao y Chucuito en Puno, y la parte oriental de las provincias Gral. Sánchez Cerro y Mariscal Nieto en Moquegua (Figura 1).

Geológicamente abarca tanto la franja de vulcanismo Oligoceno-Mioceno (Grupos Tacaza y Barroso y sus equivalentes locales) como las ventanas de rocas plegadas y sobreescurridas del basamento sedimentario del Jurásico-Cretácico (Grupos Lagunillas/Yura y Ayavacas) (Figura 2).

La extensión de esta zona de estudio es de aproximadamente 250 Km. en dirección NW x 80 Km. en dirección NE. Las altitudes de la zona de estudio varían entre 3500 y 4800 m.s.n.m.



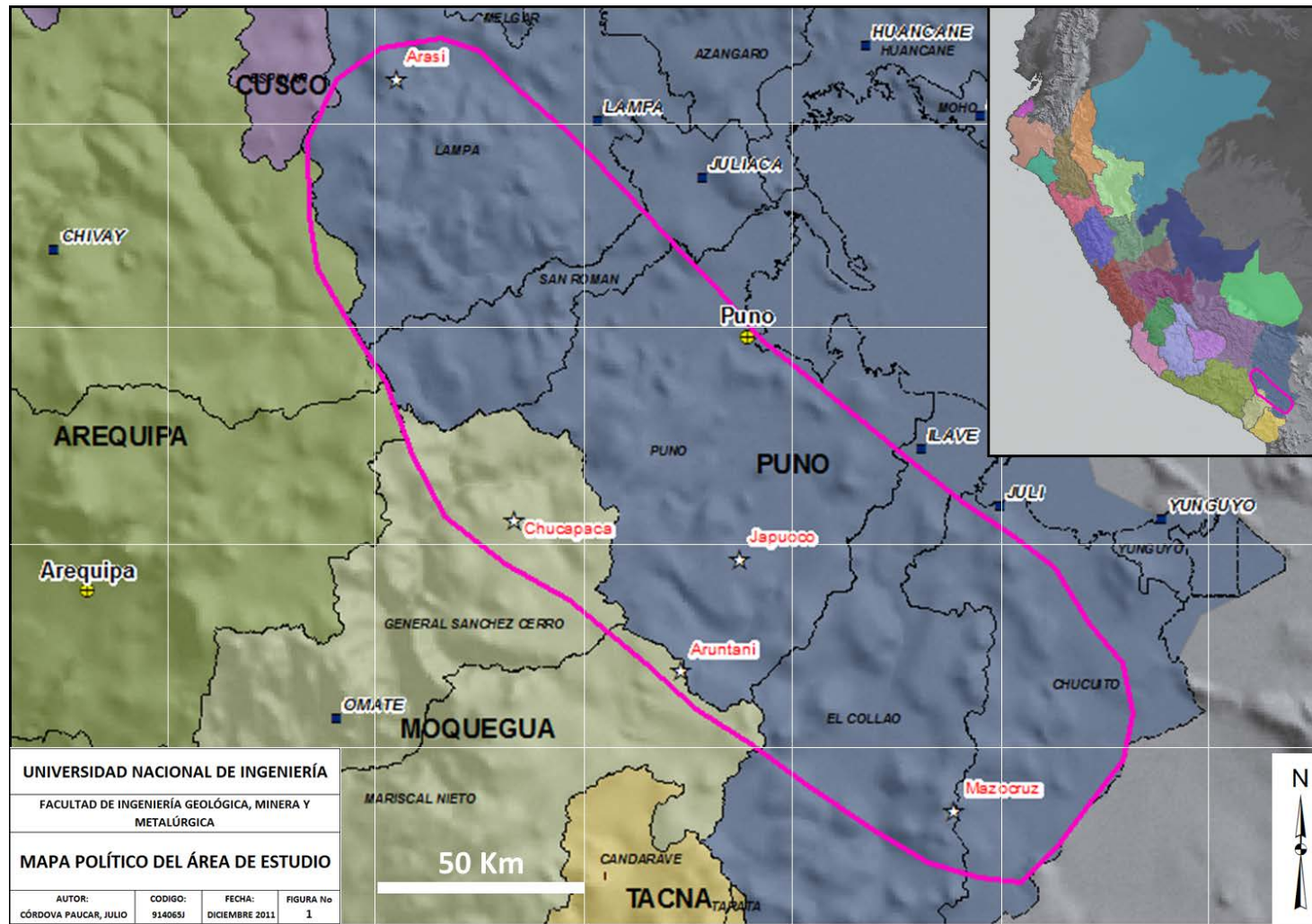


Figura 1: Mapa Político del Área de Estudio con la ubicación de las principales ocurrencias que ayudaron a definir la Franja de Exploración Regional.

Las ciudades principales de la zona son Puno y Juliaca. De Lima hay vuelos diarios de algo más de 1 hora a Juliaca y de ahí son 45 minutos en carretera asfaltada a Puno. De Arequipa por carretera asfaltada a Juliaca son cerca de 6 horas. La extensa red de carreteras afirmadas nos permite el acceso a casi toda la zona de trabajo.

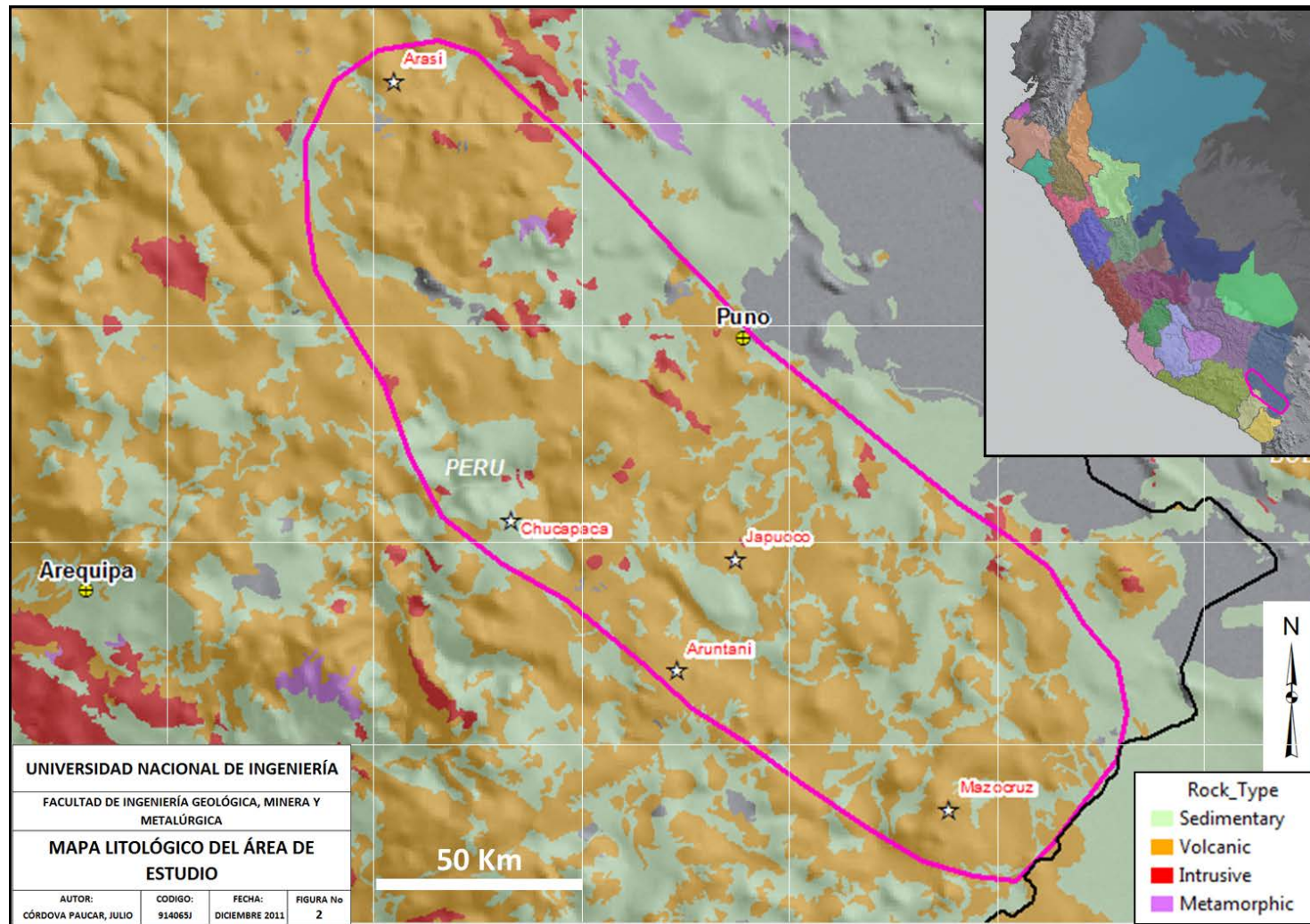


Figura 2: Mapa Geológico del Área de Estudio con las principales unidades litológicas.

## VI

# METODOLOGÍA

### **1. Recopilación de información existente tanto de la base de datos de**

#### **Newmont como de fuentes externas:**

- Análisis geoquímicos de rocas, análisis geoquímicos de sedimentos de drenaje, análisis geoquímicos de muestras tipo Bleg (Base de datos de Newmont).
- Análisis geoquímicos de sedimentos de drenaje (Base de datos del Ingemmet).
- Reportes geológicos de brigadas anteriores de Newmont.
- Imágenes de Sensores Remoto de la zona de estudio: Aster, Landsat 321 y 741, y sus respectivas interpretaciones por expertos en Sensores Remotos.

- Data digital geológica: hojas geológicas actualizadas del Ingemmet 1:100,000 y 1:50,000 donde hubiese, ya sea en forma de raster (imagen) o shape (rasgos vectoriales individualmente digitalizados).
- Data geológica compilada en el estudio del ARFS (Andean Regional Framework Study, estudio interno de Newmont).
- Data digital topográfica existente: hojas 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), ya sea en forma de raster (imagen) o shape (rasgos vectoriales individualmente digitalizados).
- Base de datos de Ocurrencias en el área de estudio.
- Estructuras y lineamientos interpretados por consultores y expertos.
- Estudios regionales de prospección geofísica. Se ubicó un estudio Airborne Magnetic (Magnetometría Aérea).
- Dataciones radiométricas (información pública).
- Información geográfica (límites políticos, ciudades, carreteras, hidrografía, etc.).
- Catastro Minero actualizado e identificando a los principales competidores.
- Últimos estudios regionales de la zona, especialmente del Ingemmet.

## **2. Análisis y tratamiento de la información inicialmente recopilada:**

- Tratamiento estadístico de la data geoquímica de Newmont, para muestras de roca, sedimento y Bleg. Definición de anomalías y rangos para los principales elementos. Tratamiento estadístico independiente para la base de datos del Ingemmet por tener límites de detección y procesamiento en el laboratorio diferentes.
- Actualización de la base de datos de Ocurrencias, desactualizada desde el 2008. Ingreso de los últimos descubrimientos y actualización de la información sobre producción de mineral de las minas operativas o de reservas/recursos de los proyectos.
- Interpretación de la información geofísica del estudio Airborne Magnetic. Al cruzar con la información estructural existente se definió estructuras principales regionales (fallas, contactos, etc.). También ayudó a diferenciar litologías regionales (vulcanismo vs. intrusivos vs. rocas sedimentarias) basadas en sus respectivas respuestas magnéticas.
- Identificación de Metalotectos regionales basado en la litología hospedante de los principales prospectos, proyectos y minas.
- Análisis de las imágenes Aster, Landsat y Google Earth para definir áreas de alteración visible y rasgos particulares que se identificaron como importantes previamente, tales como domos riolíticos-riodacíticos, intrusivos, conos volcánicos recientes, etc.

### **3. Trabajo de Campo:**

- Muestreo de Sedimentos de Drenaje para análisis tradicional y tipo Bleg (Bulk Leach Extractable Gold u Oro Extraible por Lixiviación en Volumen, Tecnología de Newmont).
- Seguimiento de anomalías de Sedimentos/Bleg, tanto de las históricas como las recientemente generadas.
- Muestreo de rocas tipo chips (esquirlas).
- Mapeo regional a escala 1:25,000 y 1:10,000 en las zonas cercanas al proyecto Japuoco y a otros prospectos de interés.
- Muestreo de rocas tipo canales en prospectos de interés.
- Evaluación de oportunidades y ofrecimientos de terceros.

### **4. Análisis e Interpretación de los Resultados:**

- Modelos conceptuales de los prospectos encontrados, creación de secciones esquemáticas conceptuales.
- Denuncios mineros de las áreas de interés.

## VII

### **DELINEACIÓN DE LA FRANJA REGIONAL**

Siendo Arasi (ex La Rescatada) y Aruntani las únicas minas conocidas del tipo Alta Sulfuración en el Sur del Perú y conociendo a Mazocruz como un Prospecto importante cuya alteración y mineralización fueron reportadas por las brigadas de Newmont a inicios de la década pasada, además del descubrimiento emergente de Chucapaca como un depósito de clase mundial (en ese momento no se sabía de sus recursos, pero se sabía por comunicaciones personales que sus taladros estaban intersectando altas leyes de oro), se definió que el área de estudio o franja regional estuviera limitado al noroeste por Arasi, al sureste por Mazocruz (cerca de la frontera con Bolivia), al suroeste por el corredor Chucapaca-Aruntani y al noreste por el término de los afloramientos de rocas volcánicas que coincide casi con el borde occidental del Lago Titicaca (Figura 2). Una vez delimitado el área de estudio, se procedió a recopilar y/o actualizar toda la data existente en la base de datos de Newmont que estuviera dentro del área, se integra toda la información en ArcGIS y se crea un Folio digital a la escala adecuada que abarque toda la zona de estudio. La



escala que se eligió para trabajar el folio fue 1:250,000 por ser la que abarca toda la franja.

La data recopilada y/o actualizada incluye:

### **1. Ubicación de Ocurrencias, Minas y Proyectos importantes.**

El proyecto denominado ARFS (Andes Regional Framework Study o Estudio de Marco Regional de los Andes), llevado a cabo de manera profesional, científica y sistemática por parte de profesionales, especialistas y consultores para integrar toda la data geológica existente tanto de Newmont como externa de todos los Andes de Sudamérica permitió tener una base de datos de ocurrencias con un gran número de datos en el 2008 (aunque no toda la información estaba actualizada hasta ese año), fecha de culminación del proyecto. Los descubrimientos recientes, los prospectos de terceros que pasaban a la categoría de proyectos avanzados, las minas que aumentaban sus reservas y los mismos proyectos de Newmont trabajados desde esa fecha no estaban incluidos en dicha base de datos de ocurrencias o estaban mal ubicados. Parte del trabajo inicial en la franja fue actualizar, limpiar (había más de un punto para una misma ocurrencia, por ejemplo), validar y reubicar las ocurrencias dentro del área de estudio.

Los ejemplos más prácticos son: la actualización de Chucapaca de simple “ocurrencia” a “Proyecto Avanzado”, la creación de Japuoco como ocurrencia, la actualización de la producción y reservas de las minas en el área: Arasi y

Aruntani; el ingreso a la base de datos de ocurrencias que se encontraban/visitaban a medida que se avanzaba la exploración (Minas Ccori, Cotaña, Jacune, Tassa, etc.) y la reubicación en el lugar correcto de ciertas ocurrencias mal ubicadas (Berenguela, Los Rosales, Tres Marías, etc.). Esta actualización nos permitió conocer también los tipos de mineralización existentes en el área: Alta Sulfuración en Arasi, Aruntani y Mazocruz; vetas/estructuras en Pichacani, Tres Marías y Minas Ccori; relacionados a brechas en Larepata, Chucapaca, Japuoco, etc. además de los minerales de mena y el tamaño de los depósitos en cada caso.

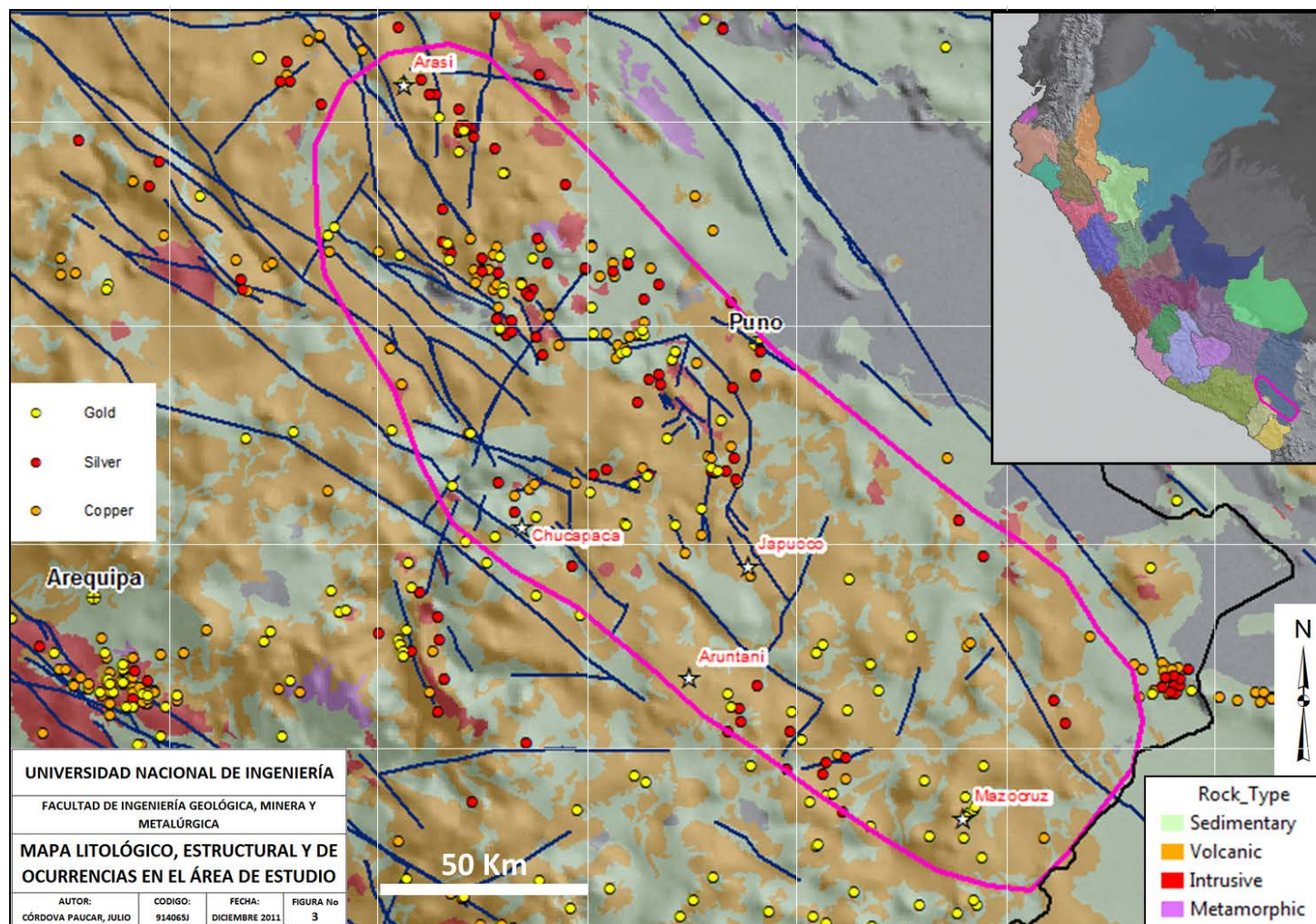


Figura 3. Mapa Litológico mostrando las principales estructuras regionales y ocurrencias de Au, Ag y Cu compiladas en el Área de Estudio.

## **2. Geología Regional: Identificación de Metalotectos Regionales y Definición de Trends Estructurales y Plegamientos.**

La correcta y actualizada ubicación de las ocurrencias nos permitió conocer los tipos y edades de las rocas hospedantes en cada caso: Volcánicos del Mioceno Superior en Arasi, Aruntani y Mazocruz, rocas sedimentarias plegadas y sobre-escurridas del Jurásico-Cretáceo en Berenguela, Chucapaca, Minas Ccori, Tassa, etc., así como las estructuras que gobiernan su emplazamiento: Falla Inversa Cusco-Lagunillas-Mañazo en Lidia, Minas Ccori, Larepata, Cotaña, Japuoco (Figura 4); asociación con domos riolíticos-riodacíticos en Tassa, Jacune, Japuoco; o con intrusivos dioríticos como en Berenguela, Larepata, Cotaña, Los Rosales.

Siguiendo las fallas y plegamientos se observó algunos “juegos” EW dentro de la tendencia regional NW, lo cual se consideró como favorable también.

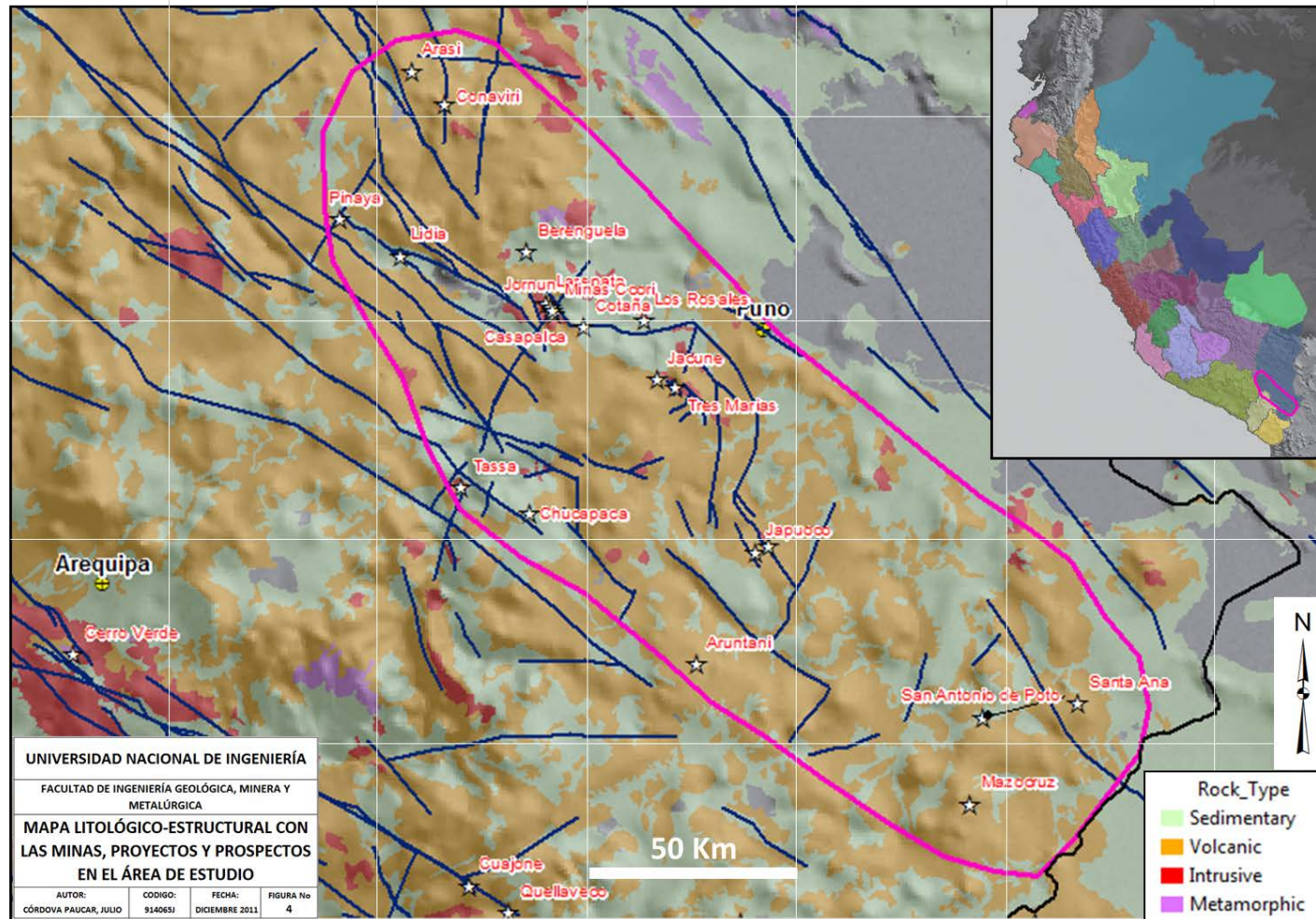


Figura 4. Mapa Litológico mostrando los principales Minas, Proyectos y Prospectos actualizadas dentro del Área de Estudio. Note el lineamiento entre Pinaya, Lidia, Jornune, Minas Ccori, Cotaña y Los Rosales, que se extiende hacia el SE hasta Japuoco.

### **3. Uso de Imágenes Satelitales y Sensores Remoto: Aster, Landsat 321 y 741, Google Earth.**

Las imágenes Aster requieren un tratamiento (interpretación) previa por un especialista en Sensores Remotos, luego de lo cual se puede obtener los siguientes productos:

- Silice (Cuarzo de alteración, pero también se puede confundir con el cuarzo de las rocas silíceas o silico-clásticas, como riolitas, cuarcitas y areniscas cuarzosas)
- Hidróxidos de Aluminio (AlOH)
- Hidróxidos (Alunita y afines, Arcillas de las familias Dickita, Illita (Sericita), Caolinita, Esmectita, Pirofilita, etc.)
- Óxidos de Hierro (FeOx)
- Rocas Calcáreas (CaCO<sub>3</sub>)

Las imágenes satelitales Landsat 321 y 741, que tienen una resolución de 30x30m nos permiten visualizar, caracterizar y “mapear” remota pero directamente sobre la imagen rasgos tales como:

- Áreas de alteración, visibles en colores claros (blancos, amarillentos o anaranjados claro según el ensamble de alteración), de bordes difusos y de formas y tamaños diversos, generalmente asociados a ocurrencias existentes y/o a centros volcánicos recientes (Figura 5).

- Domos riolíticos-riodacíticos, generalmente pequeños (un par de kilómetros cuadrados a lo mucho), de colores blancos a cremas y de formas característicamente circulares a ovalados con bordes claramente definidos.
- Centros volcánicos recientes, con la forma cónica característica, tanto la estructura radial como el flujo lávico son visibles. Generalmente son de colores oscuros (marrones a rojo oscuro), pero con el centro o una parte del borde a veces alterado (en colores claros).
- Intrusiones, generalmente rugosas en textura, en colores anaranjado oscuro a rojo claro, de formas y extensiones diversas.
- Rocas sedimentarias y sus rasgos: secuencias pelíticas de colores oscuros y en capas finas y más erosionadas, secuencias areniscosas de colores rojizos y de topografía positiva, secuencias calcáreas de colores gris claro y topografía positiva. Se puede distinguir inclusive rumbo y buzamiento de las capas, plegamientos, cabalgamientos y cambios de color en contacto con rocas intrusivas o volcánicas.
- Diferencias en las rocas volcánicas: flujos lávicos, tufos de caída (cenizas).
- Estructuras dominantes, lineamientos, fallas, contactos.

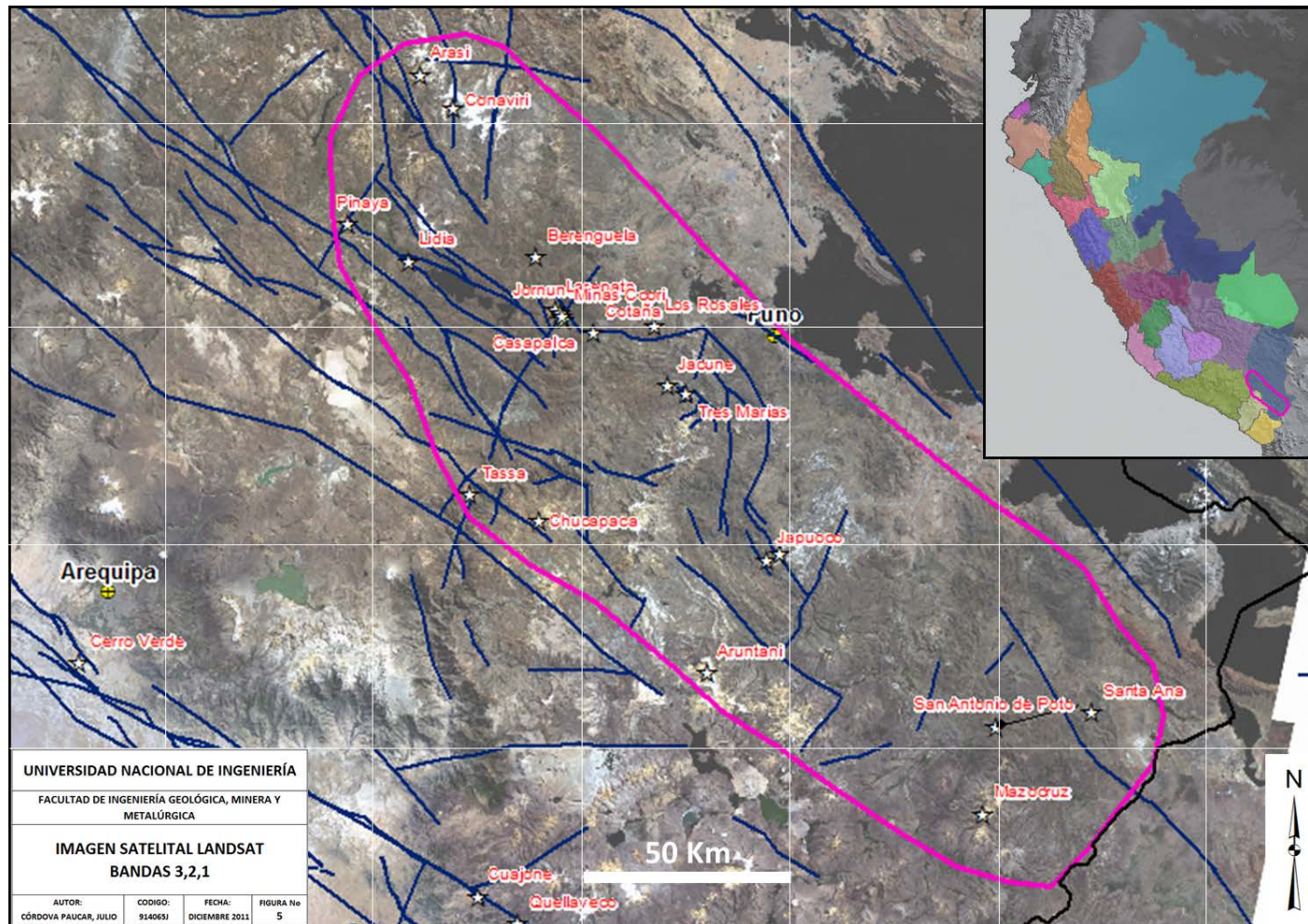


Figura 5. Imagen Satelital Landsat en combinación 321. Pueden notarse extensas áreas de alteración en colores blanquecinos-amarillentos en Aruntani, Chucapaca y Mazocruz.



La diferencia entre las imágenes Landsat es que la imagen de combinación 321 representa un “color verdadero”: las rocas oscuras aparecen como oscuras y las claras son claras, es como una “foto” convencional; mientras que la imagen de combinación 741 realza las diferentes litologías en colores diferentes, se pueden diferenciar contactos, alteraciones, agua, nieve, etc.

El software Google Earth en algunos casos posee imágenes satelitales con resolución parecida a las Landsat 321, pero con la salvedad que se pueden visualizar en 3D y además permite importar rasgos de ArcGis (litología, estructuras, etc.), lo cual permite comprobar, validar y mejorar las interpretaciones hechas a partir de las imágenes Landsat. Cuando la imagen de Google Earth es de menor resolución, se obvia la comparación con Landsat y se prefiere éste último.

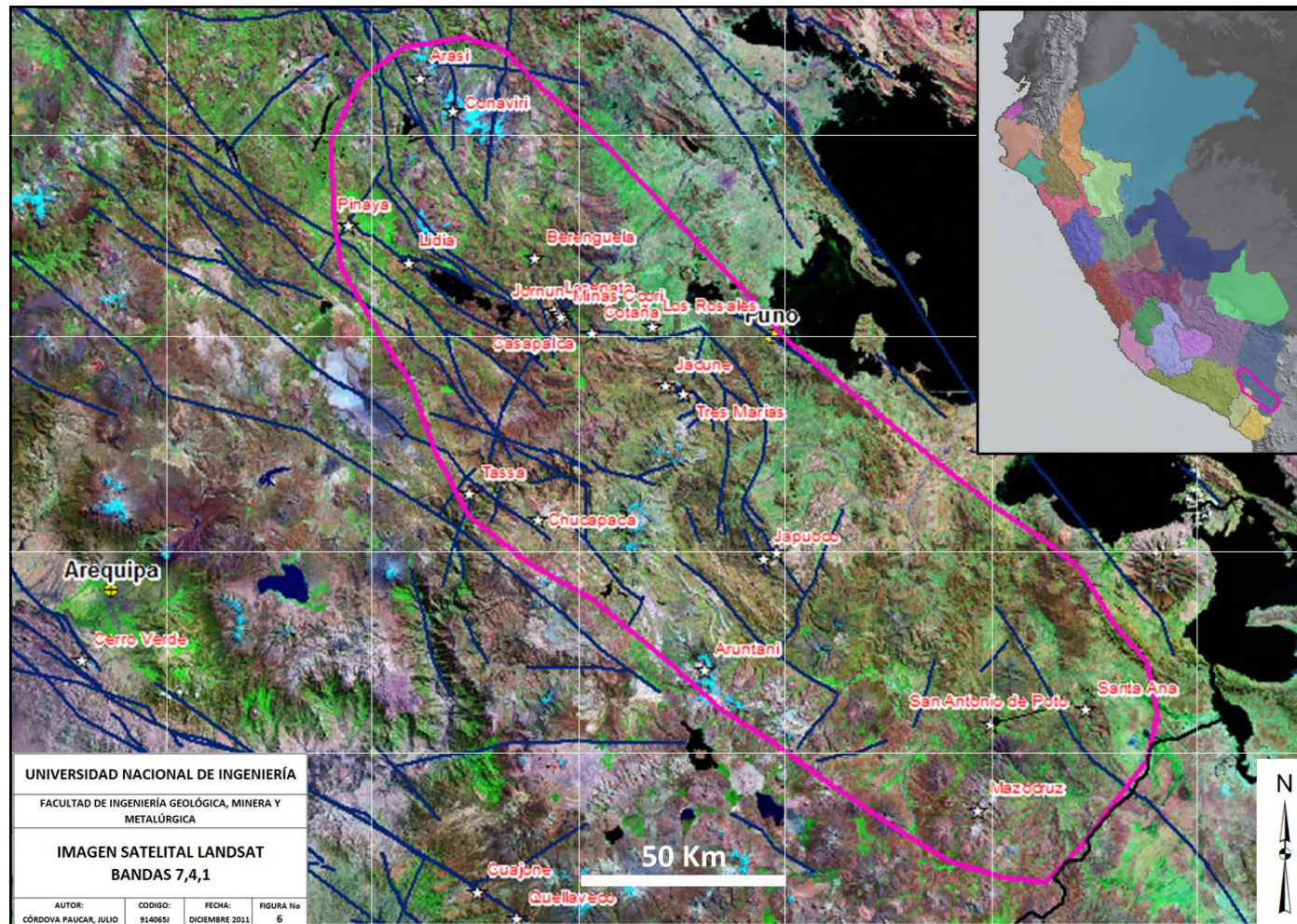


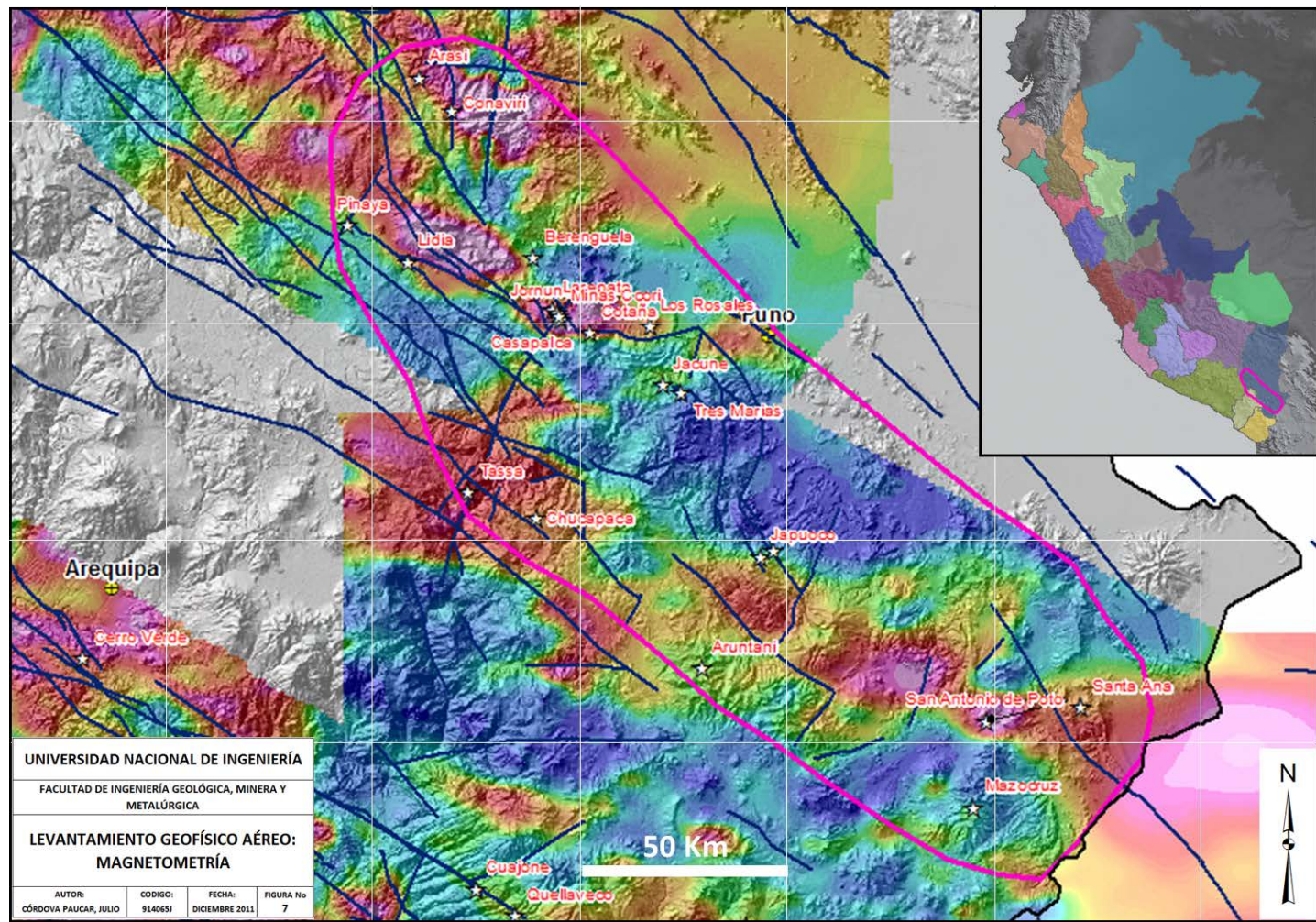
Figura 6. Imagen Satelital Landsat en combinación 741. Se puede notar las diferentes tonalidades de las diversas litologías, los picos nevados y alteración en celeste.

#### **4. Interpretación de la Data Geofísica Aérea: Magnetometría.**

La data del estudio Airborne Magnetic existente en la base de datos de Newmont nos permitió identificar las estructuras principales regionales (lineamientos, fallas, contactos, etc.) que delimitan los bloques regionales de rocas de diferente composición (vulcanismo vs. intrusivos vs. rocas sedimentarias) basadas en sus respectivas respuestas magnéticas. Al cruzar esta información con la data de interpretación estructural hecha previamente por consultores y expertos, se definió, validó y mejoró las principales estructuras del área de estudio, tal como el juego de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo, así como los quiebres por estructuras trans-arco, que son muy prospectables en sus intersecciones con las fallas de rumbo andino o en sí mismas al actuar como corredores para el ascenso de intrusión/mineralización.

Se entiende que las fallas previamente mapeadas y/o identificadas que no coinciden con los lineamientos (quiebres) magnéticos no son de gran profundidad (y por ende no son de gran importancia) mientras que las que sí coinciden son muy prospectables por ser suturas profundas.

Áreas de bajos magnéticos dentro de una franja de rocas que tienen respuesta magnética alta se interpretan como alteración hipógena por la destrucción de la magnetita primaria de las rocas. Esto sucede más comúnmente (pero no únicamente) en rocas volcánicas.



**Figura 7. Data Magnética proveniente de un Levantamiento Aéreo. Note que las principales estructuras y lineamientos corresponden con cambios en la respuesta magnética.**

## **5. Trabajos de Prospección y Exploración Anteriores. Tratamiento Estadístico de los Datos.**

La base de datos histórica de Newmont incluye numerosas muestras de sedimentos de drenaje y Bleg, así como de rocas tomadas durante fines de la década de los 90 e inicios de la década de 2000. Cada prospecto explorado generaba su propio reporte que también iba a una base de datos.

El Ingemmet ofrece al público también una base de datos de muestreo de sedimentos de drenajes que muchas veces cubría áreas no exploradas previamente por Newmont.

Todas estas bases de datos geoquímicas merecieron un tratamiento estadístico independiente por tratarse de muestreos con técnicas diferentes (sedimentos de drenaje pasados a malla -80 vs. Bleg a malla -200), objetivos diferentes (rocas vs. sedimentos de drenaje), u orígenes diferentes (Newmont vs. Ingemmet).

Al final del tratamiento estadístico se obtuvieron el background o abundancia promedio y el threshold o umbral de cada base de datos, definiendo los rangos de las anomalías geoquímicas con estos resultados, considerando como anomalía Baja a los valores por debajo del background, Moderada a los valores entre el background y el threshold, Alta por encima del threshold y Muy Alta a los valores que excedían largamente el threshold.

El tratamiento estadístico que se realizó en las bases de datos de sedimentos de drenaje y de Bleg fue para los elementos Au, Ag y Cu, mientras que en la base de datos de rocas se realizó para los elementos Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, As, Sb, Bi y Hg.

Cada dato de muestreo de rocas se consideró como un punto para efectos de ploteo, pero para las muestras de sedimentos y Bleg se creó un área que delineaba la cuenca que había aportado los sedimentos al drenaje.

La lectura de los reportes antiguos (donde los hubiera) nos daba una idea clara del objetivo, enfoque y metodología de exploración de ese entonces, lo cual nos permitía ampliar, re-direccionar o cambiar el enfoque/objetivo de la exploración en un prospecto o área determinada, o de aceptar las conclusiones ofrecidas como válidas y desechar el área/prospecto para futuras exploraciones y enfocarnos en otras zonas, lo cual nos ahorró mucho tiempo al no hacer un doble trabajo sabiendo que se va a llegar a la misma conclusión.

**Definición de Anomalías y Rangos de los principales elementos**

Au	ppb	ppm
	< 30	< 0.03
	30 - 50	0.03 - 0.05
	50 - 100	0.05 - 0.10
	100 - 200	0.10 - 0.20
	200 - 300	0.20 - 0.30
	300 - 500	0.30 - 0.50
	500 - 1,000	0.50 - 1
	1,000 - 2,000	1 - 2
	> 2,000	> 2

Cu	ppm	%
	< 200	< 0.02
	200 - 500	0.02 - 0.05
	500 - 1000	0.05 - 0.10
	1000 - 2500	0.10 - 0.25
	2500 - 5000	0.25 - 0.50
	5000 - 7000	0.50 - 0.70
	7000 - 10,000	0.70 - 1
	10,000 - 20,000	1 - 2
	> 20,000	> 2

Ag (ppm)	
	< 1
	1 - 2
	2 - 5
	5 - 10
	10 - 20
	20 - 30
	30 - 50
	50 - 100
	> 100

Mo	ppm	%
	< 2	
	2 - 10	
	10 - 20	0.001 - 0.002
	20 - 30	0.002 - 0.003
	30 - 40	0.003 - 0.004
	40 - 50	0.004 - 0.005
	50 - 100	0.005 - 0.010
	100 - 200	0.01 - 0.02
	> 200	> 0.02

Hg (ppm)	
	< 0.5
	0.5 - 1
	1 - 2
	2 - 5
	5 - 10
	> 10

Sb (ppm)	
	< 10
	10 - 30
	30 - 100
	100 - 500
	500 - 1,000
	> 1,000

As (ppm)	
	< 50
	50 - 100
	100 - 500
	500 - 1,000
	1,000 - 5,000
	> 5,000

Ba (ppm)	
	< 50
	50 - 100
	100 - 250
	250 - 500
	500 - 1,000
	> 1,000

Bi (ppm)	
	< 1
	1 - 5
	5 - 10
	10 - 30
	30 - 100
	> 100

Te (ppm)	
	< 1
	1 - 2.5
	2.5 - 5
	5 - 10
	10 - 20
	> 20

Pb (ppm)	
	< 100
	100 - 500
	500 - 1,000
	1,000 - 5,000
	5,000 - 10,000
	> 10,000

Zn (ppm)	
	< 100
	100 - 500
	500 - 1,000
	1,000 - 5,000
	5,000 - 10,000
	> 10,000

Mn (ppm)	
	< 50
	50 - 100
	100 - 500
	500 - 1,000
	1,000 - 5,000
	> 5,000

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA			
<b>RANGOS GEOQUÍMICOS PARA ROCAS</b>			
AUTOR:	CODIGO:	FECHA:	FIGURA No
CÓRDOVA FAUCAR, JULIO	9140631	DICIEMBRE 2011	8

**Figura 8. Definición de Rangos para datos de Rocas de los Principales elementos, basado en el Tratamiento Estadístico de los datos existentes.**

**BLEG**

Au	ppb
	< 1
	1 - 2
	2 - 5
	5 - 10
	> 10

**Sedimentos de Drenaje**

Au	ppb
	< 10
	10 - 50
	50 - 250
	250 - 1000
	> 1000

Ag	ppb
	< 10
	10 - 50
	50 - 250
	250 - 1000
	> 1000

Ag	ppm
	< 0.1
	0.1 - 0.5
	0.5 - 1
	1 - 2
	2 - 5
	> 5

Cu	ppm
	< 1
	1 - 2
	2 - 5
	5 - 10
	> 10

Cu	ppm
	< 10
	10 - 50
	50 - 100
	100 - 500
	> 500

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA			
<b>RANGOS GEOQUÍMICOS PARA MUESTRAS TIPO BLEG Y SEDIMENTOS DE DRENAJE</b>			
AUTOR: CÓRDOVA PAUCAR, JULIO	CODIGO: 914065J	FECHA: DICIEMBRE 2011	FIGURA No 9

Figura 9. Definición de Rangos para datos de muestras tipo Bleg y Sedimentos de Drenaje de los principales elementos, basado en el Tratamiento Estadístico de los datos existentes en la base de datos de Newmont.



## VIII

### **DEFINICIÓN DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE EXPLORACIÓN**

Teniendo todos los datos y herramientas juntas en una base de datos limpia y actualizada, y una vez definida el área a explorar, se cruza toda la información recopilada para generar objetivos específicos de exploración. Los objetivos enmarcarían las zonas más prospectables dentro del área regional de interés, en función a la convergencia de los rasgos geológicos, estructurales y económicos comunes encontrados en los diferentes prospectos, proyectos, minas y ocurrencias, reforzados por las anomalías geoquímicas encontradas en la base de datos y las anomalías visibles encontradas en las Imágenes Remotas, entre otros factores.

A la vez que se colectaba y actualizaba la información existente dentro del área de estudio, se iba identificando los factores más importantes para tener en cuenta a ser prospectados, dentro de cada set de datos, tales como:

## **1. Litología Favorable: Metalotectos.**

En función de la litología de los prospectos/minas a seguir como ejemplo para prospectar, se definió que los Metalotectos o rocas/rasgos geológicos (y su contexto dentro de la columna estratigráfica regional) favorables para albergar mineralización y por tanto para enfocar la exploración serían (sin ningún orden en particular):

- Rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno (Grupos Tacaza, Barroso Inferior y sus equivalentes locales).
- Ventanas de rocas sedimentarias plegadas y sobre-escurridas del Jurásico-Cretáceo del Grupo Yura/Lagunillas (de preferencia las secuencias calcáreas y/o pelítico-carbonosas como las Formaciones Cachíos, Labra y Gramadal), así como las calizas Ayavacas del Cretáceo.
- Estructuras dómicas de rocas volcánicas ácidas (riolíticas-riodacíticas).
- Stocks de rocas intrusivas, generalmente de composición diorítica.

Si hay convergencia de rasgos en una misma área, mejor. La prospectividad de un área aumenta a medida que aumenta el número de rasgos convergentes.

## **2. Estructuras Regionales Favorables.**

- Fallas Regionales Inversas de rumbo andino, como el sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo, especialmente en las zonas donde tienen un “juego” EW. Estas fallas generalmente ponen en contacto rocas sedimentarias Cretácicas con rocas Terciarias (Grupo Puno o Volcánicos Tacaza).
- Fallas/lineamientos trans-arco (rumbo NE que cortan a las de rumbo andino).
- El cruce de las anteriores se considera una zona altamente prospectable.

## **3. Zonas de Alteración.**

Las zonas de alteración provienen de dos fuentes: las generadas por la interpretación de imágenes Aster por un especialista en Sensores Remoto y las generadas por la interpretación visual de Imágenes Landsat 321 y 741 cruzada con Imágenes Google Earth donde fuera posible.

Las mayores zonas de alteración visible corresponden a las minas Tucari y Santa Rosa (Aruntani), al Proyecto Chucapaca (especialmente en la zona volcánica) y al Prospecto Mazocruz.

El Proyecto Japuoco no genera una zona de alteración visual tan grande como las anteriormente mencionadas, pero aun así genera su propia firma visual, sobre todo en las zonas con características epitermales y de vetas. El depósito principal, Ipane, posee un ensamble de alteración actinolita ( $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ) - escapolita ( $(\text{Na},\text{Ca})_4(\text{Si},\text{Al})_{12}\text{O}_{24}(\text{Cl},\text{CO}_3,\text{SO}_4)$ )  $\pm$  especularita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), lo cual no le da una anomalía visual notoria como en los depósitos epitermales de alta sulfuración arriba mencionados. Es por eso que al momento de interpretar áreas de alteración en las imágenes remotas, se trató de buscar sutiles áreas de alteración en lugar de grandes áreas fácilmente reconocidas en campo como en imágenes. Por lo tanto el peso que se le dio a la alteración al momento de generar targets no fue tan grande como en el caso de si se tratara de buscar depósitos epitermales clásicos.

#### **4. Anomalías Geoquímicas.**

El mayor peso al momento de generar targets lo lleva las anomalías tipo Bleg. En orden de prioridad: Au, Ag y Cu, aunque esto no es estricto.

El ejemplo más típico es Chucapaca: Newmont exploró en el pasado la zona de alteración evidente en los volcánicos, con muestreo de rocas que no dio mayores resultados en Oro. Lo mismo ocurrió en los valores de Oro en las muestras de Bleg que provenían de los volcánicos alterados: bajos (alrededor de 1 ppb), lo cual confirmaba los valores bajos en los afloramientos así que Newmont se alejó. Lo curioso es que hubo una cuenca que reportaba valores

altos en Plata (cientos de ppm's) y cuya cabecera está donde existe un pequeño afloramiento de la brecha que es materia del recurso principal de Chucapaca y que nunca fue explorada por Newmont por estar en rocas sedimentarias sin alteración visible notable. Primera lección aprendida.

El segundo peso geoquímico para generar targets lo llevan las anomalías en las muestras de rocas (rodados) tomados al mismo tiempo que se tomaron las muestras de sedimentos y que aún no hayan sido seguidas con exploración de la cuenca aguas arriba. En este caso la muestra puede que no tenga valores altos en metales preciosos (Au, Ag) pero sí en metales base (Cu, Pb, Zn) o en elementos traza (As, Sb, etc.), lo cual indicaría un sistema de alteración/mineralización por explorar.

El tercer peso geoquímico lo llevan las anomalías en muestras tomadas en prospectos previamente visitados, muestreados, reportados y descartados por Newmont al no ser “como Yanacocha” pero cuyas anomalías están abiertas a interpretaciones diferentes. Se sabe que previo a su descubrimiento, en Chucapaca se tenía una anomalía sutil de Zn en rocas, lo que a cualquier geólogo hubiera hecho pensar en un sistema de metales base, distal a un epitermal Au-Ag clásico (que es lo que se buscaba). Segunda lección aprendida.

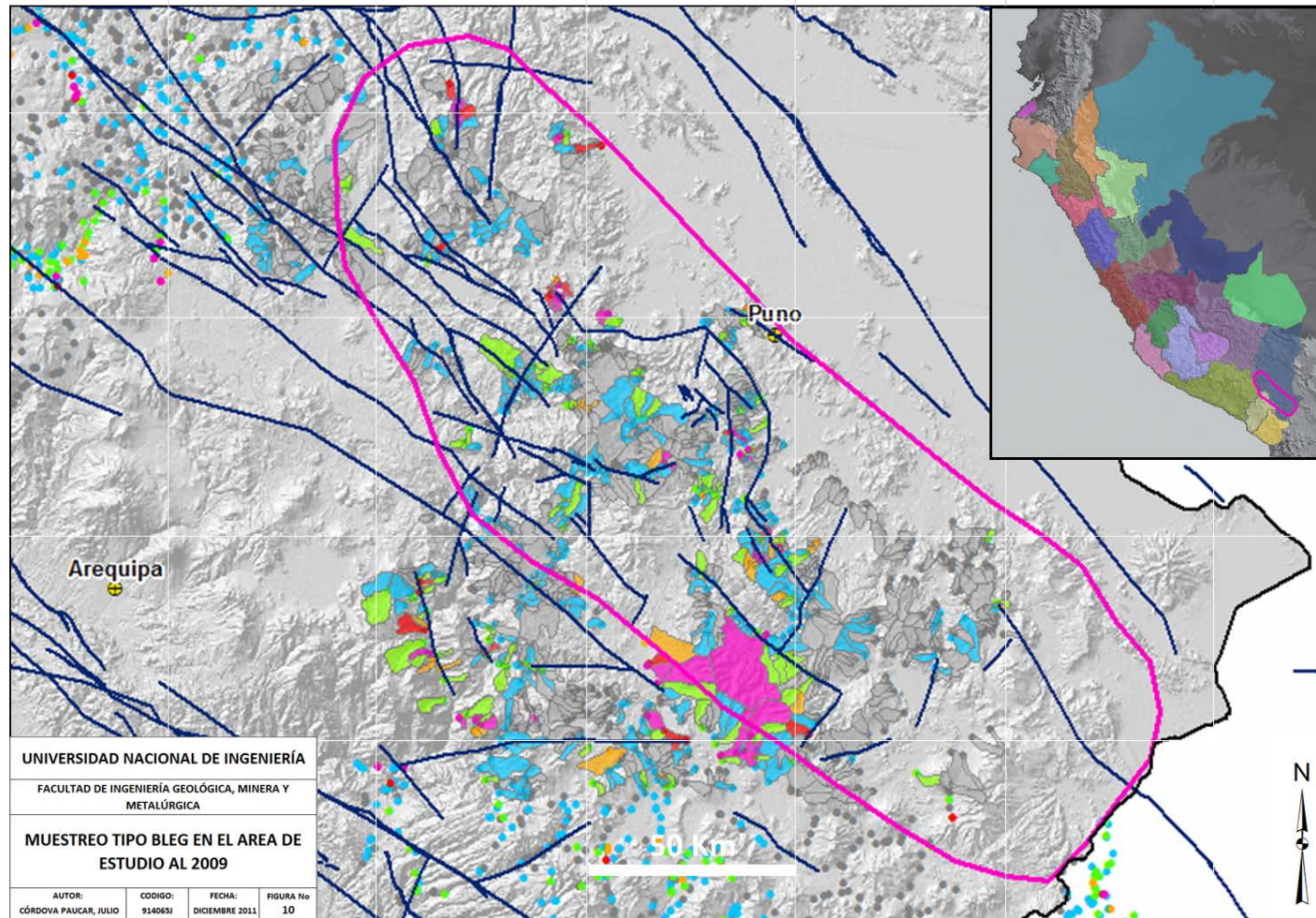


Figura 10. Estatus del muestreo tipo Bleg en el Área de Estudio previo al inicio del mismo. Cada muestra puntual genera un área individual que representa la cuenca de donde provienen los sedimentos del drenaje. La gran anomalía magenta corresponde a Aruntani.

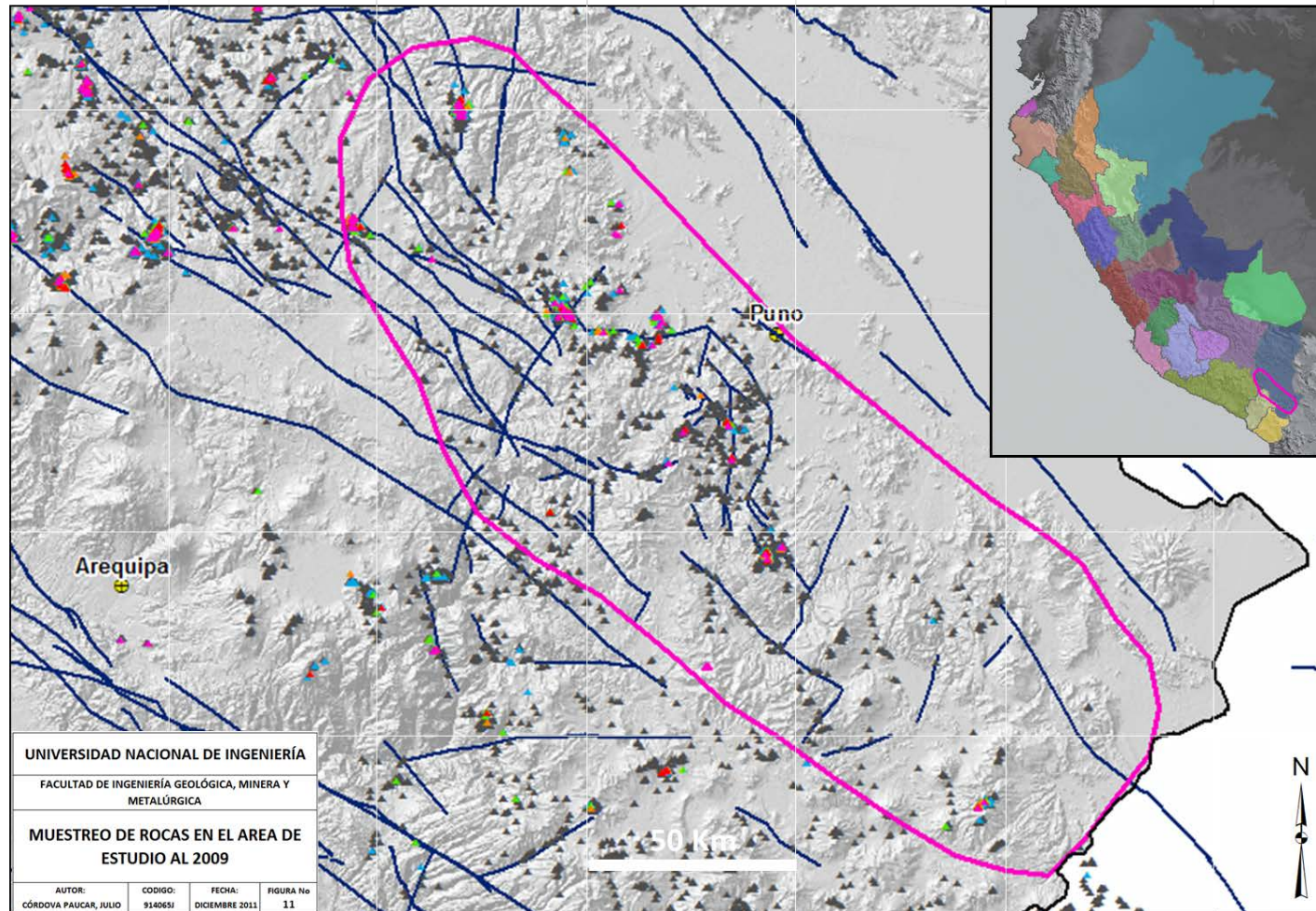


Figura 11. Estatus del muestreo de rocas en el Área de Estudio previo al inicio del mismo.

El siguiente peso lo llevan las anomalías en muestras de sedimentos tomadas por el Ingemmet en cuencas que no hayan sido muestreadas por Newmont. Al ser data pública lo más probable es que ya hayan sido exploradas por otras compañías.

Donde coinciden, las anomalías del Ingemmet generalmente confirman las anomalías de Newmont, aunque al tener un nivel de detección más alto que las muestras de Bleg de Newmont, son menos numerosas. Hay targets de Newmont generados con anomalías de Bleg en Oro de 3-4ppb's, mientras que el nivel de detección del Ingemmet es de 5 ppb's.

## **5. Catastro Minero.**

El último filtro al momento de generar targets específicos de exploración dentro de la zona de interés es el cruce con la información del Catastro Minero del Ingemmet.

Se busca zonas con las siguientes prioridades:

1. Que no tengan denuncios.
2. Que tengan poca densidad de denuncios de terceros (personas particulares o empresas mineras pequeñas).
3. Con moderada densidad de denuncios que sean de terceros pero que no tengan denuncios de compañías mineras grandes.



4. Que tengan denuncios de compañías consideradas “aliados”, con las que se pueda llegar a un acuerdo o con las que ya tengamos un acuerdo vigente.

Una base de datos del Catastro Minero actualizada y con los competidores y aliados bien definidos e identificados por colores ayuda mucho en esta etapa.

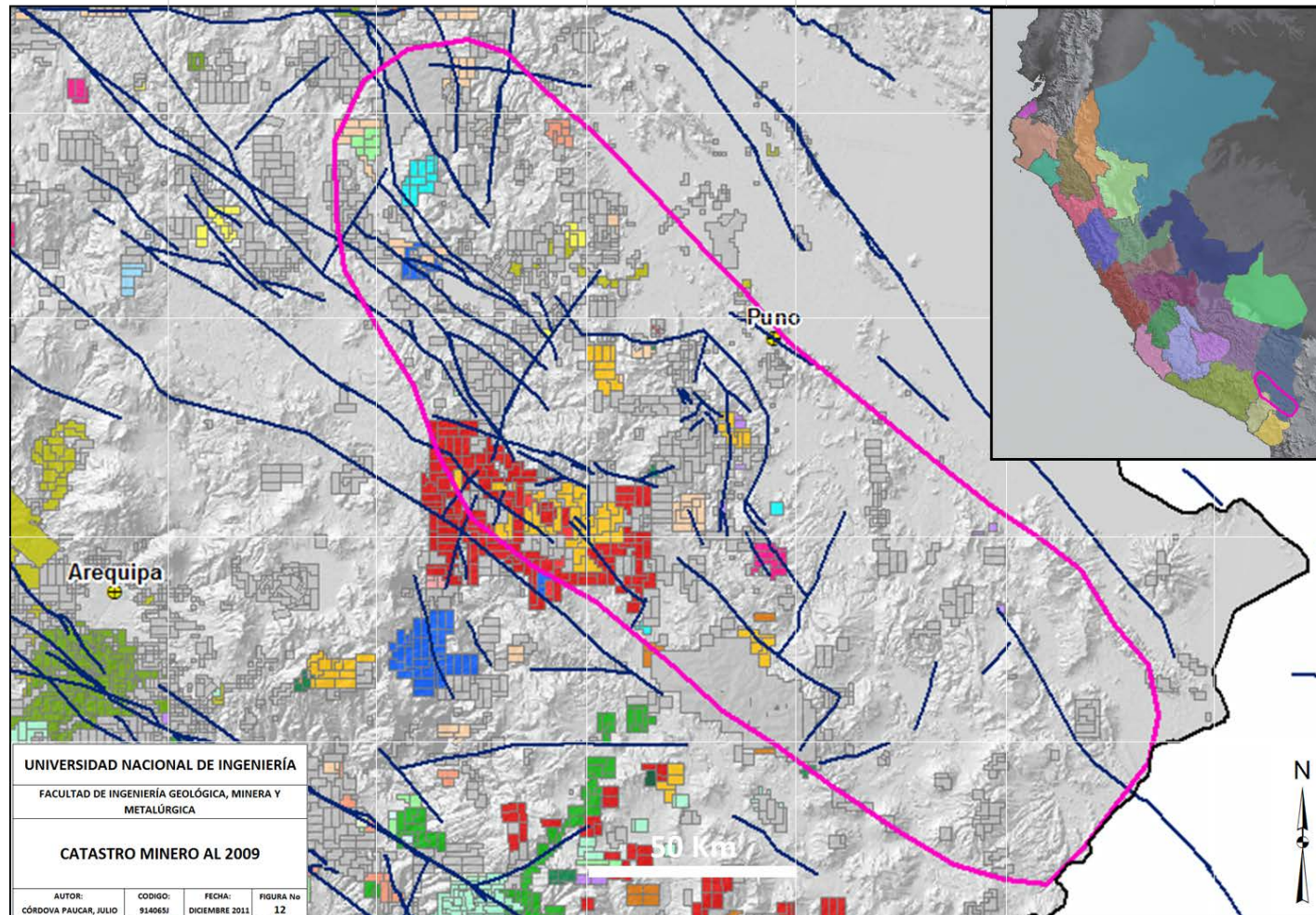


Figura 12. Estatus de las áreas denunciadas en la zona de estudio previo al inicio del mismo. Los colores representan a las empresas competidoras. En color magenta casi al centro están los denuncios de Newmont en el proyecto Japuoco.

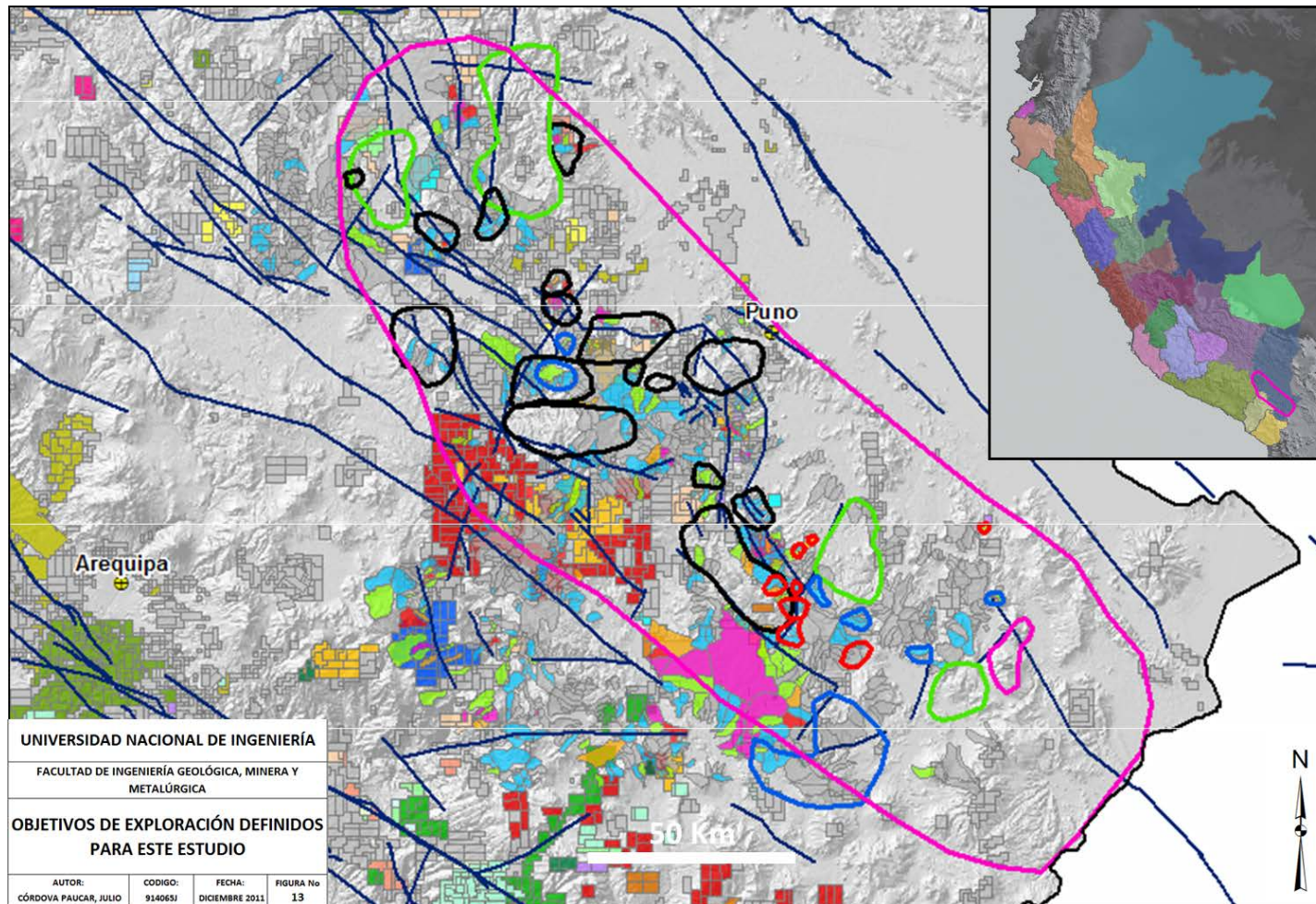


Figura 13. Objetivos Específicos de Exploración, coloreados según su prioridad. La prioridad se define cruzando todos los criterios planteados en el capítulo VIII.

## **IX**

### **TRABAJOS DE CAMPO EFECTUADOS: PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN**

Los trabajos efectuados en campo luego de la generación y priorización en gabinete de los objetivos específicos en el área de interés tomaron lugar entre el año 2010 y principios del 2011 en campañas de 20 días en campo cada mes. Incluyen muestreo de sedimentos de drenaje y Bleg, muestreo de rocas y mapeo a diversas escalas según la necesidad y la importancia del área.

En total se tomaron 88 muestras de sedimento de drenaje, 88 muestras de Bleg y 1536 muestras de roca, habiéndose mapeado casi 200 Km<sup>2</sup> en diferentes áreas. Se denunciaron en total 13,400 hectáreas en 5 prospectos. Cabe señalar que el Proyecto Japuoco aumentó sus denuncios originales de 5,500 a 11,900 hectáreas durante el año 2010-2011, principalmente debido a los trabajos de exploración distrital alrededor del área principal efectuados durante este estudio.

## **1. Muestreo de Sedimentos de Drenaje y Bleg**

La base de la prospección regional recae en el muestreo de sedimentos de drenaje. Este tipo de muestreo nos permite abarcar una gran extensión de terreno en un corto tiempo y con menos dificultades logísticas de extracción de la muestra ya que muchas veces se usa las carreteras existentes para llegar a las quebradas que se van a muestrear, a diferencia del muestreo de rocas que generalmente requiere caminar pendiente arriba hacia zonas de no fácil acceso por largas distancias.

El muestreo se realiza en drenajes previamente establecidos en gabinete y que abarquen cuencas de entre 4 y 8 km<sup>2</sup>. La metodología consiste en recolectar material fino de los sedimentos del drenaje que no estén contaminados por material orgánico o por sedimentos “recientes” (aluviones). Por el contrario, se busca coleccionar sedimentos de una columna que represente un largo tiempo de sedimentación, en varios puntos a lo largo del drenaje para abarcar una población más representativa.

De cada punto de muestreo, es decir de cada quebrada, se toman dos muestras: una para análisis convencional en el mismo laboratorio donde también se prepara y analizan las muestras de roca y otra para un análisis de tipo “Bleg”. La muestra de sedimento convencional se tamiza a malla -80 y se obtiene una muestra de aproximadamente 150-200 gramos si es seca o 400-500 gramos si está húmeda (las muestras húmedas pierden hasta un 40% de su peso cuando se secan); mientras que la muestra tipo Bleg se tamiza más finamente en una malla

-200 hasta obtener una muestra de 1-1.5 Kg si es seca o 2-2.5 Kg si está húmeda. La muestra tipo Bleg se prepara (secado, homogenizado) en un laboratorio local en Lima hasta obtener una muestra homogenizada de entre 550-600 gramos que luego es enviada a un laboratorio de Newmont en Australia para un análisis especial que permite detectar oro hasta con un límite de detección de 0.02 ppb (mientras que los laboratorios convencionales tienen un límite de detección sobre 5 ppb), lo cual nos permite obtener anomalías de oro de niveles bajos.

Cabe mencionar como ejemplo que el proyecto Breapampa en Ayacucho (actualmente siendo desarrollado por Buenaventura) fue descubierto por un geólogo de Newmont al seguir una sutil “anomalía” de 2 ppb de oro en un área cuyo background era de alrededor a 1 ppb.

## **2. Seguimiento con Muestreo de Rocas (Esquirlas y Canales)**

El muestreo de rocas se efectúa en diversas etapas de la prospección, y la técnica de muestreo varía según cada etapa.

Durante el muestreo de sedimentos de drenaje se toman también muestras de algunos “rodados” (floats en inglés) de rocas que presenten algún indicio de alteración/mineralización que nos puedan confirmar o descartar las posibles anomalías geoquímicas que se obtengan en los sedimentos de drenaje y nos den una luz sobre el posible tipo de mineralización y roca hospedante que genere dicha anomalía: vetas, diseminado, en rocas sedimentarias, en rocas volcánicas,

etc. Es decir, si se obtiene una anomalía alta en metales base en los sedimentos de drenaje y se muestreó un rodado de veta en dicho drenaje, es posible que dicha veta sea la responsable de la anomalía, lo cual no descarta la existencia de otros tipos de mineralización más acorde con el objetivo de Newmont (diseminado de baja ley y gran tonelaje). El mejor caso es el de tener una anomalía geoquímica moderada en sedimentos de drenaje cuya cuenca proviene de rocas volcánicas y haber muestreado un rodado con alteración de sílice con oquedades (“vuggy silica” en inglés) o sílice masiva que arroje anomalías en elementos traza (As, Sb, Hg, etc.), lo cual es un muy buen indicio de un yacimiento de alta sulfuración. O, tener una anomalía geoquímica moderada en sedimentos de drenaje cuya cuenca proviene de rocas sedimentarias y haber muestreado rodados de calizas alteradas a jasperoides sería un buen indicio de un yacimiento tipo Carlin. Otro ejemplo sería tener una anomalía geoquímica moderada a alta en sedimentos de drenaje y haber muestreado rodados con vetilleo de cuarzo o con pátinas de cobre exótico de color verde, lo cual indicaría un posible pórfido. El caso es que el muestreo de rodados complementa el muestreo de sedimentos.

Posteriormente al muestreo de sedimentos, y una vez que se ha identificado anomalías geoquímicas en ellos, se hace el seguimiento (“follow up” en inglés) de las cuencas anómalas aguas arriba. Generalmente en esta etapa se toman muestras de esquirlas de roca (“chips” en inglés) de la alteración/mineralización (donde exista) en una densidad que sea representativa del área alterada/mineralizada. Si se encuentran estructuras mineralizadas se puede

efectuar un muestreo selectivo de dichas estructuras, pero además se deben tomar otras muestras de la roca encajonante para buscar posibles diseminaciones de la mineralización y definir el área de anomalía geoquímica y/o zoneamientos minerales.

Absolutamente todos los tipos de alteración, mineralización y rocas aflorantes deben ser representados en el muestreo, incluyendo las rocas “frescas”. En el caso de no encontrar alteración/mineralización obvia o visible en la cuenca anómala, se debe tomar de todas maneras algunas muestras de las rocas “frescas” para comprobar en laboratorio lo que nuestros ojos ven en campo. La experiencia indica que las zonas con alteración visible (de colores rojizas, naranjas, amarillentas, blanquecinas, etc., generalmente de alta sulfuración) son indefectiblemente muestreadas, pero existen tipos de mineralización cuya expresión superficial no es tan obvia para todos los ojos (pórfidos, IOCG, etc.), que muchas veces no son muestreadas y son dejadas de lado. Si esto ocurre en yacimientos parcialmente aflorantes, lo que nos puede ocurrir en yacimientos ciegos o con poca extensión de afloramiento es pasar por alto un depósito económico.

Los tipos de alteración más obvios o visibles en campo generalmente son del tipo ácido (argílico, fílico, argílico avanzado) ya que, o contienen pirita diseminada que al oxidarse dan colores rojizos, naranjas y amarillentos (argílico, fílico) y/o han alterado los feldespatos (y a veces la matriz) a arcillas/hidróxidos de colores blanquecinos como caolín, alunita, sericita.



Los tipos de alteración menos obvios y/o visibles en campo son potásico, sílice masiva, sílice vuggy, propilítico, cloritización, albitización. A diferencia de la pirita, una disseminación de calcopirita al oxidarse no genera colores llamativos a la escala que lo hace la pirita. La coloración es más local y sutil.

En conclusión, al momento de hacer el muestreo de seguimiento siempre se debe partir la roca con la picota en fractura fresca y mirarla con una lupa, aunque no esté visible u obviamente alterada/mineralizada. Como anécdota está el caso del proyecto Japuoco: durante las primeras campañas de seguimiento de anomalías de Au y Cu en sedimentos de drenaje, se muestrearon básicamente unos diques riodacíticos con disseminación de pirita y molibdenita, anomalos en oro, cuyos afloramientos eran de color rojizo anaranjado muy obvio. Dichos diques se sabe ahora que pertenecen a una etapa tardía en el sistema. Lo curioso es que no se muestreó la roca encajonante, que a la sazón es de color oscuro y que parecía un volcánico “fresco”. Pero dicha roca oscura resultó tener disseminación de calcopirita y un ensamble de alteración de actinolita-escapolita-especularita. Lección aprendida.

Ya cuando se tiene un prospecto previamente identificado por el muestreo de seguimiento, que ya arrojó anomalías geoquímicas en el muestreo de chispas de rocas en un área definida, se procede al muestreo de canales. Dicho muestreo consiste en tomar muestras superficiales a lo largo de varias líneas paralelas que cubran un área definida por el geólogo. La dirección del muestreo se define de

preferencia perpendicularmente a las estructuras principales (vetas, vetillas, fallas, canales de brechas, capas o laminaciones en sedimentos, etc.) de modo de buscar mineralización diseminada en la caja de las estructuras, teniendo en mente mineralización de baja ley y gran tonelaje. El espaciamiento entre las líneas (generalmente entre 50 y 200 metros) y el largo de cada muestra (generalmente entre 2 y 5 metros) depende del tipo de depósito y del tamaño del área a cubrir. El muestreo de canales sirve como si fueran muestras de taladros de perforación a nivel superficial. Dan una idea clara sobre la continuidad de la mineralización en superficie (en 2D), a diferencia del muestreo de chispas o astillas que son puntuales. Las líneas individuales de los canales en su totalidad pueden tener varios cientos de metros a algunos kilómetros de largo, según el tamaño del prospecto.

Durante el muestreo de seguimiento también se puede tomar algunas muestras tipo canal, especialmente donde la alteración/mineralización está estructuralmente controlada, pero dichos canales son puntuales y no tienen la continuidad longitudinal que sí existe durante la etapa de definición del prospecto.

### **3. Cartografía a Diferentes Escalas**

La información geológica básica que se lleva al campo cuando se realiza el muestreo son los planos geológicos al 100,000 y al 50,000 (donde los haya) del Ingemmet. Pero muchas veces dicha información no coincide con lo que uno ve

en el campo o no es del nivel de detalle que uno requiere, por diversas razones: El plano del Ingemmet está basado en interpretación de fotos aéreas con poco o ningún trabajo de campo, no hay correlación entre una hoja geológica y la adyacente, no se diferencian los diversos miembros de los grupos que engloban rocas volcánicas (como el Tacaza por ejemplo) tales como flujos lávicos, secuencias vulcano-sedimentarias, tobas de caída, autobrechas (brecha volcánica), etc.

Por todo esto, al momento de realizar los trabajos de campo se efectúa también un mapeo o cartografiado, generalmente a escala 1:25,000 (que es la escala a la que se trabaja para muestreo de sedimentos) o a la escala 1:10,000 (que es la escala a la que se trabaja para seguimiento con muestreo de rocas), especialmente donde haya mucha controversia o diferencia con el plano del Ingemmet, o donde se necesite diferenciar mejor las unidades litológicas.

En los prospectos ya definidos, el mapeo o cartografiado puede hacerse a escala 1:5,000 o 1:2,000 según el nivel de detalle que se requiera.

Durante el año 2010 se efectuó el cartografiado de 130 Km<sup>2</sup> a escala 1:25,000 y 63 Km<sup>2</sup> a escala 1:10,000. No se toma en cuenta en este trabajo el mapeo a escala 1:5,000 y 1:2,000 hecho en el Proyecto Japuoco que estuvo a cargo de José Trujillo y su equipo.

#### **4. Definición de Áreas Prospectables:**

No toda área de alteración encontrada genera un prospecto, ni toda anomalía geoquímica lo es. Un área de alteración puede no contener mineralización de ningún tipo, ni siquiera evidencia de elementos traza que indiquen un depósito a profundidad. Por su parte, una anomalía geoquímica puede provenir de estructuras (vetas) o ser de tamaño pequeño, por lo que por su extensión y/o ley puede no representar algo de interés para Newmont.

Un área prospectable se define cuando coincide una anomalía geoquímica metálica (Au, Ag o Cu), de metales base (Pb, Zn, Mo) y/o de elementos traza (As, Sb, Bi, Hg, Ba, Mn, Te) con un área de alteración mapeable, aunque no sea obviamente visible. Mientras mayores sean los tamaños de la alteración y de la anomalía geoquímica, mayor prioridad tendrá el prospecto. Mientras más complejos sean los ensambles de la alteración, mejor. Si el prospecto es anómalo en varios elementos a la vez y/o si muestra zoneamiento entre minerales, aún mejor.

La complejidad estructural y litoestratigráfica también es una característica de los prospectos importantes. Diversas generaciones de pliegues, diques, fallas y/o brechas, que se cortan y cruzan entre sí son indicio de un sistema complejo, de larga vida y mucha energía. Una columna litoestratigráfica conteniendo rocas de diferente edad, composición y origen puede generar ambientes favorables para el transporte y entrapamiento de fluidos mineralizantes.

Otros rasgos genéticos son también importantes a la hora de definir y priorizar prospectos: Presencia de fallas, diques, domos, brechas, estructuras circulares, intrusivos, contactos entre rocas de diferente densidad y composición; también la presencia, cercanía, cantidad y densidad de ocurrencias en la zona. La similitud genética con otros depósitos conocidos también influye: márgenes de domo y/o de brechas de diatrema como en Yanacocha, contacto de rocas volcánicas con rocas sedimentarias como en Lagunas Norte y Chucapaca, rocas calcáreas alteradas localmente a hornfels como en Candelaria (Chile), la presencia de un “lithocap” puede indicar la existencia de un pórfido en las cercanías o a poca profundidad, etc.

Todos estos componentes son evaluados al momento de decidir si un área es prospectable o no. Ser prospectable implica que es de interés de Newmont, es decir que debe ser cubierto por denuncias, que tiene el potencial de convertirse en un depósito de clase mundial y que requiere más trabajo de detalle para definirlo (mapeo, muestreo, levantamientos geofísicos, perforación, modelamiento, etc.), para lo cual requiere asignarle un presupuesto independiente.

## **5. Oportunidades y Ofrecimientos**

Parte del trabajo de campo también consiste en visitar y evaluar oportunidades y ofrecimientos.

Las oportunidades aparecen de diversos orígenes: denuncios de terceros que aparecen en el catastro como de pronta Libre Denunciabilidad, anomalías geoquímicas en áreas no identificadas como objetivos inicialmente, contactos hechos en campo con trabajadores, dueños y/o titulares de denuncios para visitar sus propiedades sin compromiso alguno, cuyas propiedades evidencian alteración/mineralización, etc.

Los Ofrecimientos básicamente son prospectos de terceros, que se acercan a Newmont ofreciendo visitar sus propiedades y con los cuales se firma un Acuerdo de Confidencialidad (CA por sus siglas en inglés) para otorgarnos la data geológica que se haya generado (reportes, planos, muestreo superficial, geofísica, taladros de perforación, etc.). Dicha data es analizada en gabinete previo a la salida de campo para tener un buen panorama de lo que se espera obtener, encontrar, mirar y muestrear durante la visita de campo a la propiedad ofrecida que va ser evaluada. En este paso se busca sobretodo algo que se haya pasado por alto en los estudios anteriores (falta de muestreo en algún área, mapeo cuyo ensamble de alteración indique algún vector de mineralización hacia zonas no estudiadas, taladros cortados en mineral, anomalías geofísicas o geoquímicas no probadas a profundidad con taladros, similitud con otros depósitos conocidos, etc.).

Durante 2011 se visitó y evaluó las siguientes oportunidades y ofrecimientos:

- Minas Ccori
- Jornune

- Larepata
- Santa Lucia
- Casapalca
- Tassa

Debido a que estos ofrecimientos se han visitado y evaluado bajo Acuerdos de Confiabilidad, no se puede hacer pública la data ni las conclusiones de los estudios.

## X

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Habiendo recolectado 1536 muestras de roca y 88 muestras de sedimentos de drenaje durante el año 2010, se debe indicar que el trabajo no se completó a lo largo de toda la extensión de la franja inicialmente delineada. Los problemas sociales en Puno en general y en particular en el distrito de Ácora nos impidieron cubrir en campo el extremo SE de la franja delineada, desde Japuoco hasta Mazocruz. Únicamente se pudo hacer muestreo de sedimentos de drenaje en la zona de Mazocruz. No se pudo hacer seguimiento de las anomalías geoquímicas de drenaje ni menos generar prospectos o hacer denuncios en dicha área.

Con la data recolectada en campo se definieron dos prospectos que fueron denunciados: Cotaña y Jacune (Figura 14).



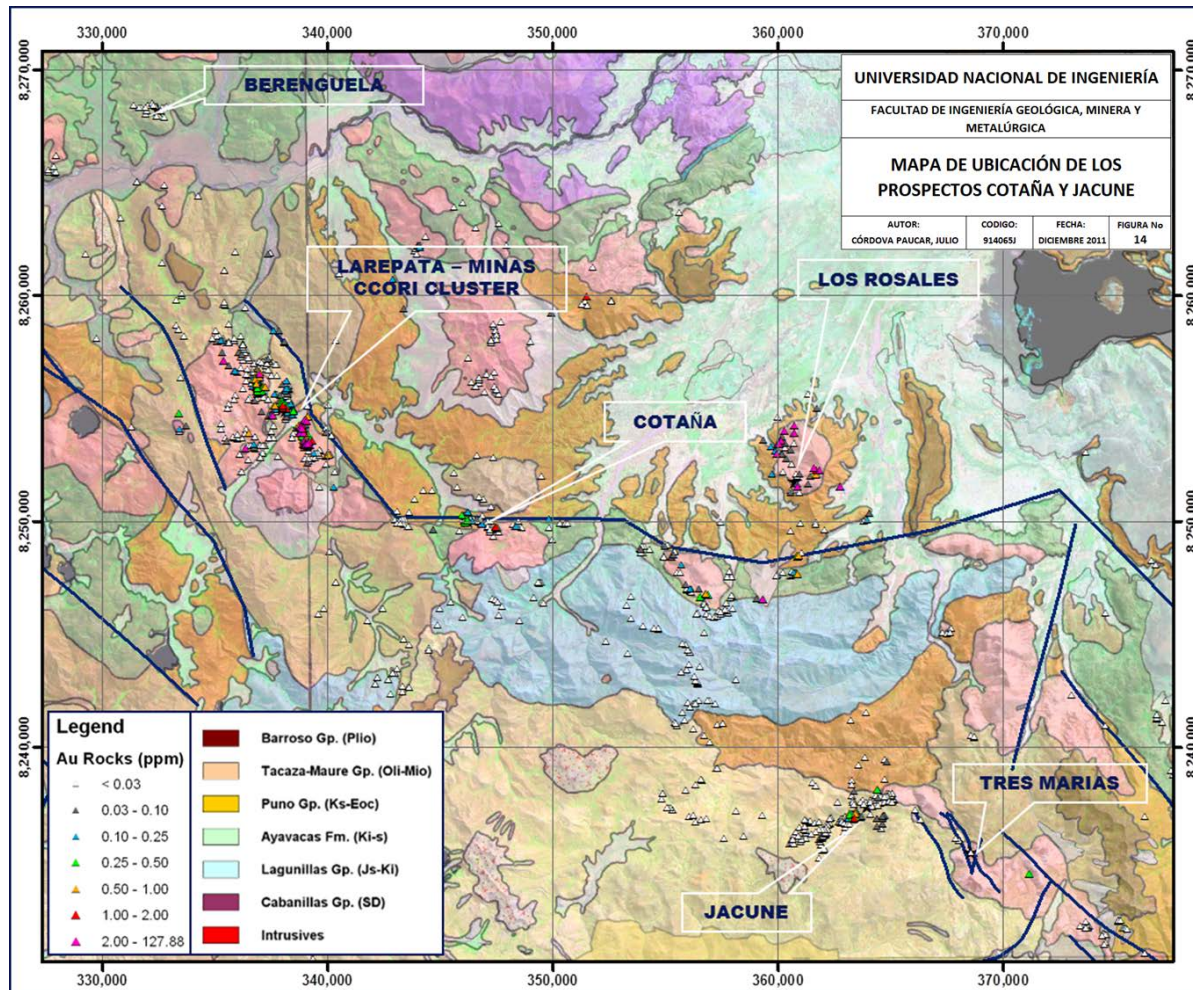


Figura 14. Mapa litológico escala 1:50,000 del Ingemmet con la ubicación de los prospectos Cotaña y Jacune y su entorno distrital. Se muestra los valores de Au en el trabajo hecho en muestreo de rocas durante este estudio. La falla que se dobla en sentido EW es la Cusco-Lagunillas-Mañazo.

## **1. Prospecto Cotaña**

En total se tomaron 103 muestras de roca solamente en Cotaña, se mapeó aproximadamente 100Km<sup>2</sup> a escala 1:25,000 en todo el distrito (desde Larepata hasta Cotaña) y se denunciaron 2,400 Ha.

### *X.1.1. Descripción Geológica*

El prospecto Cotaña está distritalmente enmarcado dentro de una deflexión EW de la Falla Inversa Cusco-Lagunillas-Mañazo. Dicha falla se asume que es una sutura profunda pues pone en contacto rocas sedimentarias del Jurásico superior-Cretácico inferior (Grupos Lagunillas y Ayavacas) en contacto con conglomerados del Terciario inferior del Grupo Puno (Figura 15).

A lo largo de dicha falla afloran pequeños stocks de diorita y microdiorita hornbléndica, que en algunos casos generan pequeños skarns de magnetita en el contacto con las calizas del Grupo Ayavacas. Un poco más al sur aflora un intrusivo de grano más grueso y de área más grande de composición granodiorítica aparentemente fresco. Al tope de la secuencia en el norte afloran volcánicos aglomerados Terciarios del grupo Tacaza, frescos.

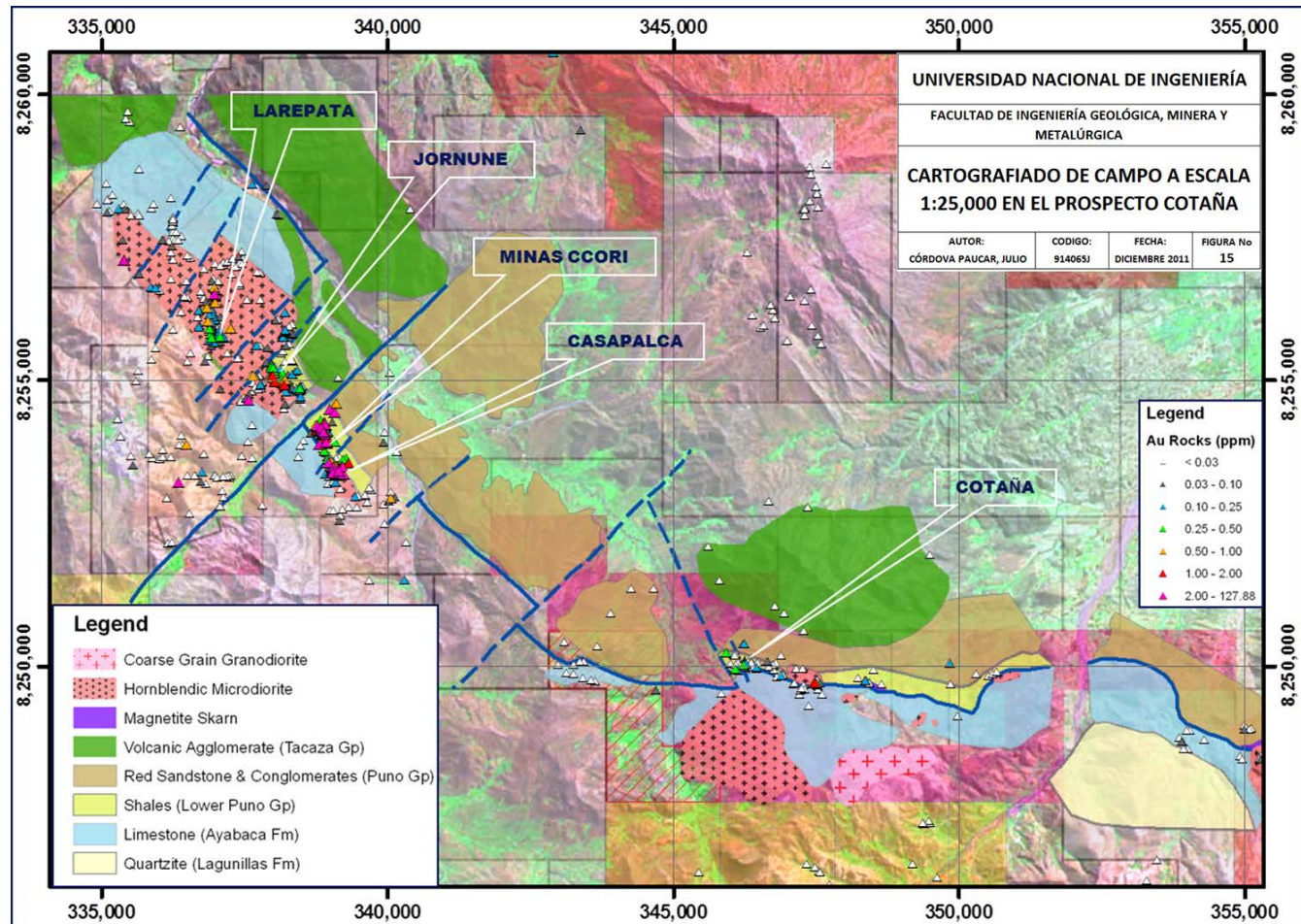


Figura 15. Cartografiado de campo levantado a escala 1:25,000 en el trend Larepata-Minas Ccori-Cotaña, mostrando los valores de Au en muestreo de rocas obtenido en este estudio. Los polígonos de color magenta que cubren Cotaña son denuncias hechos por Newmont a partir de los resultados de este estudio. Note que la falla Cusco-Lagunillas-Mañazo se quiebra en varios sectores por fallas trans-arco de rumbo NE.

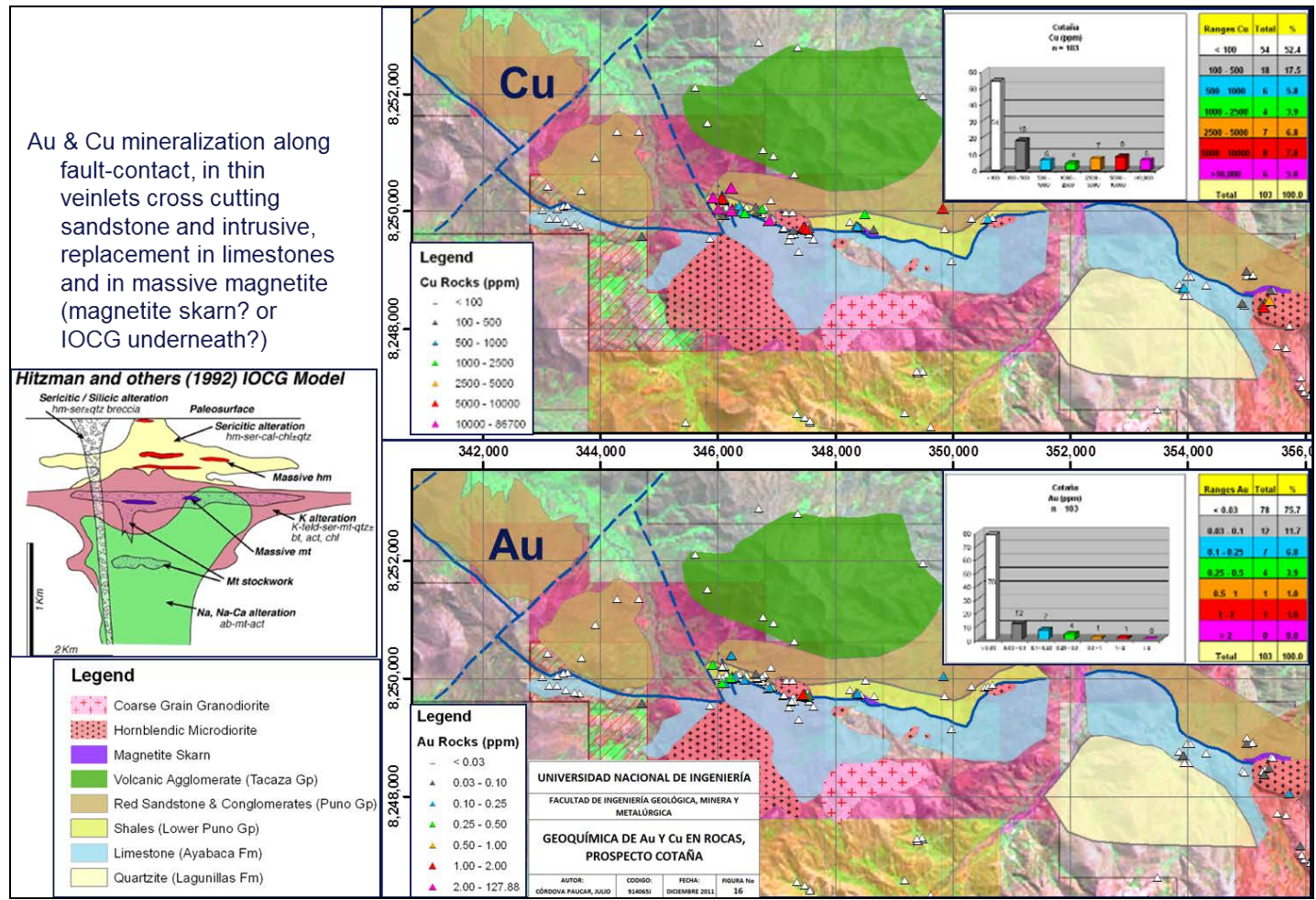


Figura 16. Resultados de Au y Cu en el muestreo de rocas hecho en Cotaña, con la base del mapeo de campo escala 1:25,000. A la izquierda se muestra un posible modelo IOCG como comparación.

El muestreo de rocas demuestra mineralización de Au y Cu a lo largo de la falla contacto en delgadas venillas de óxidos de hierro (goetita-especularita) y baritina que cortan las secuencias finas de los sedimentos clásticos del Grupo Puno. Un halo de alteración argílico de 50-100 m caracterizado por un blanqueamiento de la roca (originalmente de color rojiza) se desarrolla paralelo a la falla en la zona de vetillas. También existe un pequeño reemplazamiento de calizas con Au y Cu anómalos que parece asociado a la falla contacto.

Un pequeño stock de microdiorita hornbléndica genera un pequeño afloramiento de skarn de magnetita que muestra trabajos antiguos de minado en un pequeño tajo a cielo abierto de 30x30 m. Por lo demás, la caliza no parece haber reaccionado como receptora de alteración/mineralización.

Cabe señalar que hay una ligera controversia entre el mapeo de campo hecho a escala 1:25,000 y el plano del Ingemmet a escala 1:50,000 que se entiende por la diferencia de escalas.

### *X.1.2. Modelo Conceptual y Potencial*

El modelo conceptual que se maneja para Cotaña es el de un posible IOCG, similar a Candelaria en Chile. Las coincidencias están en el hecho de tener calizas en el tope que aparentemente no están

alteradas/mineralizadas, la relación espacial y genética con una falla regional importante y la cercanía de un intrusivo batolítico de grano grueso. Otro posible modelo conceptual genético sería como Chucapaca: rocas sedimentarias falladas y plegadas, con intrusivos aportando fluidos y una posible brecha mineralizada subyacente.

Las vetillas y el reemplazamiento de las calizas de por sí no son un objetivo importante para Newmont, pero el hecho de tener anomalías en Au y Cu en superficie a lo largo de la falla hacen que el target conceptual, ya sea un IOCG o una brecha como Chucapaca, tengan más probabilidad de suceder.

Otro aspecto importante que realza el valor de Cotaña como prospecto es el hecho de estar situado a lo largo de la misma falla que el clúster Minas Ccori-Jornune-Larepata, donde Newmont hizo trabajos en los inicios de la década del 2000 y que recientes visitas y reevaluaciones por parte de este estudio indican un potencial de entre 1.2 y 2.4Moz de Au. Este clúster se ubica a unos 7 Km al NW de Cotaña y dentro del mismo marco geológico distrital. El muestreo de canales en dicha zona efectuado en los 2000 arrojó hasta 86m@0.76g/t Au, incluyendo 24m@2.35g/t Au.

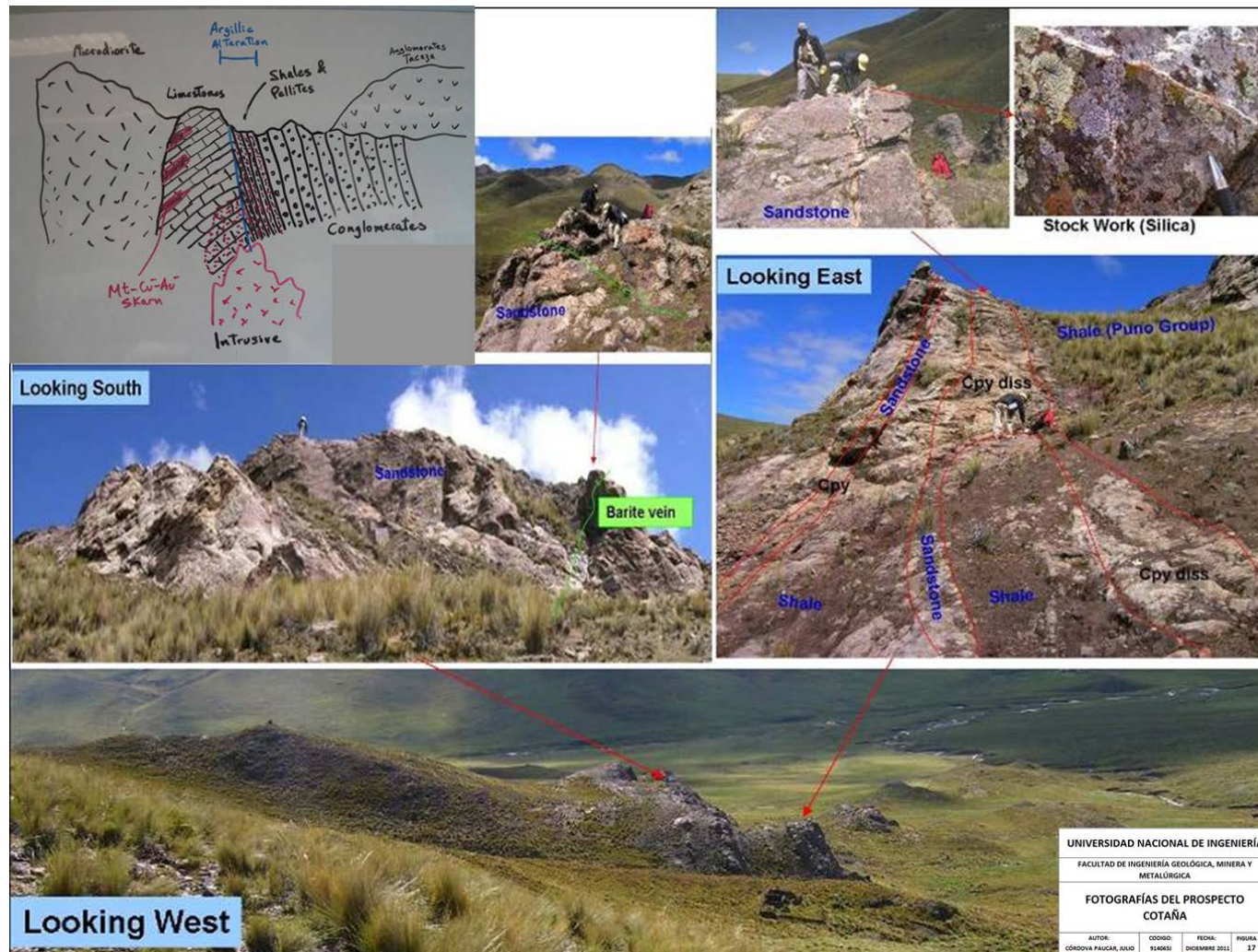
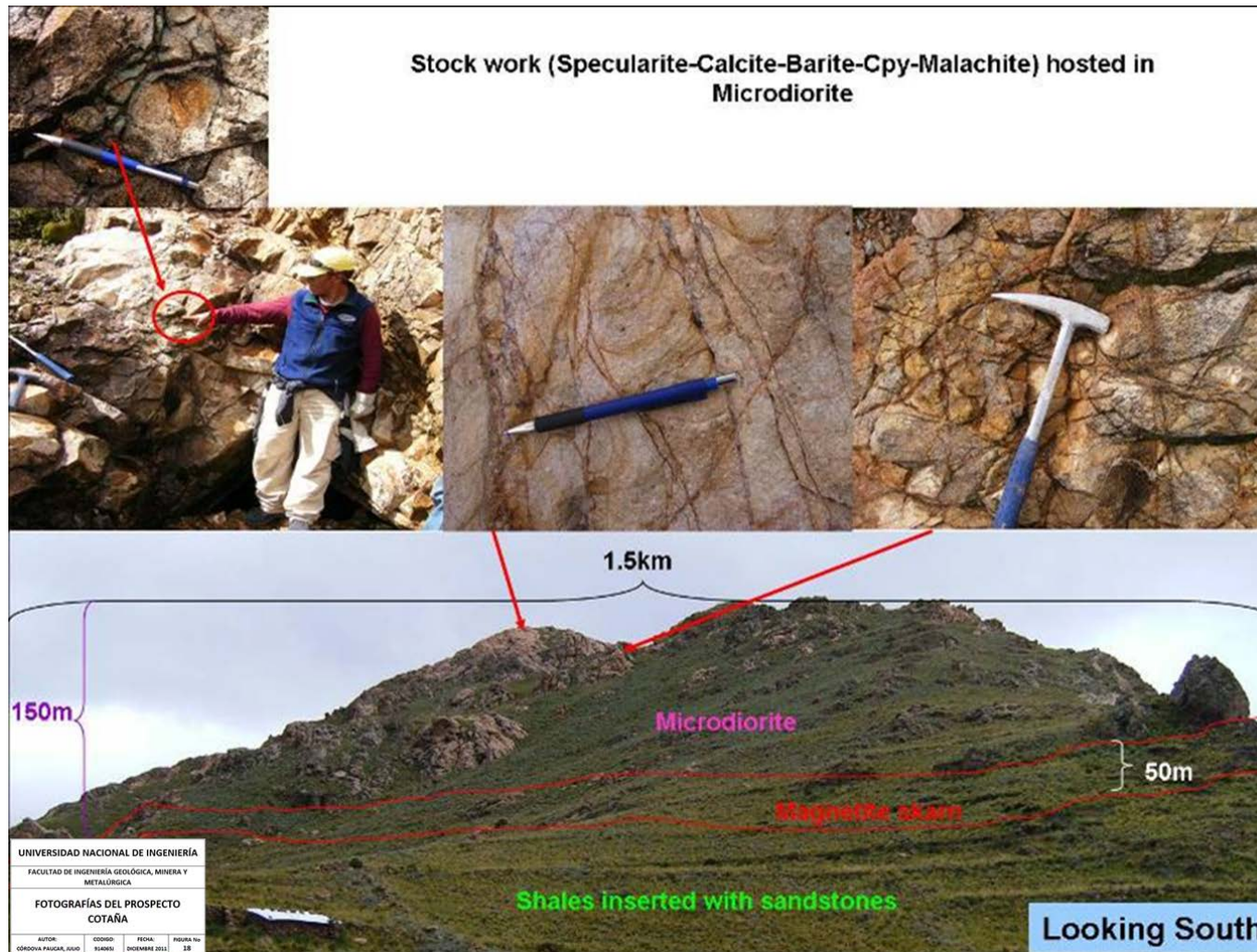


Figura 17. Fotos tomadas en el prospecto Cotaña, con sus respectivas interpretaciones. Arriba a la izquierda se muestra el modelo conceptual para Cotaña.



**Figura 18. Fotos del prospecto Cotaña, mostrando un afloramiento de microdiorita con stockwork mineralizado.**



La mineralización en Minas Ccori está dentro de una zona de falla paralela a la falla Cusco-Lagunillas-Mañazo, desarrollada en un “shear zone” o stockwork dentro de los sedimentos pelíticos del Grupo Puno y a lo largo de las capas individuales. La mineralización está asociada a especularita-goetita y según comunicación verbal con los mineros informales que laboran allí, existen zonas de alta ley de oro (hasta una onza por tonelada).

Jornune es parecida a Minas Ccori con la diferencia que la mineralización está asociada a una gran cantidad de sulfuros (pirita y arsenopirita).

La mineralización en Larepata está asociada a una brecha de diatrema de 200x300 metros con valores de Cu y Au con alteración argílica a fílica desarrollada en un intrusivo hornbléndico diorítico que intruye a las calizas Ayavacas, generando pequeños skarns de magnetita con valores anómalos de Au. En el contacto intrusivo-caliza también hay mineralización de oro de hasta 4.12g/t Au.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA			
FOTOGRAFÍAS DEL PROSPECTO COTAÑA			
AUTOR:	CODIGO:	FECHA:	FIGURA No
CÓRDOVA PAUCAR, JULIO	914065J	DICIEMBRE 2011	19

Figura 19. Fotos del prospecto Cotaña, mostrando un depósito de magnetita (Skarn?, IOCG?) artesanalmente trabajado en un pequeño tajo abierto.

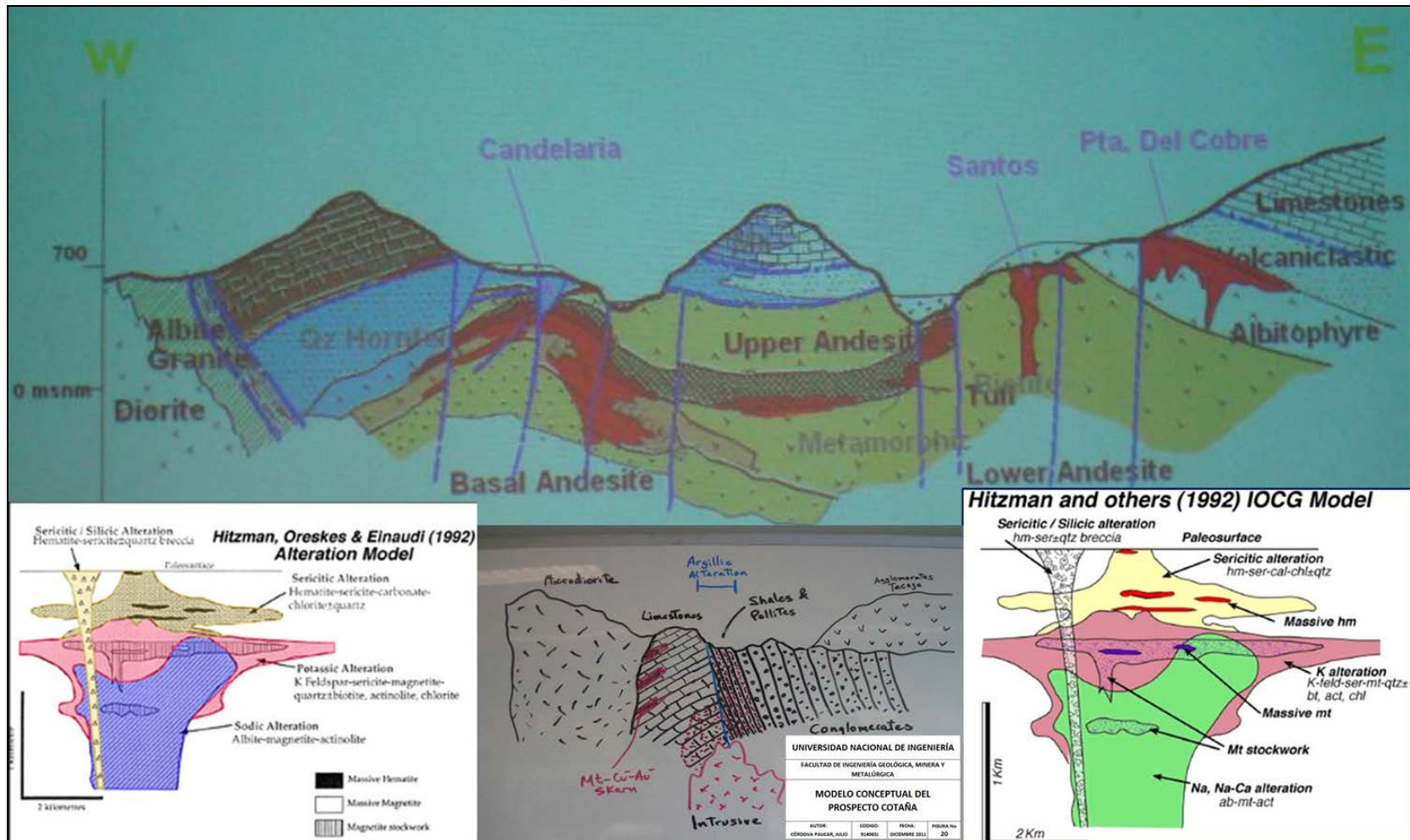


Figura 20. Modelo conceptual del prospecto Cotaña (centro, abajo). Se postula similitudes con el depósito Candelaria en Chile (sección en parte alta, aproximadamente a la misma escala).

### ***X.1.3. Futuros Trabajos Recomendados***

Se recomienda los siguientes trabajos a detalle: muestreo tipo canales en líneas de dirección NS de 2 km de longitud centradas en la falla, separados cada 100 m, mapeo a escala 1:5,000 y levantar líneas geofísicas Norte-Sur de IP y Magnetometría para definir posibles blancos a profundidad para perforación, buscando cuerpos magnéticos (IOCG) y/o anomalías Cargables (brecha tipo Chucapaca).

## **2. Prospecto Jacune**

En total se tomaron 254 muestras de roca en Jacune, se mapeó aproximadamente 30Km<sup>2</sup> a escala 1:25,000 en el prospecto y se denunciaron 1,900 Ha.

### ***X.2.1. Descripción Geológica***

Jacune está geológicamente enmarcado en una ventana de rocas sedimentarias del Jurásico superior-Cretácico inferior (Grupo Lagunillas) dentro de una zona de rocas volcánicas Terciarias (Grupo Tacaza). Dichas rocas sedimentarias están plegadas en un anticlinal de eje EW aproximadamente.

El Grupo Lagunillas que aflora en el prospecto consiste (de abajo hacia arriba en la secuencia) de Calizas en bancos grandes y de color gris,

Lutitas negras carbonosas en bancos finos, y Cuarцитas blanquecinas en bancos delgados a potentes. Sobreyaciendo a los sedimentos del Grupo Lagunillas están los conglomerados del Grupo Puno, ligeramente buzando al sur. Al tope de la secuencia se encuentran los volcánicos Tacaza en dos miembros: uno a la base que se presenta como lavas aglomeradas y otro encima que son tobas estratificadas, de buzamientos subhorizontal.

Al ENE del prospecto aflora un domo riolítico que corta la secuencia sedimentaria del Lagunillas. En la parte central del prospecto afloran pequeños apófisis de un intrusivo diorítico de grano fino.

Vetas y vetillas que corren EW y un stockwork desarrollado en los conglomerados presentan un ensamble de baritina-hematita-goetita-cuarzo con valores altos de Ag y anómalos de Au. Muestreo de canales hechos en dirección NS alcanzan valores de 18m@26ppmAg y 18m@28.3ppmAg (ver Figura 22). La alteración es argílica alrededor de las vetas y el stockwork y se desarrolla mejor en los conglomerados antes que en los aglomerados volcánicos.

Cabe destacar que la ventana de rocas sedimentarias no aparece en los planos del Ingemmet 1:50,000.

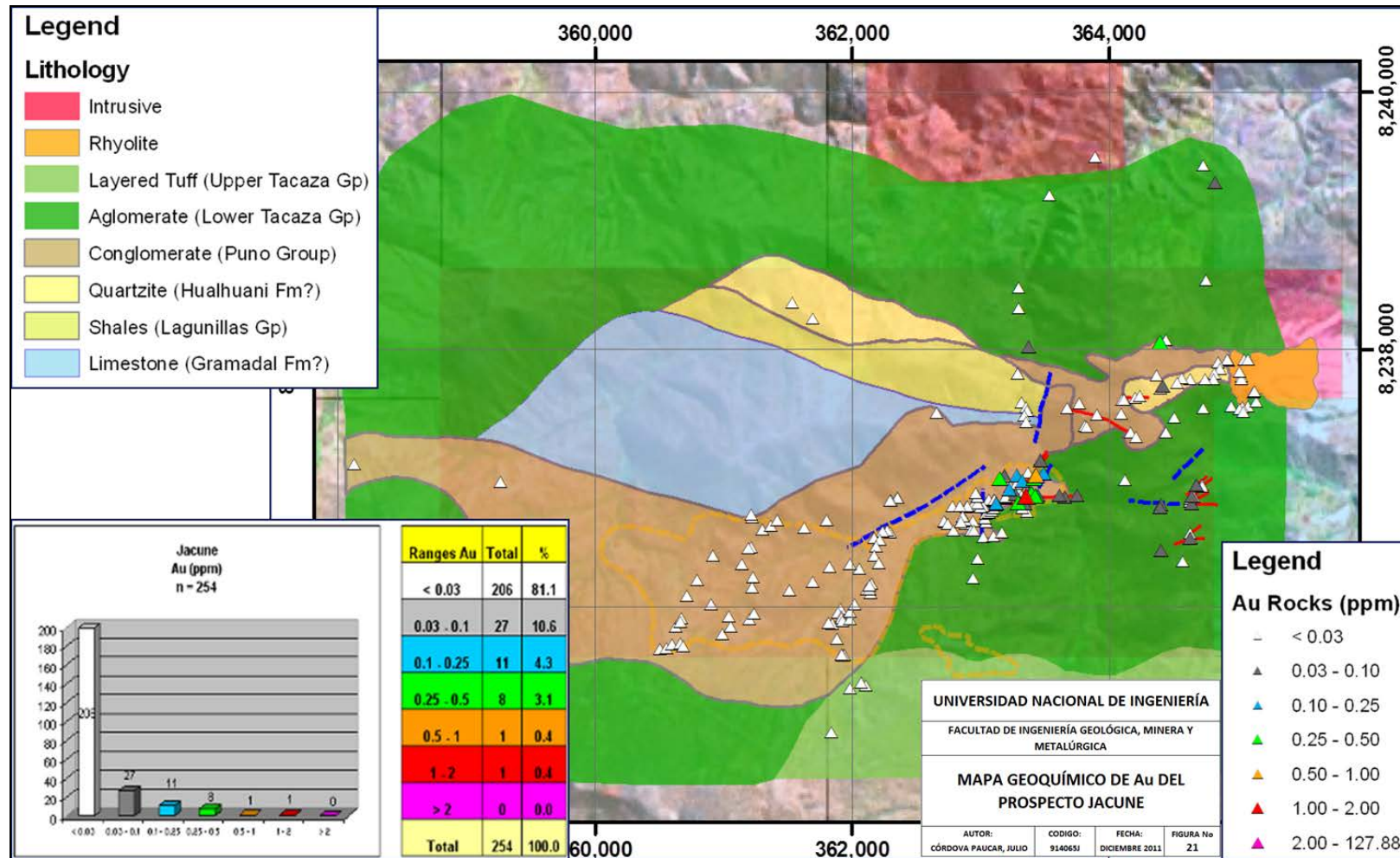


Figura 21. Resultados de Au en el muestreo de rocas hecho en Jacune, con la base del mapeo de campo escala 1:25,000. El área de alteración argílica se muestra delineado en color naranja. Los polígonos de color magenta son denuncias hechos por Newmont a partir de los resultados de este estudio.

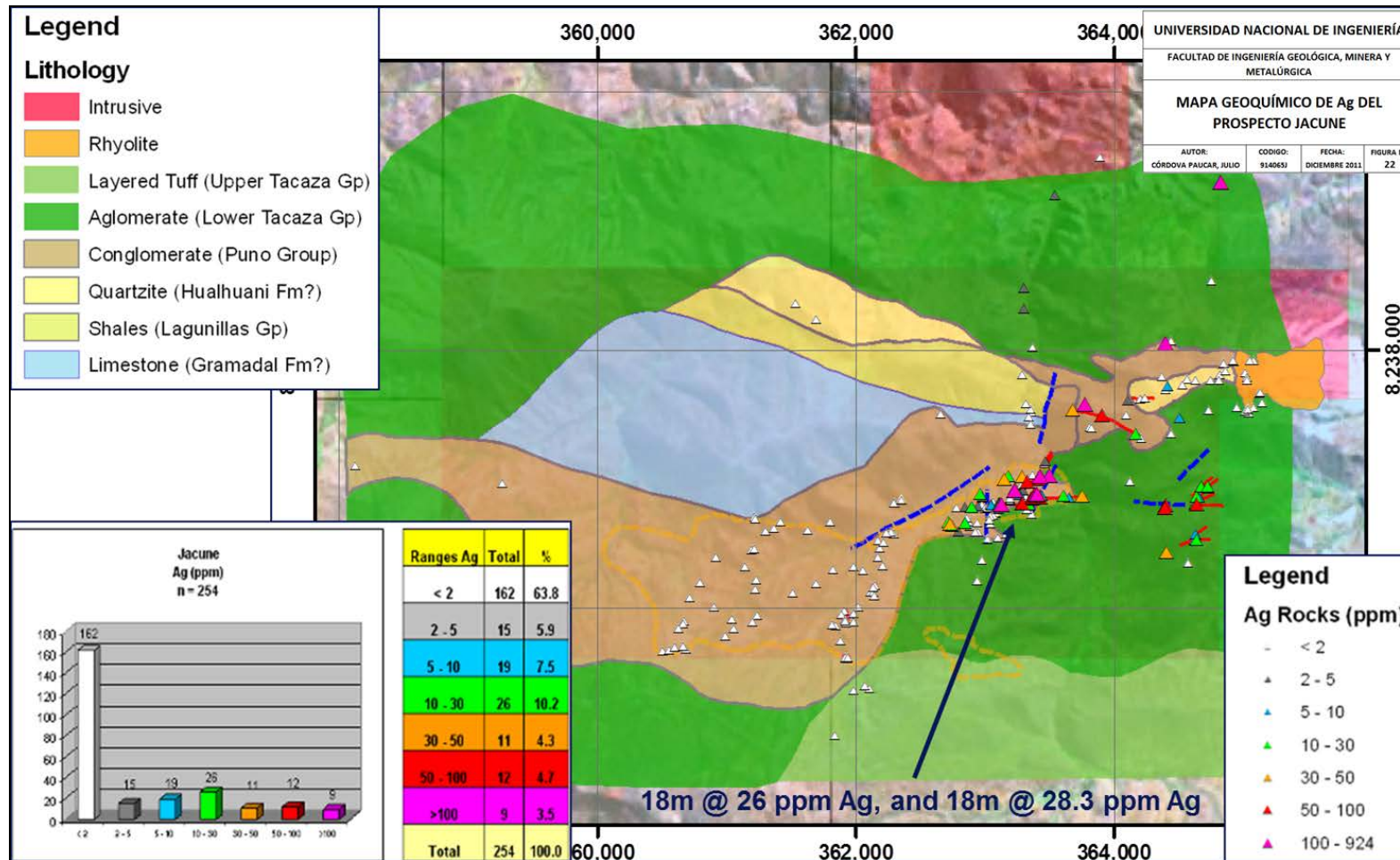


Figura 22. Resultados de Ag en el muestreo de rocas hecho en Jacune, con la base del mapeo de campo escala 1:25,000. El área de alteración argílica se muestra delineado en color naranja. Los polígonos de color magenta son denuncias hechos por Newmont a partir de los resultados de este estudio. Se muestra también los resultados del muestreo de canales, con valores de Ag.

El prospecto fue encontrado por el geólogo José Ramos al observar una débil zona de alteración (decoloración) en Google Earth y confirmarlo con el Landsat 321 al momento de planificar su campaña de toma de muestras de sedimentos de drenaje en gabinete.

### *X.2.2. Modelo Conceptual y Potencial*

El modelo conceptual que se maneja para Jacune es el de un posible Sediment Hosted (Hospedado en Sedimentos), con un posible origen de los fluidos en el intrusivo que apenas aflora como diques o stocks pequeños (algunas decenas de metros cuadrados). La posibilidad de una brecha tipo Chucapaca también es factible, lo mismo que un reemplazamiento en calizas.

Si bien los sedimentos aflorantes del Grupo Lagunillas no están alterados ni mineralizados como sí lo están los conglomerados del Grupo Puno, la interpretación de que el eje y un flanco del anticlinal (que están cubierto por los conglomerados) pueden haber tenido mejor recepción de los fluidos que generaron las vetas, vetillas y el stockwork en los conglomerados y las rocas volcánicas es posible.



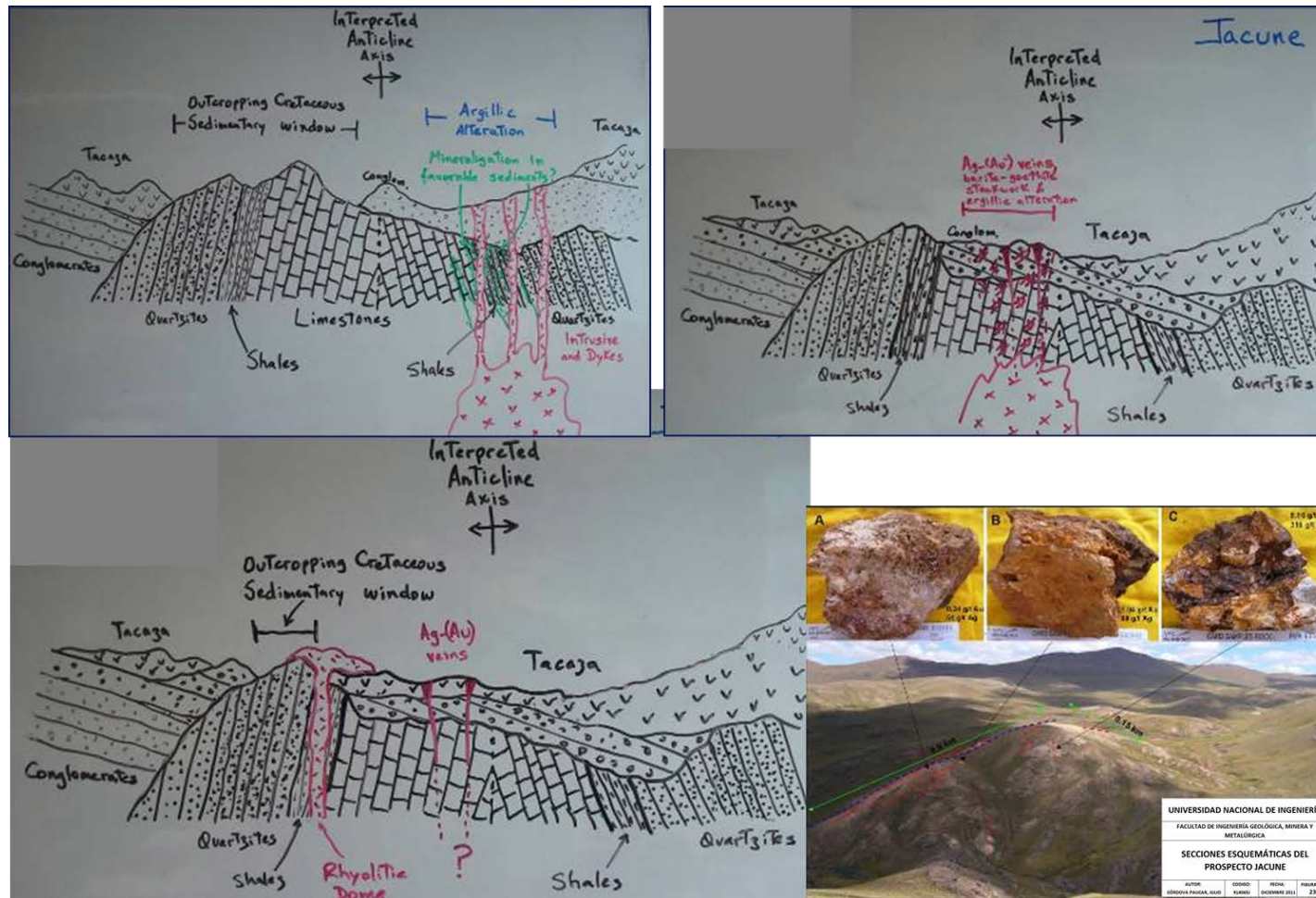


Figura 23. Secciones esquemáticas del prospecto Jacune mostrando el Modelo Conceptual. Las secciones de arriba a abajo y de izquierda a derecha muestran cortes NS de oeste a este en el prospecto. En la foto de abajo a la derecha se puede notar un ligero descoloramiento en el área, que corresponde a la alteración argílica en los conglomerados del Grupo Puno.

Jacune se encuentra en una zona muy conocida y trabajada por vetas de Ag desde la colonia. La diferencia es que todas las vetas de la zona tienen como roca caja a los volcánicos del Tacaza. En Jacune existe una ventana de rocas sedimentarias que pudo haber tenido mejor reacción ante los fluidos mineralizantes.

Las vetas y vetillas en sí no representan un objetivo importante para Newmont al no tener las leyes necesarias ( $>10$  g/t Au) ni el ancho necesario ( $>1$  m) o el largo suficientes ( $>5$  Km de vetas en total) para desarrollar una operación de la escala que requiere Newmont.

### *X.2.3. Futuros Trabajos Recomendados*

Se recomienda los siguientes trabajos a detalle: muestreo tipo canales en líneas de dirección NS de 2 Km de largo centradas en la zona de vetas de Ag, separados cada 100 m, mapeo a escala 1:2,000 y levantar líneas geofísicas Norte-Sur de IP y Magnetometría para definir posibles blancos a profundidad para perforación, buscando cuerpos magnéticos (intrusivos o IOCG) y/o anomalías Cargables (brecha tipo Chucapaca).

Si sólo nos restringimos a buscarle potencial a las estructuras, las respuestas magnéticas en conjunto con la resistividad puede definir el campo de vetas para buscar posibles zonas de bonanza a profundidad.

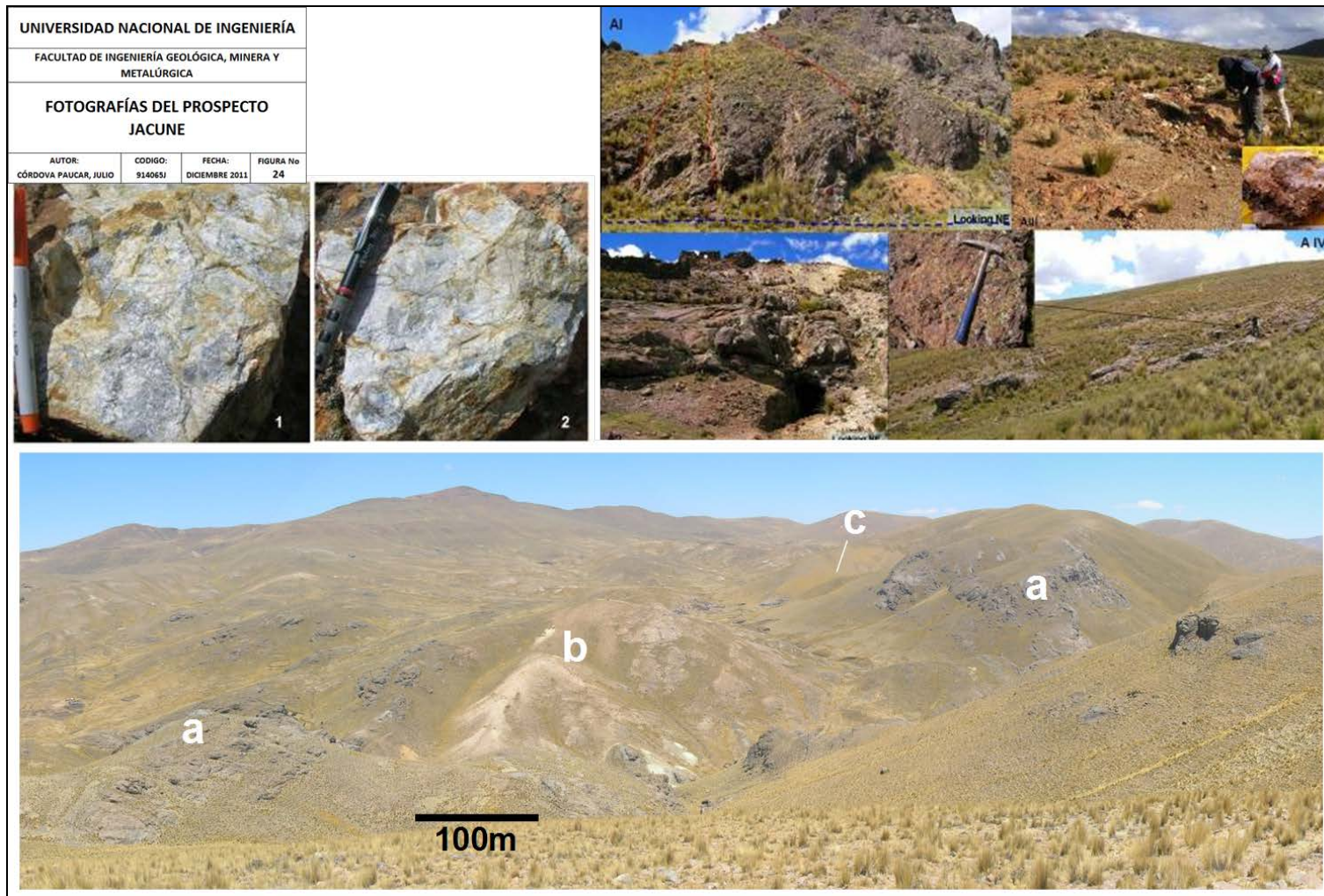


Figura 24. Fotos del prospecto Jacune. Muestras de mano y panorámicas que muestran la mineralización y alteración (b).



Figura 25. Fotos de muestras de mano del prospecto Jacune. (a): Aglomerado volcánico inalterado del Grupo Tacaza. (b, b2): Estructura de brecha hidrotermal. (b1, b3): Conglomerado del Grupo Puno, conteniendo clastos redondeados de cuarcitas y calizas del Grupo Lagunillas. La matriz está alterada a sílice-arcillas y está cortada por vetillas de sílice-óxidos de hierro. (c): capas de caliza. (c1, c2, c3): brechas calcáreas con matriz decalcificada y cortada por vetillas de calcita.

### **3. Otros Denuncios Efectuados**

Gracias al trabajo de prospección llevado a cabo en este estudio, se pudieron denunciar otras áreas más dentro de la franja regional:

- Japuoco Distrital: 7,400 Ha. Ampliación de los denuncios originales del proyecto Japuoco gracias a la identificación distrital de áreas prospectables en los alrededores del proyecto. Actualmente en fase de prospección a detalle por parte del equipo de J. Trujillo.
- Lidia Distrital: 1,600 Ha. Denuncios efectuados en los alrededores del proyecto Lidia de la Compañía Orión. No se ha efectuado mayores trabajos en el área aún.

## XI

### CONCLUSIONES

- ✓ Los objetivos de exploración deben ser flexibles en el tiempo, enriqueciéndose y variando de acuerdo a los nuevos conocimientos adquiridos por la experiencia o por el avance de la ciencia y la tecnología (nuevos descubrimientos, imágenes satelitales, Google Earth, tecnología Bleg, etc.).
- ✓ Los dogmas están para romperse. El factor error humano debe tenerse en cuenta al momento de evaluar una oportunidad de prospección/exploración que ya ha sido evaluada por otras personas. Hay mucho de subjetivo más que de objetivo en etapas tempranas de la evaluación de proyectos. Los datos que se interpretaron de una forma en un momento pueden ser vistos de otro modo en el futuro.
- ✓ Una recopilación minuciosa de la data existente al momento de delinear una franja de exploración nos ayudará a evitar hacer un doble trabajo de campo, sobre todo si es innecesario. También nos ayudará a entender el enfoque con que se tomó la data original, que no necesariamente es el enfoque actual.

Muchas oportunidades se han encontrado desde el momento de leer reportes antiguos o plotear data existente.

- ✓ La franja vulcano-sedimentaria Jurásica-Cretácica del sur del Perú es muy prospectable para Yacimientos de Clase Mundial de Au, Ag y Cu como los que busca Newmont: baja ley y gran tonelaje. El descubrimiento de Chucapaca y de Japuoco lo confirman. No sólo debemos enfocarnos en la tradicional franja volcánica Terciaria.

## XII

### RECOMENDACIONES

- ✓ Efectuar los trabajos de detalle recomendados en Cotaña y Jacune para definir blancos de perforación.
- ✓ Continuar la prospección entre Japuoco y Mazocruz, evitando los conflictos sociales.
- ✓ Prolongar la franja de exploración publicada en este estudio hacia el SE en territorio boliviano. La geología no conoce de fronteras políticas.
- ✓ Efectuar estudios estratigráficos detallados en las rocas sedimentarias de los Grupos Yura/Lagunillas, Ayavacas y Puno, lo cual ayudará a entender mejor los procesos de alteración/mineralización en dichas rocas. El Ingemmet y las universidades locales deben asumir este reto.
- ✓ Explicar a la población local que la industria minera respeta el medio ambiente y mejora el IDH (Índice de Desarrollo Humano). Diferenciar entre trabajos de exploración y minado. La gente tiene la errónea idea de que toda minería es contaminante y trae perjuicios para las otras industrias: agricultura,



ganadería, etc. El Estado en conjunto con la Sociedad Nacional de Minería y Petróleo deben asumir este trabajo.

## XIII

### BIBLIOGRAFIA

- Geología del Cuadrángulo de Ichuña, Agosto 1966. Hoja 33-u. Boletín No 14-A del Ingemmet. Por René Marocco y Mario del Pino.
- Geología de los Cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitire, Mazocruz y Pizacoma, Setiembre de 1978. Hojas 34-t, 34-u, 34-v, 34-x, 34-y. Boletín No 29-A del Ingemmet. Por Wilfredo García Márquez.
- Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca-Sur del Perú (Proyecto Integrado del Sur), 1993. Hojas: Condorama (31-t), Ocuwiri (31-u), Juliaca (31-v), Huancané (31-x), Moho (31-y), Chivay (32-s), Callalli (32-t), Lagunillas (32-u), Puno(32-v), Ácora (32-x), Isla Soto (32-y), Pichacani (33-v), Ilave (33-x), Juli (33-y) e Isla Anapia (33-z). Boletín No 42-A del Ingemmet. Klinck B.A., Ellison R.A., Hawkins M.P., Palacios O., De la Cruz J. & De la Cruz, N.