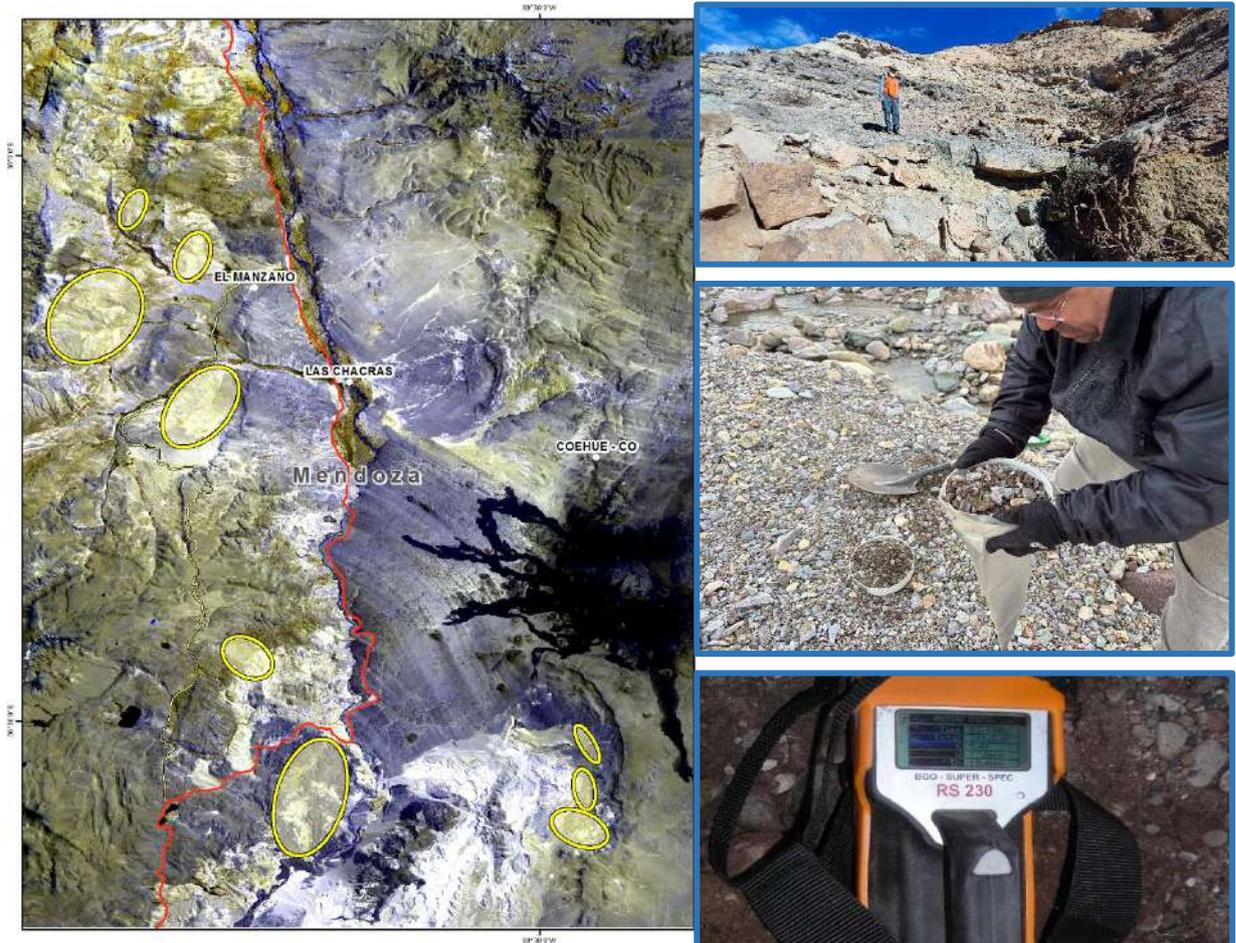


EXPLORACIÓN – ETAPA I

PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL SEDIMENTARIOS DE COBRE DEPARTAMENTO DE MALARGÜE PROVINCIA DE MENDOZA



Preparado para
Impulsa Mendoza
Por
Lic. Guillermo Re Kühl
En Colaboración con
HytecAltoAmericas S.A.
Agosto 2024

INFORME TÉCNICO

PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL SEDIMENTARIOS DE COBRE

Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza
República Argentina

RESUMEN EJECUTIVO

- Los Proyectos San Romeleo y Sierra Azul se encuentran dentro del Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza y cuentan con ambientes geológicos y tectónicos favorables para la existencia de depósitos de cobre sedimentario de interés exploratorio.
- A partir del procesamiento, análisis e interpretación de imágenes satelitales provistas por diversos sensores remotos, así como de la evaluación de la información geológica y minera disponible, se identificaron nueve (9) objetivos (targets) de exploración, los que fueron agrupados en dos proyectos:
 - Proyecto San Romeleo:
 - El Relincho Norte
 - El Relincho Sur
 - San Romeleo
 - Proyecto Sierra Azul:
 - La Languita
 - El Manzano
 - Sierra Azul
 - Mechanquil
 - La Puntilla
 - Las Coloradas

- Se utilizaron imágenes correspondientes al satélite LandSat 8, al sensor ASTER, a las imágenes de alta resolución Centinel-2, Bing e imágenes radar SRTM.
- La identificación de dicha área de interés minero se basó en el análisis espectral que permitió detectar e identificar zonas de alteración mineralógica - óxidos de hierro y carbonatos entre otros-, en el análisis estructural, que permitió la identificación de patrones tectónicos y estructurales y del análisis geomorfológico a través del modelo de elevación digital generado a partir de las imágenes radar.
- Los trabajos de campo incluyeron el reconocimiento geológico de los nueve (9) objetivos exploratorios, así como la identificación de la mineralogía presente en cada uno de ellos y la toma de muestras para análisis geoquímicos.
- Se reconocieron sectores con presencia de mineralización de cobre dentro de varios de los proyectos. Los valores de mayor interés fueron identificados en los Proyectos San Romeleo (14% Cu) y El Manzano (12% Cu).
- Las características geológicas y estructurales de los tres proyectos dentro del grupo de San Romeleo (El Relincho Norte, El Relincho Sur y San Romeleo) permiten considerarlos como una sola unidad exploratoria. De ser correcta esta hipótesis de trabajo, se podría considerar que se está ante la presencia de un yacimiento de cobre, uranio y vanadio de gran extensión.

- El relevamiento radimétrico realizado durante las tareas de campo permitió la identificación de la presencia de uranio en sitios donde la existencia de dicho mineral era desconocida, como ser en los Proyectos El Relincho Sur y Mechanquil.
- Los resultados obtenidos durante este trabajo evidencian la potencialidad de ambos proyectos, en particular los objetivos identificados dentro del Proyecto San Romeleo y al El Manzano dentro del grupo de objetivos en el Proyecto Sierra Azul. Otros targets dentro de este proyecto, tal como Mechanquil, también presentan evidencias de mineralización de interés económico, la que permite también considerarlos como objetivos para próximas exploraciones.

INFORME TÉCNICO

PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL SEDIMENTARIOS DE COBRE

Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza
República Argentina

ÍNDICE

▪	RESUMEN EJECUTIVO	
▪	ÍNDICE	Pág. i
I.	INTRODUCCIÓN	Pág. 1
II.	ÁREA DE ESTUDIO	Pág. 2
	• UBICACIÓN Y ACCESOS	
III.	SENSORES REMOTOS	Pág. 18
	• PRINCIPIOS	
	• SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	
	• PRE-PROCESAMIENTO DE DATOS	
	• PROCESAMIENTO DE DATOS	
	• INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS	
IV.	GEOLOGÍA	Pág. 37
	• ESTRATIGRAFÍA	
	• MINERALIZACIÓN	
V.	GEOQUÍMICA	Pág. 46
	• MUESTRAS DE ROCA	
	• MUESTRAS DE SEDIMENTOS DE CORRIENTE	
	• MUESTRAS DE FLUJO DE ROCAS (“FLOAT”)	

INFORME TÉCNICO

PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL

SEDIMENTARIOS DE COBRE

Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza

República Argentina

ÍNDICE (Cont.)

VI. RADIMETRÍA	Pág. 51
VII. MODELO GEOLÓGICO	Pág. 55
• SEDIMENTARIOS DE COBRE Y URANIO	
VIII. PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL	Pág. 61
VIII.I PROYECTO SAN ROMELEO	Pág. 61
○ SAN ROMELEO	Pág. 61
○ EL RELINCHO SUR	Pág. 75
○ EL RELINCHO NORTE	Pág. 87
VIII.II PROYECTO SIERRA AZUL	Pág. 96
○ SIERRA AZUL	Pág. 96
○ EL MANZANO	Pág. 106
○ LA LANGUITA	Pág. 120
○ MECHANQUIL	Pág. 128
○ LA PUNTILLA	Pág. 137
○ LAS COLORADAS	Pág. 146

INFORME TÉCNICO

PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL

SEDIMENTARIOS DE COBRE

Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza

República Argentina

ÍNDICE (Cont.)

IX. REFERENCIAS

Pág. 156

ANEXO

- ANEXO I: ANÁLISIS QUÍMICOS DIGITAL

BASE DE DATOS GIS

I. INTRODUCCIÓN

Las tareas y resultados descritos en el presente informe corresponden al requerimiento por parte de la empresa IMPULSA MENDOZA de proceder con la identificación de áreas con potencial minero en el sector occidental del Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza, a partir del procesamiento, análisis e interpretación de imágenes satelitales provistas por diversos sensores remotos, la evaluación de la información geológica y minera disponible, así como la consecuente verificación de campo de áreas seleccionadas.

Durante los meses de mayo y junio de 2024 se realizaron campañas de campo en dicho sector del Departamento de Malargüe, en dos grupos de proyectos sedimentarios de cobre, denominados Proyectos Sierra Azul y San Romeleo, cubriendo una superficie de aproximadamente 10.000 hectáreas.

Dichos proyectos se encuentran en un sector del mencionado departamento, comprendido entre las localidades de Bardas Blancas, El Manzano, El Alambrado, El Zampal y San Romeleo.

Dentro de estos proyectos fueron evaluados nueve (9) objetivos (targets) de exploración: La Languita, El Manzano, Sierra Azul, Mechanquil, La Puntilla, Las Coloradas dentro del Proyecto Sierra Azul y El Relincho Norte, El Relincho Sur y San Romeleo dentro del denominado Proyecto San Romeleo.

Los resultados obtenidos durante este trabajo evidencian la potencialidad de ambos proyectos, en particular los objetivos identificados dentro del Proyecto San Romeleo y al El Manzano dentro del grupo de objetivos en el Proyecto Sierra Azul. Otros targets dentro de este proyecto, tal como Mechanquil, también presentan evidencias de mineralización de interés económico, la que permite también considerarlos como objetivos para próximas exploraciones.

II. ÁREA DE ESTUDIO

- UBICACIÓN Y ACCESOS

Los Proyectos San Romeleo y Sierra Azul se encuentran localizados en el sur de la Provincia de Mendoza, en el sector centro-sur del departamento de Malargüe, comprendido entre las localidades de Bardas Blancas, El Manzano, El Alabrado, El Zampal y San Romeleo. La superficie de ambos proyectos es de aproximadamente 10.000 hectáreas (Fig. II.1).

Dentro de estos proyectos se definieron nueve (9) objetivos (targets) de exploración: La Languita, El Manzano, Sierra Azul, Mechanquil, La Puntilla, Las Coloradas, El Relincho Norte, El Relincho Sur y San Romeleo.

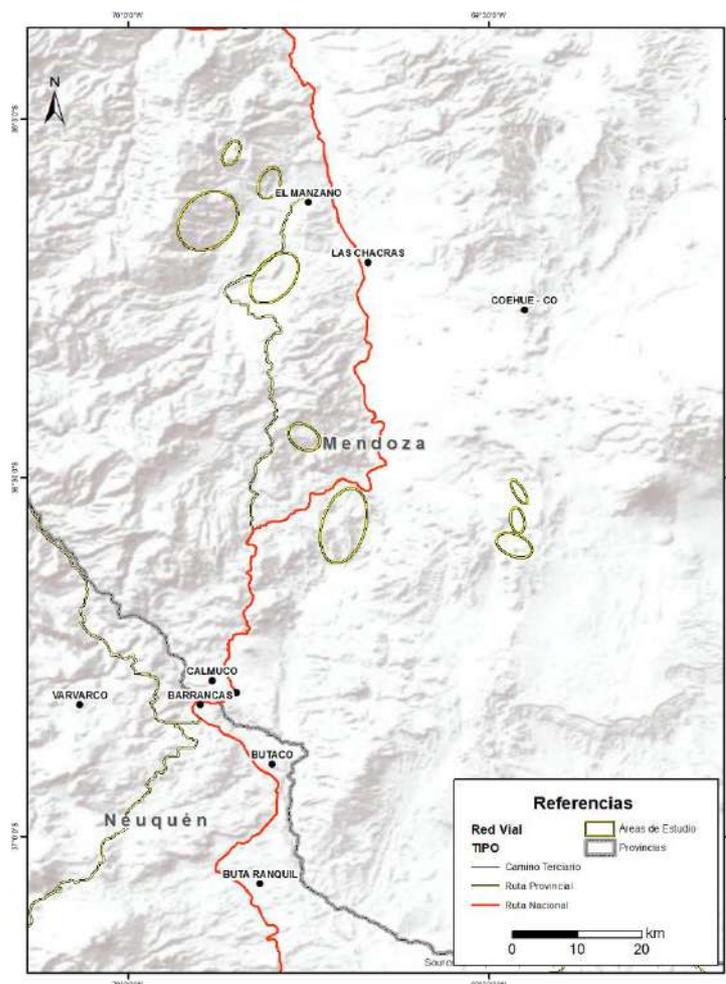


Figura II.1. Proyectos San Romeleo y Sierra Azul: Área de estudio.

Las principales vías de acceso en el área de estudio son la ruta nacional 40 y la provincial 221. Existen además huellas vecinales, mineras y picadas petroleras de acceso en las áreas de los nueve objetivos de exploración.

Las tareas de campo se realizaron a partir de dos bases operativas identificadas y visitadas en forma previa a la etapa de exploración. Dichas bases fueron:

- La localidad de Bardas Blancas, al norte del área de trabajo, desde donde se procedió a realizar las tareas en los objetivos de El Manzano, La Languita, Sierra Azul y Mechanquil.
- El puesto de la Familia Montesino en San Romeleo, en el sector sureste del área de trabajo, desde donde se estudiaron los objetivos de La Puntilla, Las Coloradas, El Relincho Norte, El Relincho Sur y San Romeleo.

En el presente capítulo se realiza una breve descripción de los accesos a los targets mencionados.

1. PROYECTO SAN ROMELEO

❖ Base Operativa

- Puesto de la Familia Montesino en San Romeleo.
- Acceso desde Bardas blancas por rutas de ripio.

❖ Objetivos dentro del Área

- La Puntilla, Las Coloradas, El Relincho Norte, El Relincho Sur y San Romeleo (Figura II.2).

❖ Área de Estudio

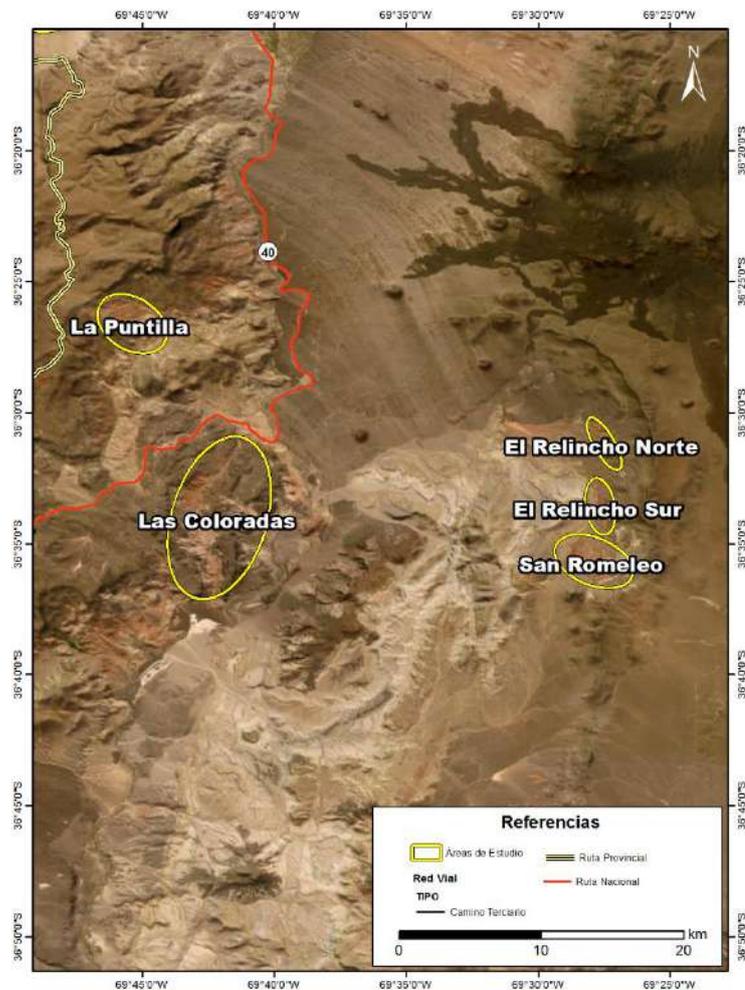


Figura II.2. Proyecto San Romeleo: Objetivos de exploración dentro del área de estudio.

1.1. San Romeleo

Se accede desde la ruta nacional 40 en El Zampal por el camino de ripio que va al yacimiento PRC; se recorren 24 km hasta el desvío al puesto de la Familia Montesino en el área de San Romeleo. Se puede acceder a las zonas de interés desde antiguas huellas mineras y por arroyos secos transitables con precaución (Figuras II.3., II.4. y II.5.).

1.2. El Relincho Norte

La zona central de este objetivo se encuentra a 10 km al norte del puesto de la Familia Montesino. A la misma se puede ingresar por un arroyo seco hasta una picada antigua de YPF (en muy malas condiciones) y luego con animales o caminando se revisara el área (Figuras II.3., II.4. y II.5.).

1.3. El Relincho Sur

Ubicado entre el Relincho Norte y la mina San Romeleo. Se accede por el mismo camino que va hacia el puesto de la Familia Montesino y luego a través de cauces secos, a recorrer con animales y caminando (Figuras II.3., II.4. y II.5.).

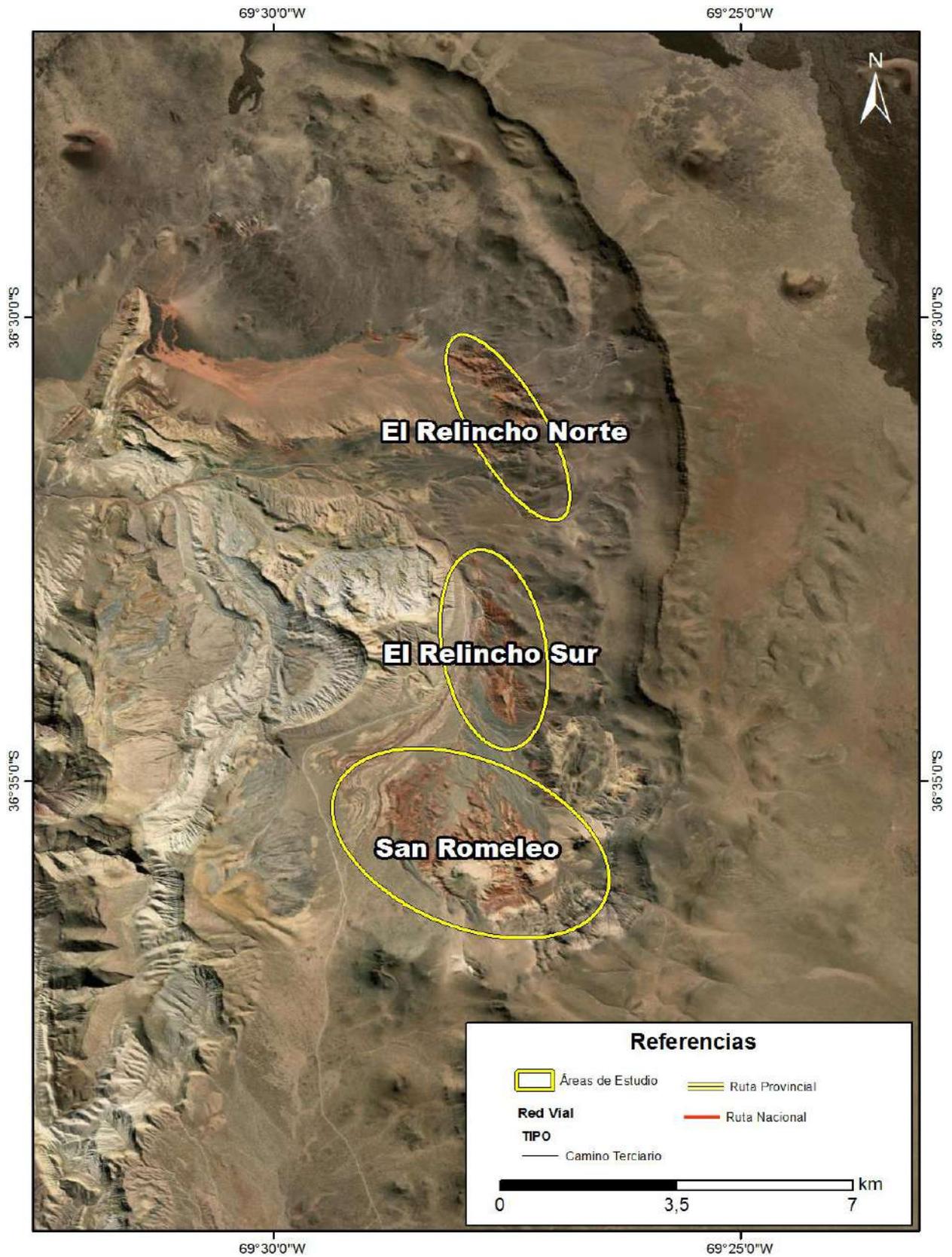


Figura II.3. Proyecto San Romeleo: Accesos a los objetivos San Romeleo, El Relincho Norte y El Relincho Sur.



Figura II.4. Proyecto San Romeleo: Accesos.



Figura II.5. Proyecto San Romeleo: Accesos.

1.4. La Puntilla

El acceso a este objetivo desde el norte a través de la ruta provincial 221 debió ser descartado por las malas condiciones de dicha ruta a partir de la localidad de El Alambrado, lo que la convierte en intransitable.

Por lo tanto, La Puntilla fue estudiada desde la base operativa en el Puesto de la Familia Montesino en San Romeleo. Desde este sitio se recorren primero 24 km de camino de ripio en buen estado hasta la ruta nacional 40. Desde esta intersección se siguen 18 km por dicha ruta hacia el sureste, hasta empalmar con la ruta provincial 221 y luego unos 15 km en dirección norte por ésta (Figuras II.6 y II.7.).

1.5. Las Coloradas

Este objetivo también será estudiado a partir del Puesto en San Romeleo. En forma similar al target anterior, se recorren primero 24 km de camino de ripio en buen estado hasta la ruta nacional 40. Desde esta intersección se siguen 18 km por dicha ruta hacia el sureste, pasando El Zampal. En dicho punto, se puede ingresar desde la ruta nacional 40 al sector NW de las Coloradas, por un antiguo camino minero en mal estado y luego por una picada antigua en iguales condiciones, por unos 4 km. Desde allí, se deberán recorrer caminando otros 4 km para llegar al área central del target (Figuras II.6 y II.8.).

Si bien el área Las Coloradas cuenta con varias huellas de acceso, todas ellas se encuentran en malas condiciones y en su gran mayoría cortadas por crecientes.

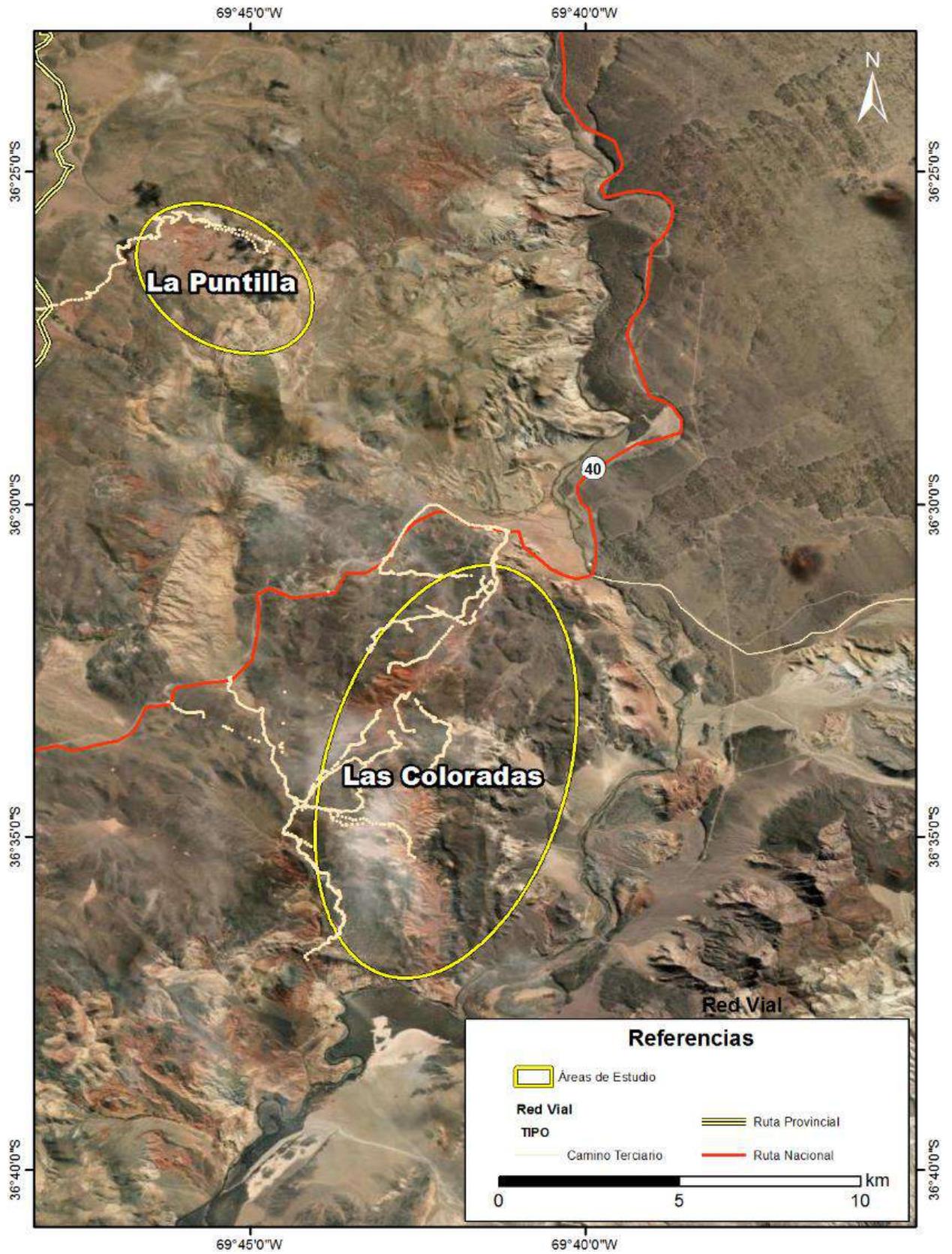


Figura II.6. Áreas La Puntilla y Las Coloradas: Accesos.



Figura II.7. Área La Puntilla: Accesos.



Figura II.8. Área Las Coloradas: Accesos.

2. PROYECTO SIERRA AZUL

❖ Base Operativa

- Localidad de Bardas Blancas.
- Acceso a dicha localidad por rutas asfaltadas.

❖ Objetivos dentro del Proyecto Sierra Azul

- El Manzano, La Languita, Sierra Azul y Mechanquil (Figura II.9.).

❖ Área de Estudio

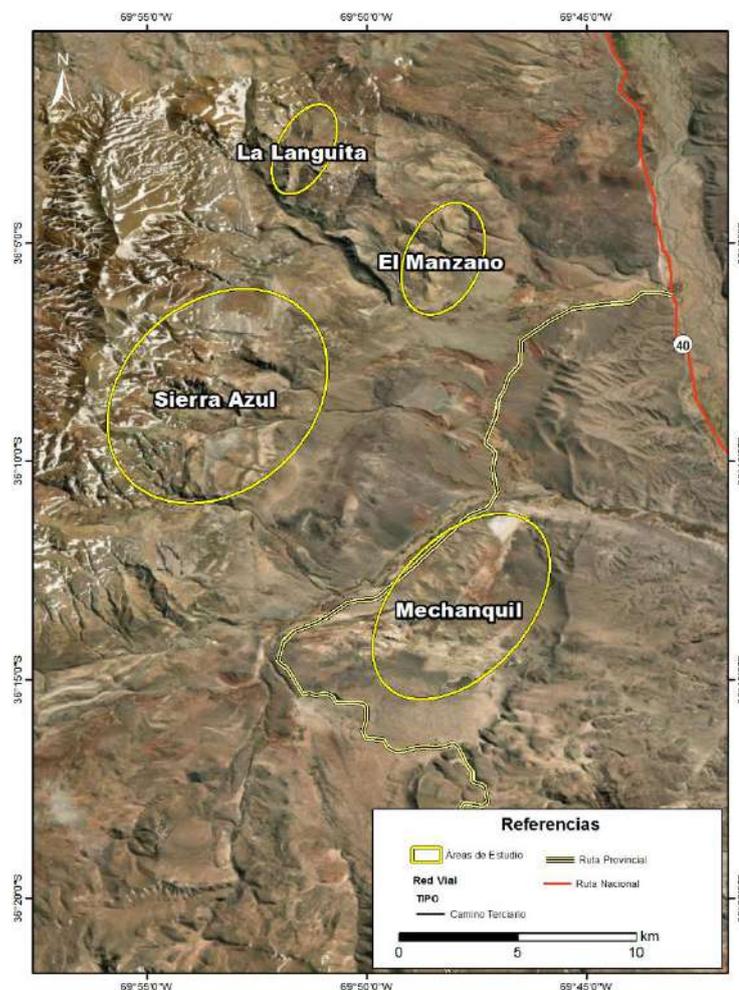


Figura II.9. Proyecto Sierra Azul: Área de estudio.

2.1. El Manzano

La zona central del área El Manzano se encuentra a 4,5 km al W-NW del pueblo del mismo nombre. El acceso a este objetivo se realiza por caminos de ripio secundarios, transitables hasta la zona sur del mismo; se recorren luego 2 km por una antigua picada de YPF en mal estado, hasta alcanzar la parte central de la zona de interés. Desde este punto se recorrerán, a pie las distintas zonas de reconocimiento geológico (Figuras II.10., II.12. y II.13.).

2.2. La Languita

Está ubicada a 15 km del pueblo de El Manzano en dirección NW. El área no tiene accesos directos; solo se puede aproximar a la misma caminando unos 4,5 km por el sector sur hasta la zona central de las anomalías detectadas (Figuras II.10., II.12. y II.13.).

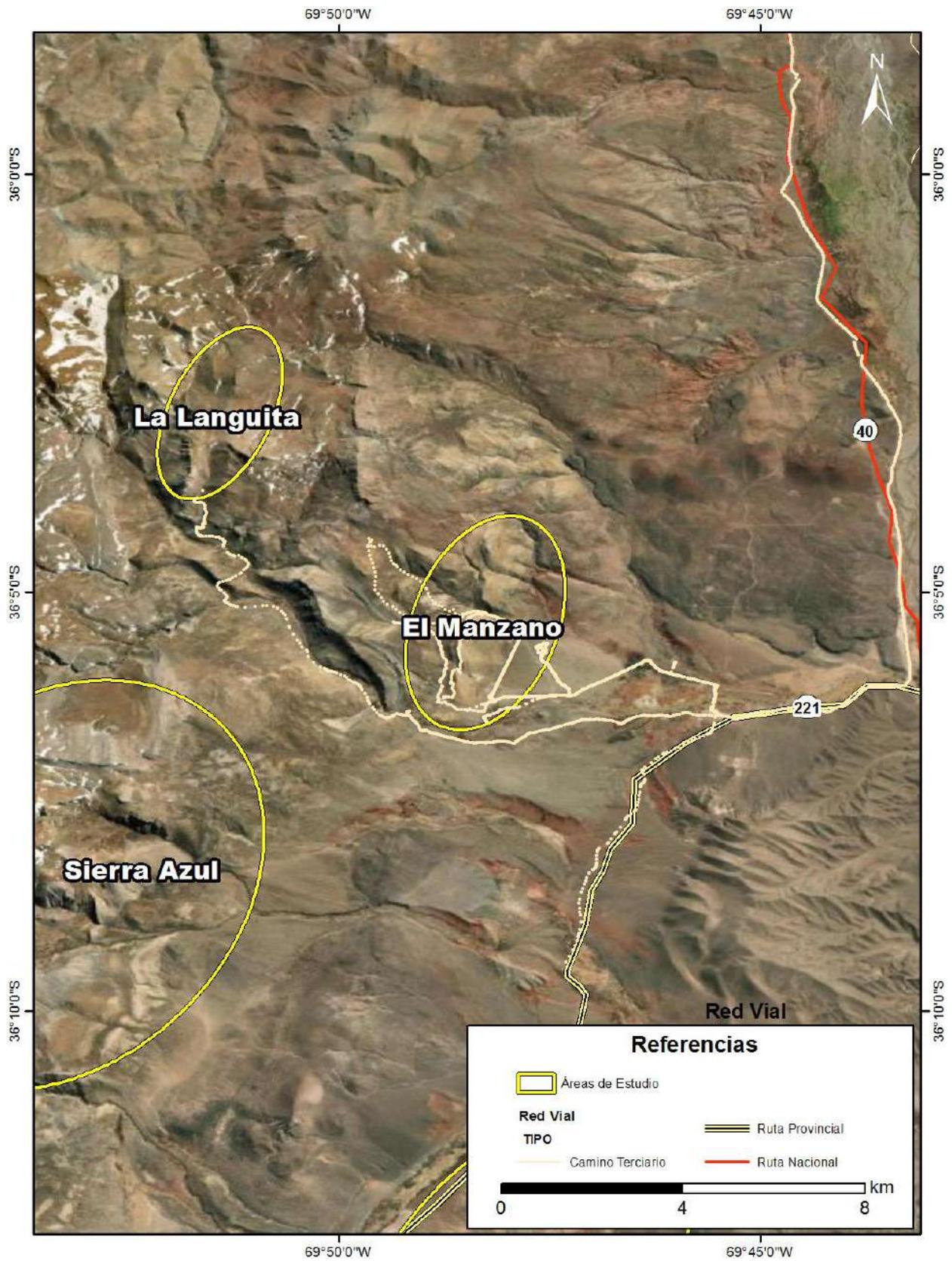


Figura II.10. Proyecto Sierra Azul: Accesos a las Áreas El Manzano y La Languita.

2.3. Sierra Azul

Esta área se encuentra a 20 km al SW del pueblo de El Manzano. Se accede desde el este, por una antigua picada de YPF en malas condiciones hasta 7 km de la zona central (Figuras II.11., II.12. y II.13.).

2.4. Mechanquil

Este target es el más extenso de todas las áreas de interés. Tiene unos 15 km de extensión en dirección N-S y unos 7 km en dirección E-W. La zona central se encuentra a 15 km en dirección sur del paraje El Manzano y a 7 km en dirección NE del paraje El Alambrado. Cuenta con varias vías de acceso y en parte es recorrida por la ruta provincial 221. Los mejores accesos se encuentran en la zona sur, donde una picada petrolera en buen estado corta el área en dirección E-W. (Figuras II.11., II.14. y II.15.).

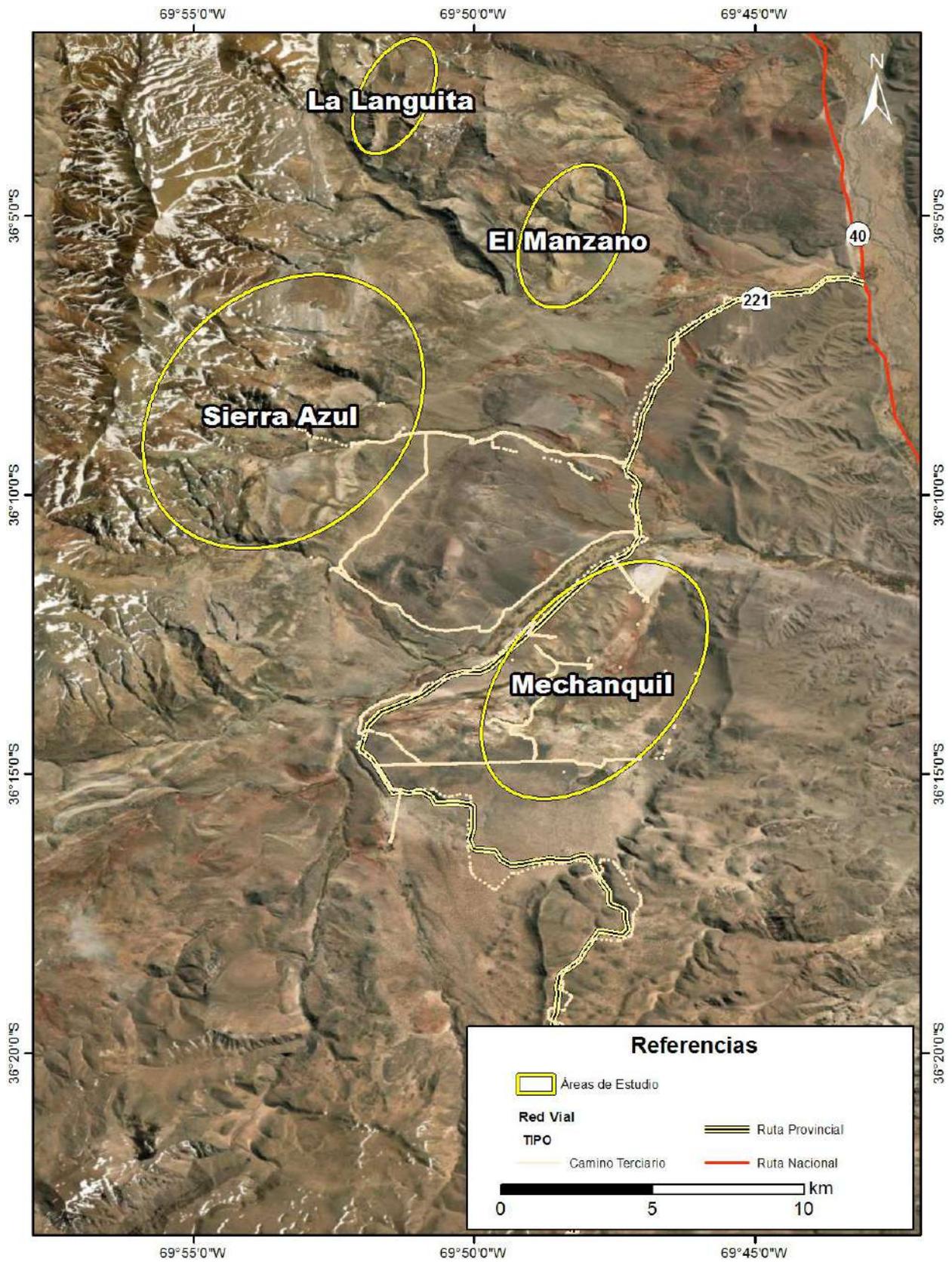


Figura II.11. Proyecto Sierra Azul: Accesos a Áreas Sierra Azul y Mechanquill.



Figura II.12. Proyecto Sierra Azul: Accesos a Sierra Azul - El Manzano- La Languita.



Figura II.13. Proyecto Sierra Azul: Accesos a Sierra Azul - El Manzano- La Languita.



Figura II.14. Proyecto Sierra Azul: Accesos a Mechanquil.



Figura II.15. Proyecto Sierra Azul: Accesos a Mechanquil.

III. SENSORES REMOTOS

- **PRINCIPIOS**

Cuando la radiación solar alcanza el planeta Tierra, parte de esa energía electromagnética es reflejada y parte es absorbida (y luego puede ser re-emitida). Los sensores remotos poseen la capacidad de medir esa interacción entre las ondas electromagnéticas y los distintos materiales sobre la superficie terrestre, registrando información con dispositivos de diferente tipo. La energía captada por el sensor es convertida en una señal eléctrica que luego es digitalizada. En el caso de una imagen digital, la señal queda subdividida en áreas discretas denominadas píxeles (de “*picture elements*”). Cada píxel aporta datos esenciales para identificar los materiales existentes dentro de la superficie que representa.

La interacción entre la radiación y la superficie puede ser registrada de diversas maneras, de acuerdo al objetivo y alcance particulares del estudio espectral. Por ejemplo, pueden utilizarse sensores satelitales, aerotransportados o terrestres (Figuras III.1 y III.2).

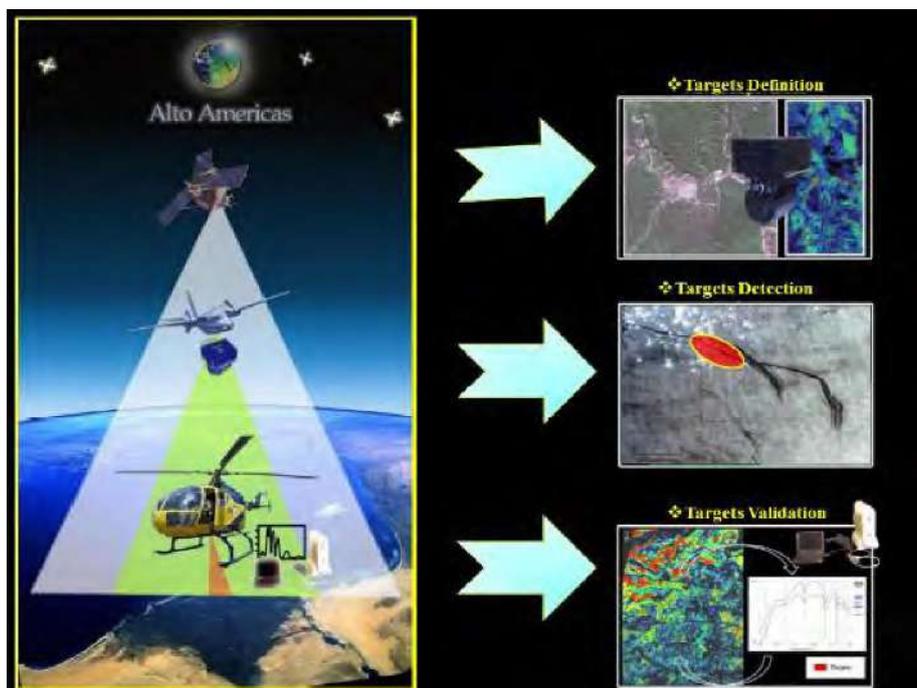


Figura III.1. Exploración con sensores remotos.

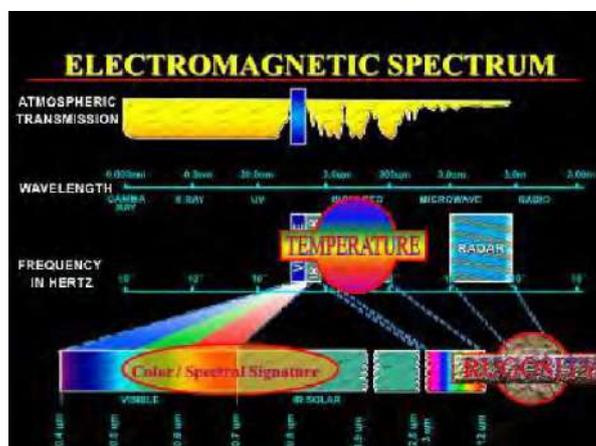


Figura III.2. Espectro electromagnético

En general, la cantidad de información que puede extraerse a partir de la interpretación de imágenes digitales se encuentra limitada por las características propias del instrumento elegido para la adquisición de las mismas.

Estas características son:

- **Resolución Espacial**

Está determinada por las dimensiones del píxel. Define el tamaño de los elementos que pueden ser detectados en la imagen. Por ejemplo, si el píxel es de 30 x 30 metros no permitirá distinguir con claridad objetos menores a esa distancia. La Figura III.3 muestra las diferencias entre una imagen con una resolución espacial de un metro y otra con resolución espacial de treinta metros.



Figura III.3. Diferentes resoluciones.

El Cuadro III.1 muestra la cantidad de píxeles que proveerían información sobre una superficie equivalente a una hectárea según diferentes resoluciones espaciales.

	Resolución espacial			
	30 m	15 m	4 m	1 m
1 ha	11 píxeles	44 píxeles	625 píxeles	10.000 píxeles

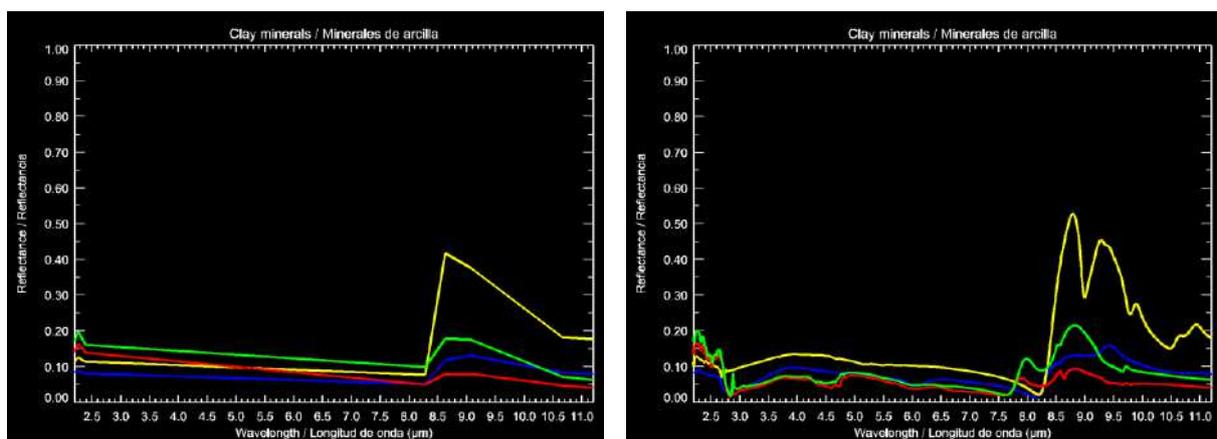
Cuadro III.1. Cantidad de píxeles equivalentes a una hectárea en diferentes resoluciones.

- **Resolución Espectral**

La resolución espectral hace referencia a la cantidad y al ancho de las bandas o canales recolectados por el sensor. La energía electromagnética es capturada en segmentos discretos del espectro electromagnético. O sea que un sensor registra longitudes de onda específicas, determinadas por el tipo y cantidad de detectores que lo componen. Esta propiedad deriva en la importante distinción entre sensores multispectrales e hiperspectrales. Los primeros tienen generalmente entre cuatro y veinte canales anchos, ubicados en el espectro de manera dispersa, mientras que los hiperspectrales poseen más de cien bandas angostas ubicadas de manera secuencial.

Cuando los valores que son registrados en los distintos canales se expresan gráficamente contra sus respectivas longitudes de onda, la forma resultante es llamada firma espectral. Cada material en la superficie terrestre posee una firma espectral distintiva. Esta verdadera huella digital se presenta con mayor detalle al aumentar la resolución espectral.

En las Figuras III.4.a y III.4.b se puede observar la diferencia entre firmas multispectrales e hiperspectrales, en este caso para minerales arcillosos típicos.



Figuras III.4.a y III.4.b. Comparación entre firmas multispectrales (izquierda) e hiperspectrales (derecha).

- **Resolución Temporal**

Está definida como el período de tiempo en cual un sensor vuelve a registrar datos sobre una misma zona.

Por ejemplo, para un satélite que tiene órbita fija, es el tiempo que tarda en pasar sobre un mismo punto de la superficie terrestre. El Cuadro III.2 muestra la resolución temporal de diversos satélites.

Satélite	Tiempo de revisita
Ikonos	3 días (*)
LandSat	16 días
QuickBird	7 días (*)
Spot	23 días
TERRA (ASTER)	16 días

Cuadro III.2. Períodos de diferentes satélites

(* a 40 ° de latitud y con ángulo de captura de hasta 26°).

- **Plataforma**

Otro parámetro importante a tener en cuenta es el tipo de plataforma sobre la cual puede montarse un sensor. Básicamente, existen tres tipos:

- **Satelitales:**

Los sensores están acoplados a satélites con órbitas polares sincrónicas con respecto al Sol, generalmente entre los 400 km y los 800 km de altitud nominal.

- **Aerotransportados:**

Los sensores a bordo de aviones se denominan sensores aerotransportados. Registran información durante un vuelo planificado, dependiendo su realización de las condiciones meteorológicas existentes en la zona a sobrevolar.

- **Terrestres:**

Son los denominados espectrómetros terrestres portátiles; sus dimensiones reducidas permiten realizar relevamientos de campo, registrando datos en el terreno con una elevada resolución espectral (más de 1000 bandas).

Para este trabajo se planificó la adquisición de imágenes obtenidas por dos tipos de sensores satelitales: LandSat-8 OLI y ASTER. El Figura III.5 resume comparativamente las características básicas de los mismos.

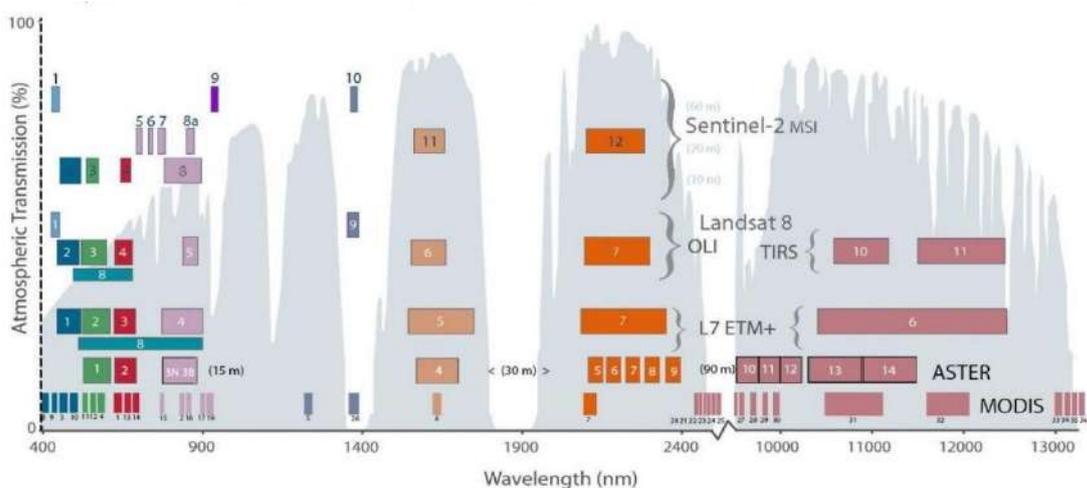


Figura III.5. Comparación entre las características básicas de los sensores satelitales MODIS, ASTER, LandSat 7 & 8 y Sentinel-2.

Las imágenes Sentinel-2 son una nueva flota de satélites diseñada específicamente para proporcionar los abundantes datos e imágenes de que se nutre el programa Copernicus, de la Comisión Europea.

Cuentan con una innovadora cámara multiespectral de alta resolución, con 13 bandas espectrales. La combinación de alta resolución y las nuevas capacidades espectrales, así como un campo de visión que abarca 280 kilómetros de anchura y sobrevuelos frecuentes, proporciona relevamientos de la Tierra sin precedentes.

La Misión se basa en una constelación de dos satélites idénticos en la misma órbita, separados por 180 grados, para lograr una cobertura y descarga de datos óptima. Cada cinco días los satélites cubrirán todas las superficies terrestres, grandes islas y aguas costeras.

Las imágenes Sentinel 2 están formadas por 13 bandas que operan desde el visible hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR) (Cuadro. III.3).

	SENTINEL 2	
	Longitud de onda (μm)	Resolución (m)
Banda 1 - Aerosol	0,43 - 0,45	60
Banda 2 - Blue	0,45 - 0,52	10
Banda 3 - Green	0,54 - 0,57	10
Banda 4 - Red	0,65 - 0,68	10
Banda 5 - Red edge 1	0,69 - 0,71	20
Banda 6 - Red edge 2	0,73 - 0,74	20
Banda 7 - Red edge 3	0,77 - 0,79	20
Banda 8 - Near Infrared (NIR) 1	0,78 - 0,90	10
Banda 8A - Near Infrared (NIR) 2	0,85 - 0,87	20
Banda 9 - Water vapour	0,93 - 0,95	60
Banda 10 - Cirrus	1,36 - 1,39	60
Banda 11 - SWIR 1	1,56 - 1,65	20
Banda 12 - SWIR 2	2,10 - 2,28	20

Cuadro III.3. Características Sentinel-2.

Adicionalmente, fueron adquiridas imágenes satelitales Bing de alta resolución.

Se trata de imágenes satelitales del buscador Bing de Microsoft (*Microsoft Bing Maps*) que incluye varios terabytes de cobertura mundial. En muchas áreas, la resolución máxima es de aproximadamente 4,5 píxeles por metro.

Bing Maps actualiza con frecuencia sus imágenes aéreas, más o menos mensualmente. El lanzamiento del servicio se dio el 3 de junio de 2009 y cada versión de imágenes nuevas normalmente contiene más de 10 TB de imágenes.

Dichas imágenes, correspondientes a combinaciones RGB con color natural de alta resolución fueron adquiridas con una resolución de 5 metros.

- **SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE IMÁGENES SATELITALES**

- **IMÁGENES SENTINEL-2**

La totalidad del área del Proyecto se cubre espacialmente con dos (2) imágenes. Sin embargo, para la selección final de las óptimas se obtuvieron y evaluaron un gran número de imágenes obtenidas en diversos años, debido al grado de nieve y nubosidad presente en la región. Luego de inspeccionar extensas bases de datos, se seleccionaron las imágenes con mejor calidad espectral (Cuadro III.4 y Figura III.6).

COBERTURA Sentinel-2		
ID	Nombre	Fecha de Adquisición
S2B_MSIL1C_20240214T142719_N0510_R053_T19HDA_20240214T174840	T19HDA_20240214T174840	14 – 02 – 2024
S2B_MSIL1C_20240214T142719_N0510_R053_T19HDV_20240214T174840	T19HDV_20240214T174840	14 – 02 – 2024

Cuadro III.4. ID Sentinel - 2

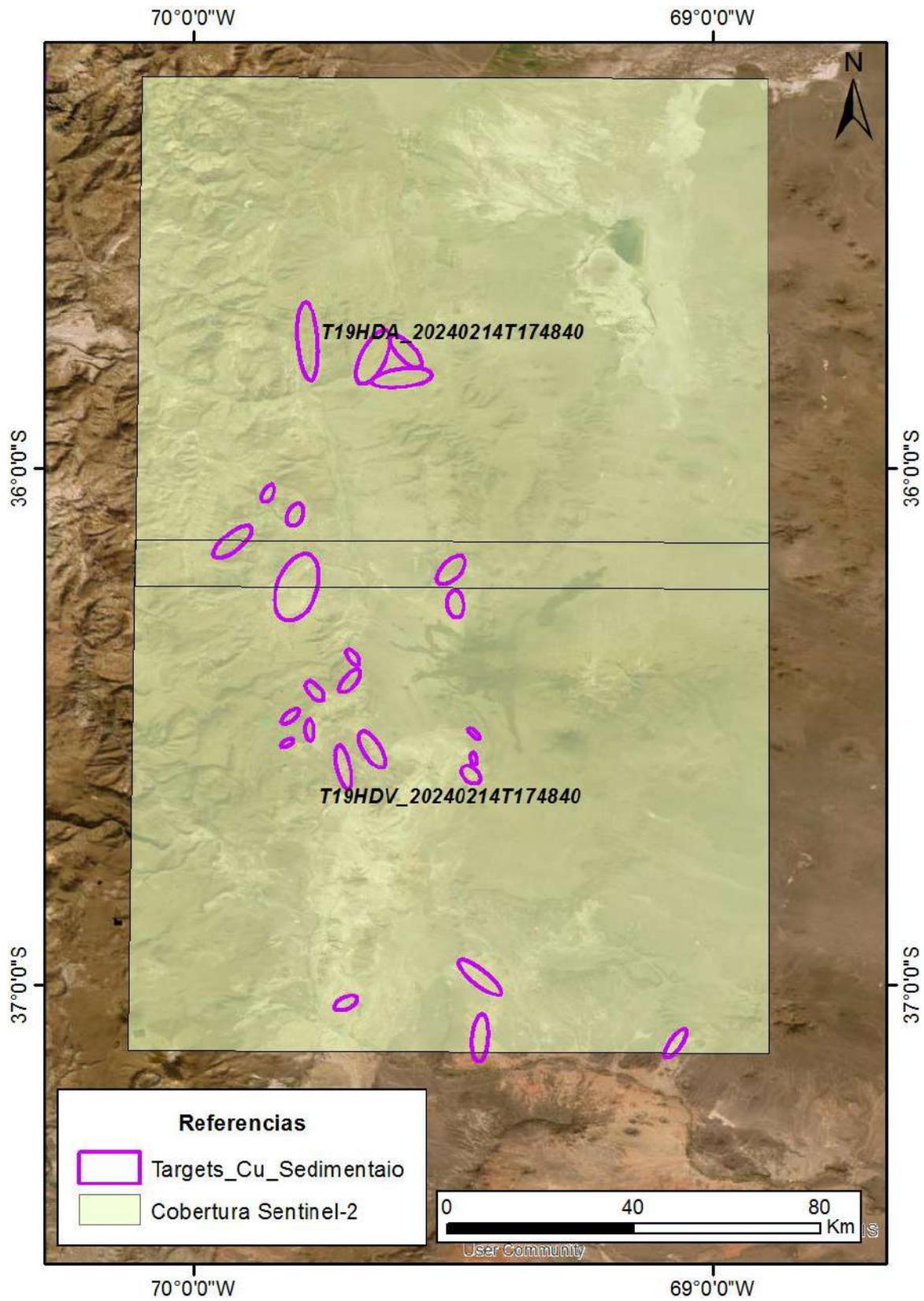


Figura III.6. Cobertura de imágenes Sentinel-2.

- **PRE-PROCESAMIENTO DE DATOS**

Esta sección del estudio corresponde a la etapa de pre-procesamiento de los datos satelitales adquiridos, en la cual se aplica a los mismos, una serie de correcciones, ajustes y procesos que permiten la generación de los productos a ser interpretados.

Imágenes Sentinel-2

El pre-procesamiento de las imágenes Sentinel-2 consistió en la aplicación de las siguientes correcciones radiométricas y ajustes geométricos:

- Georreferenciación
- Calibración Radiométrica
- Corrección Atmosférica
- Re-proyección
- Corte de Escena
- Elaboración de Máscaras
- Mosaiqueo

Las imágenes fueron obtenidas, georreferenciadas y orto rectificadas con un error de geolocalización menor a un píxel (10 metros).

Las imágenes son adquiridas en sistema de coordenadas planas y proyección UTM, por lo que posteriormente es necesario re-proyectarlas a coordenadas geográficas con Datum WGS-84.

La aplicación de máscaras elimina la información espectral de baja calidad, la cual principalmente se debe a la elevada cantidad de nieve, nubosidad o humedad atmosférica que impera en toda la región (Figura III.7).

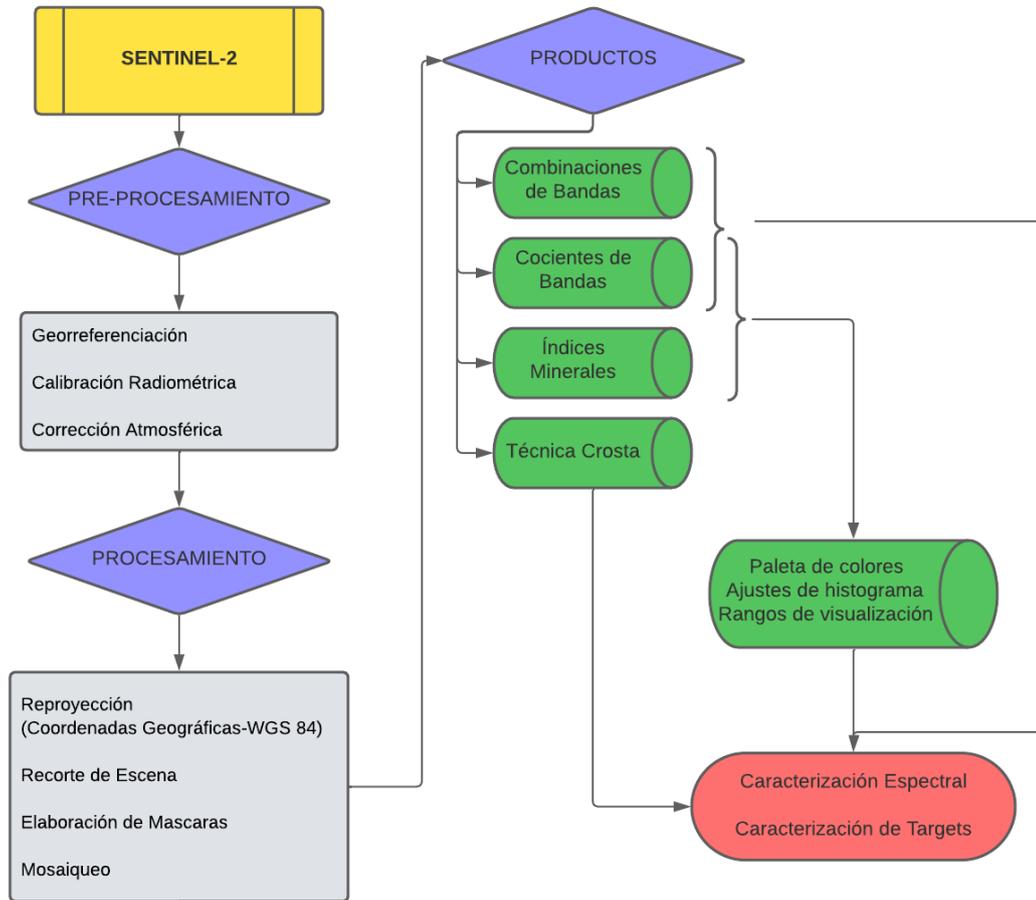


Figura III.7. Diagrama de flujo para las imágenes Sentinel-2.

- **PROCESAMIENTO DE DATOS**

- **SENTINEL-2**

Los productos finales del procesamiento de imágenes Sentinel- 2 incluyen diversos tipos de *rasters*, entre combinaciones de banda e índices. Estos productos han sido extensivamente investigados y existen diversos repositorios de los mismos. Uno de los repositorios de referencia y que fue utilizado en este proyecto se encuentra en el siguiente link:

<https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel/sentinel-2/>

Índices Minerales

Implican los cocientes y álgebra de bandas para resaltar patrones o picos de absorción característicos de ciertos minerales, grupos minerales o tipos de alteraciones. A continuación se indica el nombre del índice y entre paréntesis su fórmula de álgebra de bandas:

- Óxido Férrico (B4/B3)
- Óxido Ferroso (B12/B8 + B3/B4)
- Gossan (B11/B4)
- Oxhidrilos – OH (B11/B12)

Técnica Crosta

La transformación de componentes principales es una técnica estadística multivariada que selecciona combinaciones lineales no correlacionadas (autovectores) de variables de tal manera que cada combinación lineal extraída sucesivamente, o componente principal (CP), tenga una varianza menor. El objetivo principal del análisis de CPs es eliminar la redundancia en datos multiespectrales. El análisis de componentes principales se utiliza ampliamente para mapear la alteración en provincias metalogénicas (Ranjbar *et al.*, 2003).

La Técnica Crosta también se conoce como selección de componentes principales orientada a características espectrales. A través del análisis de los autovectores y autovalores permite identificar los componentes principales que contienen información espectral sobre minerales específicos, así como la contribución de cada una de las bandas originales a los componentes en relación con la respuesta espectral de los materiales de interés.

Los minerales que contienen hidroxilos constituyen el producto de alteración más extendido. La abundancia de arcillas, que contienen minerales e hidróxidos que contienen Al-OH- y Mg-OH- en las zonas de alteración, implica que las bandas de absorción en el rango de 2,1 a 2,4 μm (Banda12) debido a procesos de vibración molecular se vuelven muy prominente. El óxido de hierro también es un componente bastante común de las zonas de alteración asociadas con depósitos de sulfuros hidrotermales. Los minerales que contienen óxido de hierro se pueden detectar mediante la relación del CP de B4. Esta relación daría valores muy altos para las zonas que contienen óxido de hierro.

Combinaciones de Bandas (R-G-B)

Corresponde a la generación de rasters en color, donde en cada canal rojo (red, "R"), verde (green, "G"), y azul (blue, "B") se asigna una banda o índice en particular para resaltar en distintos colores las zonas de interés. A continuación se indican las bandas o índices utilizados en cada canal R, G y B: (Figura III.8).

- Color natural (B4-B3-B2)
- Infrarrojo (B5-B4-B3)
- Falso Color (B7-B6-B2)
- Alteración (B4/B2 - B6/B7 - B10)

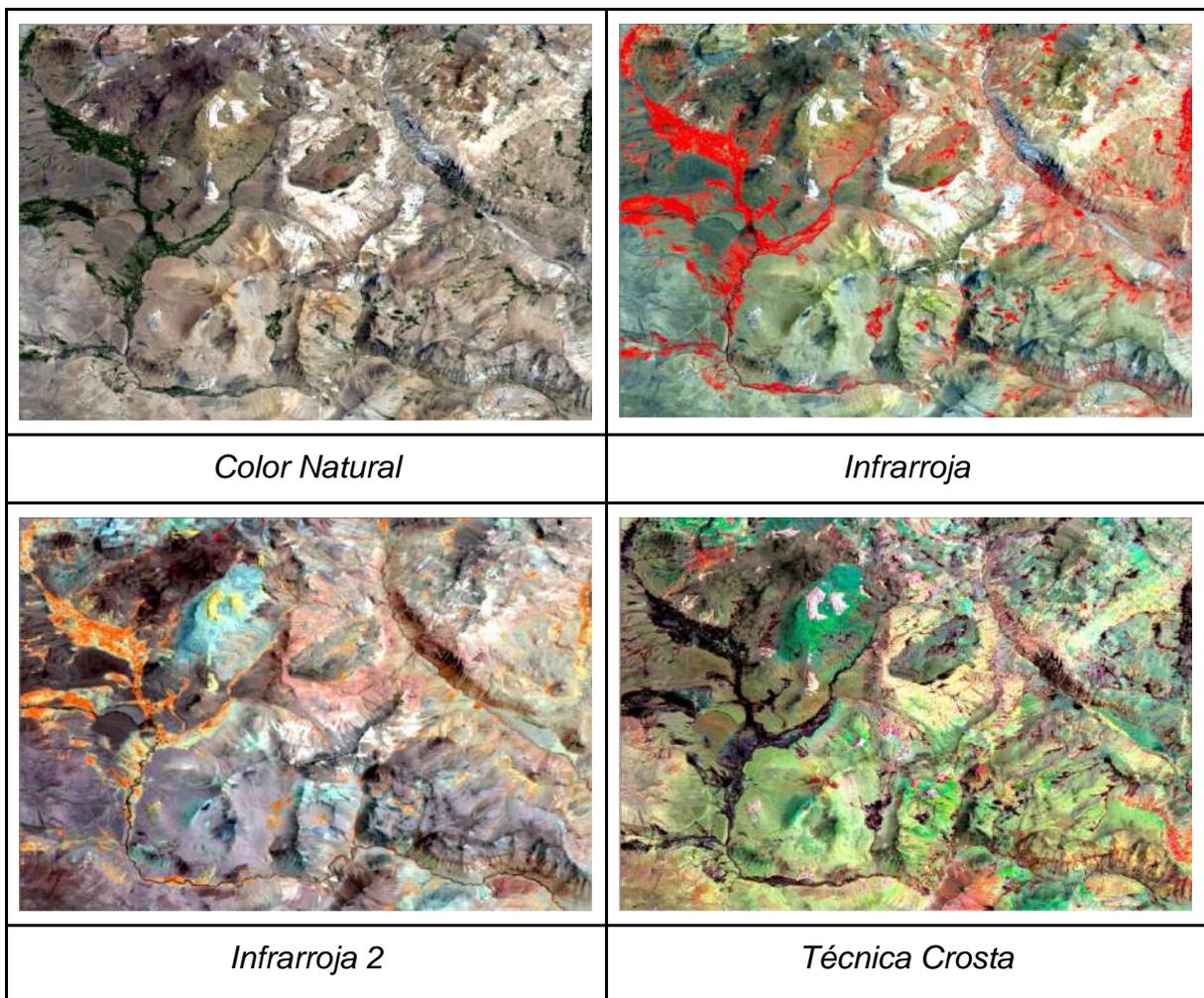


Figura III.8. Productos Sentinel-2

- INTERPRETACIÓN DE DATOS

A partir de la generación de los nuevos productos satelitales de alta resolución obtenidos mediante las imágenes satelitales de Sentinel 2 y Bing sumados a la interpretación de sensores remotos multiespectrales & SRTM realizados previamente en el informe. Identificación de Áreas de Potencial Minero en el Departamento de Malargüe, Mendoza (HytecAltoAmericas, 2023), se reinterpretaron la geología, las alteraciones minerales y su distribución espectral.

A continuación se detallan los parámetros más representativos de cada producto satelital.

Sentinel-2

Los mejores resultados de dicha interpretación fueron logrados a partir de los siguientes productos:

- La aplicación de la Técnica Crosta permitió identificar con bastante precisión las zonas con alteración hidrotermal, en particular la alteración fílica (Figura III.9.a).
- El producto logrado con la aplicación del algoritmo del Óxido Férrico indica correctamente la periferia sobre el halo pirítico con magnetita (Figura III.9.b).
- A partir de la Clasificación Supervisada, se identifica con claridad el halo de alteración en los Proyectos (Figura III.9.c), indicando una correlación espectral con los depósitos minerales en el sector adyacente.

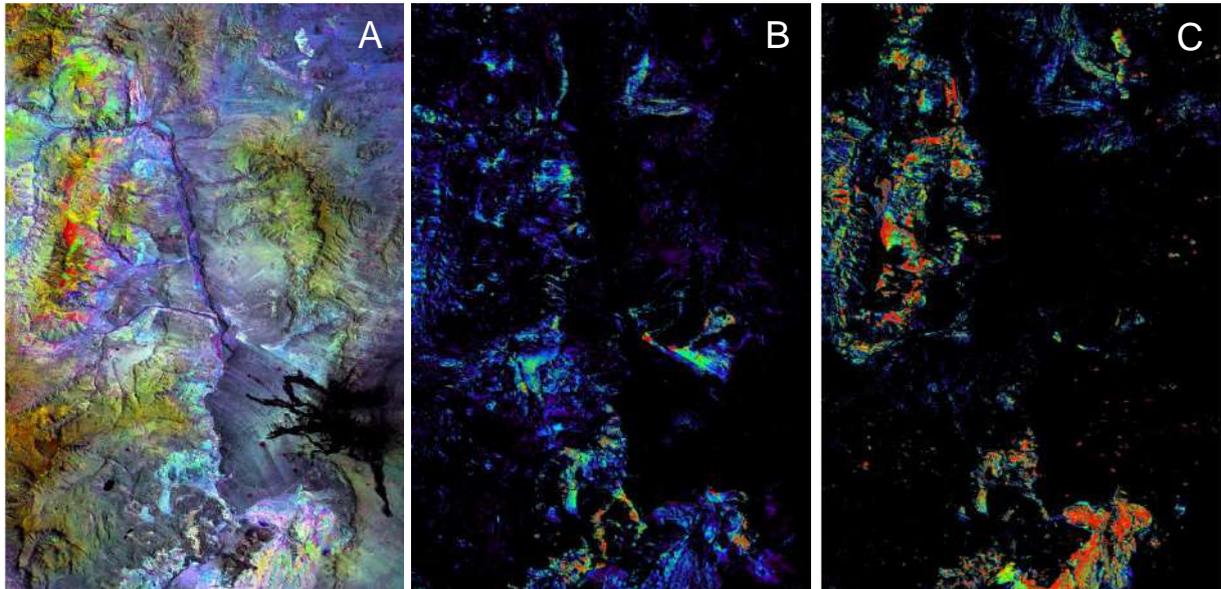


Figura III.9. Productos logrados a partir de las imágenes Sentinel – 2:
a) Técnica Crosta; b) Óxido Férrico; c) Clasificación Supervisada.

Con respecto a los productos obtenidos a partir de las imágenes LandSat 8, cabe destacar que resalta el producto “Óxido Ferroso”. Este producto permite identificar con claridad la alteración óxidos de hierro que rodea a los pórfidos (Figura III.10).

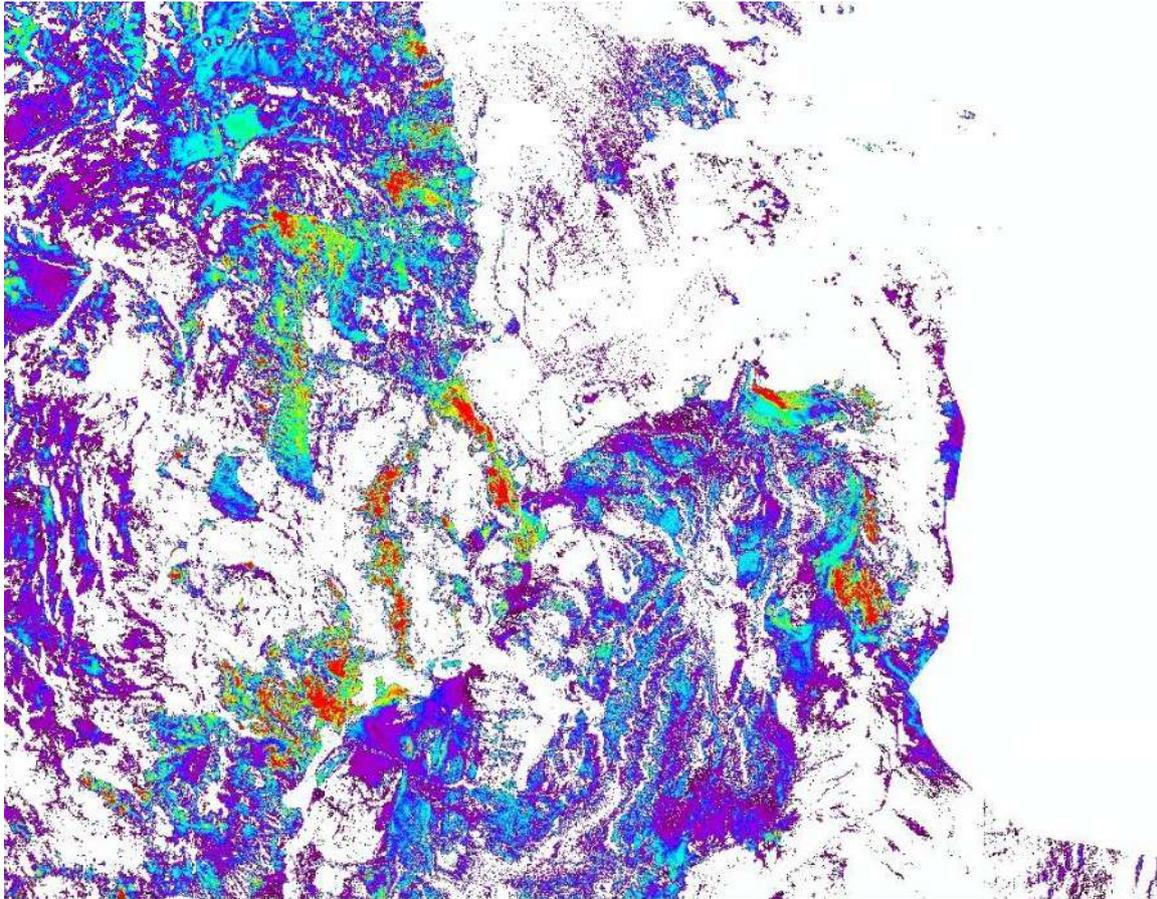


Figura III.10. Imágenes LandSat 8: Producto Óxido Ferroso.

Los productos ASTER presentan buenos resultados en la caracterización del pórfido y sus halos de alteración, particularmente a partir de los siguientes Índices Minerales:

- Índice Alunita-Caolinita-Pirofilita: define los bordes del pórfido (Figura III.11.a)
- Índice Arcilla -6: identifica la alteración fílica (Figura III.11.b)
- Índice de Óxido Férrico: define las zonas de magnetita y óxidos de hierro (Figura III.11.c)

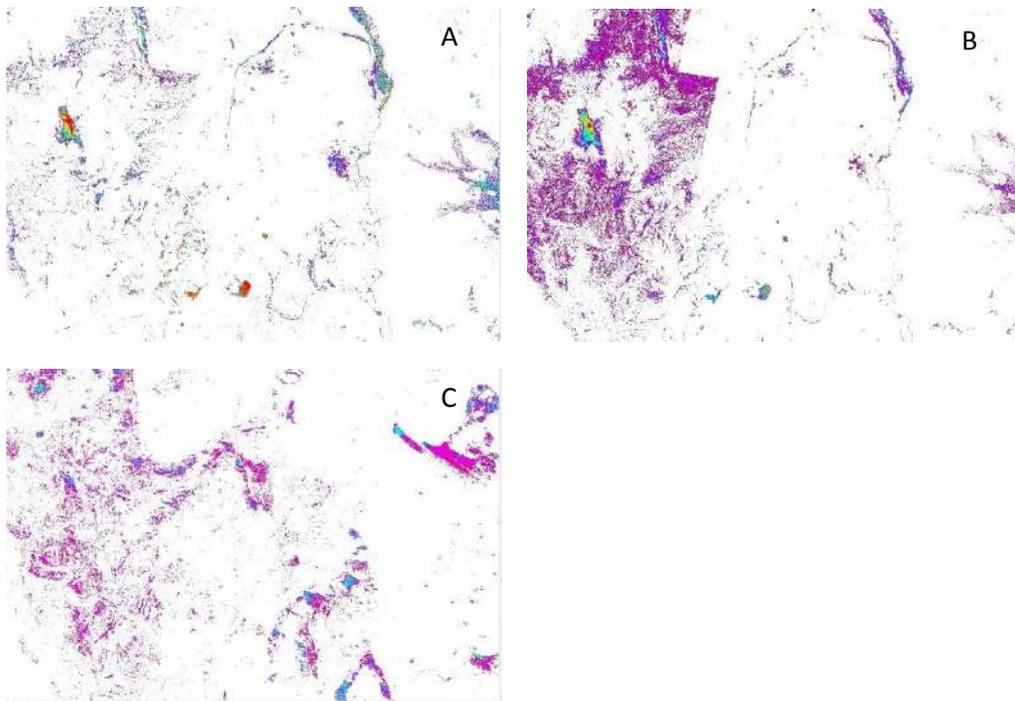


Figura III.11. Índices minerales a partir de imágenes ASTER: a) Alunita-Caolinita-Pirofilita; b) Arcilla -6;c) Óxido Férrico.

IV. GEOLOGÍA

Las nueve áreas estudiadas se encuentran dentro de la Hoja geológica 3769-I Barrancas, la que tiene una superficie aproximada de 14.600 km². La misma está ubicada al sur de la provincia de Mendoza y noroeste de la provincia de Neuquén, extendiéndose entre los paralelos 36° y 37° de latitud sur y los meridianos 69° y 70° 30' de longitud oeste. Abarca la región sur del Departamento Malargüe de la Provincia de Mendoza y la sección norte y nordeste de los Departamentos Pehuenches y Chos Malal respectivamente, de la provincia del Neuquén.

La Hoja Barrancas cubre el sector del cinturón orogénico andino denominado la Faja Plegada y Corrida de la Cordillera Principal (Kozlowski *et al.*, 1989; 1993) de Malargüe, la que tiene como rasgo característico la participación en la deformación de bloques del Grupo Choiyoi.

- **ESTRATIGRAFÍA**

La entidad litológica más antigua reconocida corresponde a las rocas ígneas volcánicas del Grupo Choiyoi (Permo-Triásico). Este magmatismo bimodal forma parte del basamento de la Cuenca Neuquina, cuya margen norte hoy se encuentra en el sector oeste del Departamento de Malargüe y se extiende hasta el límite con el de San Rafael, en el norte.

A partir del Triásico superior se genera la apertura de la Cuenca Neuquina, cuya sedimentación comienza con los depósitos de sinrift de la Fm. Remoredo, compuestos por conglomerados, areniscas y tobas. Posteriormente, se verifica una inundación de la cuenca y discordancia mediante, se depositan las sedimentitas marinas del Grupo Cuyo, integrado por la Fm. Molle y la Fm. Lajas. La máxima inundación de la cuenca se produce al principio del Jurásico Medio, durante el Aaleniano – Bajociano.

La agradación de las distintas secuencias sedimentarias produce una colmatación de la cuenca, un retroceso de las aguas y la regresión del sistema que culmina con la desecación de la cuenca, representadas en la columna estratigráfica por las secuencias evaporíticas de Fm. La Manga y la Fm. Auquilco, también conocidas como yesos principales.

Después de esta colmatación por progradaciones sucesivas, se deposita a mediados del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) el Grupo Mendoza. Éste comienza con la Formación Tordillo, constituida por capas continentales de conglomerados y areniscas con participación volcánica al oeste, evidenciando para esta época la existencia de condiciones de subducción vinculadas a extensión cortical. El Grupo Mendoza, ya iniciado con la depositación de la Fm. Tordillo, continúa con la Fm. Vaca Muerta, cuya litología son calizas y pelitas con mucha materia orgánica. Estas secuencias representan una fuerte ingresión marina, que encuentra su máxima inundación a fines del Jurásico.

Sobre Vaca Muerta se depositan calizas esqueléticas de la Fm. Chachao y sobre ésta y representando los sedimentos de ambiente marino profundo, las arcillitas calcáreas de la Fm. Agrio. Hacia el comienzo del Cretácico (en el Barremiano superior) las condiciones hidrológicas de la cuenca comienzan a cambiar, registrándose la depositación de las secuencias clásticas y evaporíticas del Grupo Rayoso. Sobre este último y en discordancia erosiva, en el Cretácico superior comienzan a depositarse los sedimentos continentales del Grupo Neuquén, representados por conglomerados, areniscas y limoarcillitas, en un ambiente fluvial continental. El Grupo Neuquén tiene especial relevancia en la exploración realizada, ya que en sus sedimentos se encuentran los depósitos de cobre, uranio y vanadio de interés (Figura IV.1).

A finales de la depositación del Grupo Neuquén en el Cretácico superior alto, comenzó un evento magmático que emplazaron andesitas, pórfiros andesíticos y dioríticos de la Fn. Pelán. Antes de que culminen estos eventos magmáticos, en el Campaniano (83 Ma), casi a finales del Cretácico superior, comienza una lenta subsidencia y un cambio regional de pendiente, permitiendo una ingresión marina, esta vez atlántica, que da lugar a la depositación del Grupo Malargüe.

Edad		Esquema litoestratigráfico vigente (*)		Esquema litoestratigráfico propuesto		
Cretácico Superior	65.5 Ma	Grupo Malargüe (parcial)		Grupo Malargüe (parcial)		
	Maastrichtiano					
	70.6 Ma	Discordancia Huantráiquica		Discordancia Huantráiquica		
	Campaniano	Grupo Neuquén	Subgrupo Río Colorado	F. Anacleto	Subgrupo Río Colorado	F. Anacleto
	83.5 Ma			F. Bajo de la Carpa		F. Bajo de la Carpa
	Santoniano		Subgrupo Río Neuquén	F. Plottier	Subgrupo Río Neuquén	F. Plottier
	85.3 Ma			F. Portezuelo		F. Sierra Barrosa
	Coniaciano			F. Portezuelo		F. Los Bastos
	88.6 Ma			F. Cerro Lisandro		F. Portezuelo
	Turoniano		Subgrupo Río Limay	F. Cerro Lisandro	Subgrupo Río Limay	F. Cerro Lisandro
	93.6 Ma			F. Huincul		F. Huincul
	Cenomaniano			F. Candeleros		F. Candeleros
99.6 Ma	Discordancia Miránica Principal		Discordancia Patagonídica			

Figura IV.1: Estratigrafía del Grupo Neuquén (Cazau y Uliana, 1973).

Este grupo está representado por sedimentos marinos y hacia el tope de la secuencia termina con sedimentos continentales y marca el cambio del Cretácico superior al Paleógeno. Las evidencias regionales indican que el levantamiento de la Cordillera de los Andes comienza en el límite paleoceno – eoceno, en el Paleógeno inferior, a los 55,8 Ma, movimientos que además favorecieron la regresión marina registrada al tope del grupo.

El levantamiento de la Cordillera de los Andes genera un elemento topográfico positivo en constante elevación, que durante gran parte del eoceno y todo el oligoceno no generó, para esta localidad, ningún depósito de materiales. Este hiatus duró unos 25 Ma, generando una discordancia presente en la base de los sedimentos que aparecen nuevamente en la columna estratigráfica, que es la Fm. Agua de la Piedra; ésta está integrada por conglomerados, areniscas y pelitas. Al mismo tiempo que se deposita esta formación se genera una fuerte actividad magmática que se extiende hasta el Oligoceno, con las intrusiones y efusiones andesíticas del Ciclo Eruptivo Molle.

Al inicio del Mioceno se depositaron sedimentitas con alto contenido piroclástico -Fm. Loma Fiera-, las que se apoyan en discordancia angular sobre las entidades infrayacentes. Un evento magmático posterior de gran importancia, desarrolla una fase intrusiva perteneciente al Grupo Domuyo y otra efusiva denominada Grupo Palauco. Simultáneamente a este evento, tiene lugar la sedimentación de la Formación Tristeza.

Durante el Mioceno tardío y el Plioceno se reiteró en esta región la actividad ígnea, representada por el magmatismo ácido de la Fm. Huincán, dentro del Ciclo Eruptivo que lleva el mismo nombre y vulcanitas básicas de la Fm. Coyocho, mientras que en la cuenca de antepaís se acumularon las sedimentitas de la Fm. Letelier.

Culmina la actividad ígnea del Plio-Pleistoceno con las vulcanitas de las Formaciones Tilhué y Cerro Domo.

En el Pleistoceno temprano se inicia la construcción del aparato volcánico del Payún Matrú, de composición predominantemente andesítica. La evolución de este centro volcánico se extiende hasta el límite Pleistoceno - Holoceno y sus depósitos de flujos piroclásticos y coladas traquíticas se intercalan con derrames lávicos basálticos pertenecientes a tres ciclos eruptivos: el Chapualitense, el Puentelitense y el Tromenlitense.

A fines del Pleistoceno la glaciación ocurrida imprimió en el sector occidental de la Hoja rasgos característicos de erosión. Completan el cuadro estratigráfico del Cuaternario, los depósitos de remoción en masa, aluviales y coluviales y depósitos aluviales recientes.

En la Figura IV.2 se muestra el cuadro crono-estratigráfico del área de estudio.

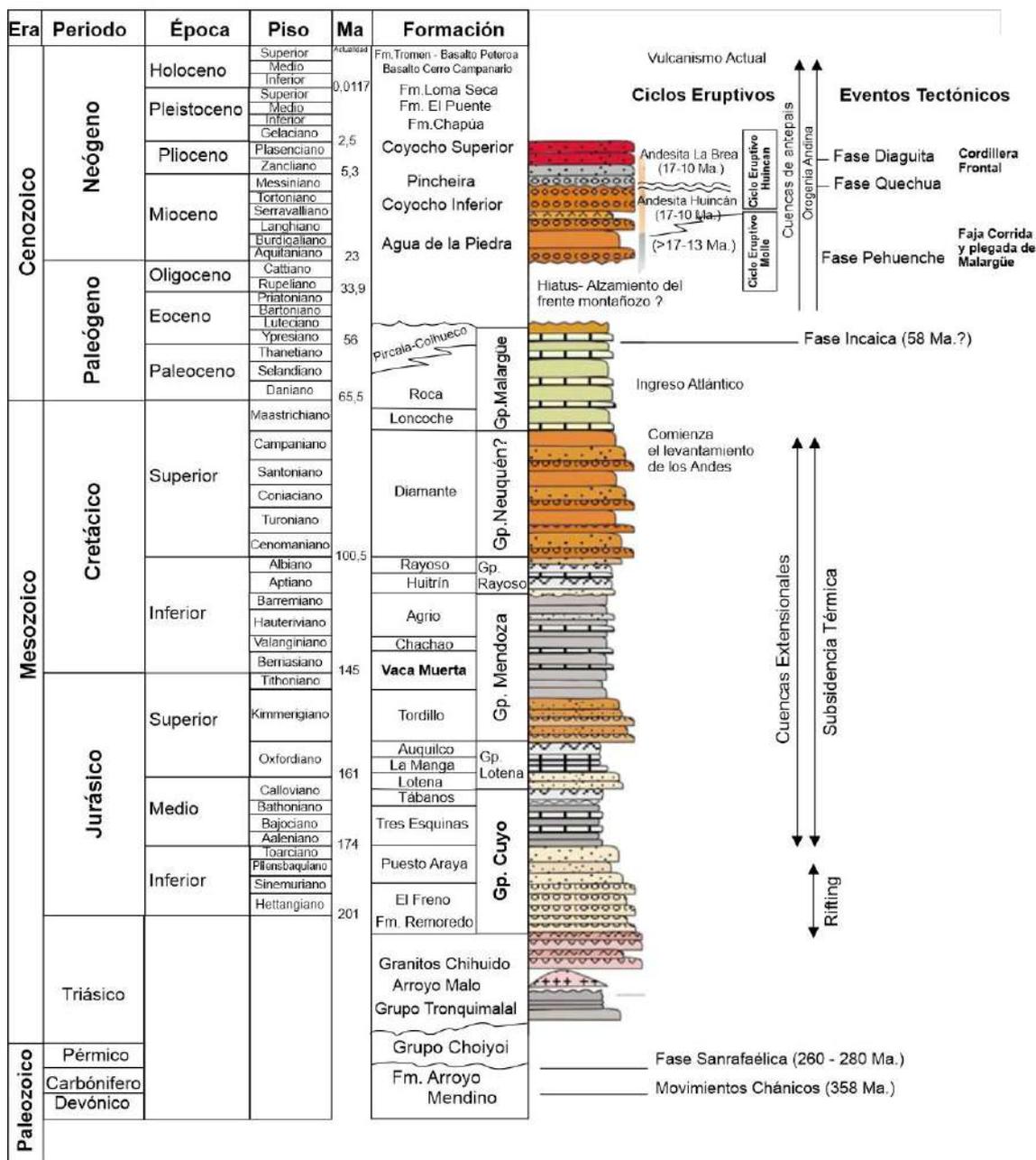


Figura IV.2: Cuadro estratigráfico del área de estudio.

- **MINERALIZACIÓN**

De acuerdo a las características tecto-sedimentarias, morfológicas y geoquímicas, los depósitos de cobre del sector centro sur de Malargüe y que se alojan en el Grupo Neuquén, se puede clasificar como Depósitos de Cobre con Uranio y Vanadio de tipo “**red bed**” hospedados en areniscas y conglomerados.

La hipótesis de cómo se formaron estos depósitos indica que los mismos se deben a la circulación de fluidos salinos que disolvieron iones metálicos de las areniscas rojas, para luego depositarlos en forma de sulfuros y sulfatos cuando las condiciones de pH/Eh lo permitían. Estas condiciones generalmente se dan cuando hay presencia de materia orgánica, carbonato de calcio y yesos.

La mineralización cuprífera se aloja en areniscas calcáreas del Grupo Neuquén, distribuido en uno o varios niveles que están decolorados y contienen restos vegetales silicificados y/o bitumen asfáltico. Se trata de impregnaciones irregulares, de forma lenticular y aisladas, asociadas a las rocas calcáreas y a los vegetales fosilizados, que por lo general desaparecen en corto espacio, tanto en sentido horizontal como en el vertical; también rellenan fisuras. Los minerales presentes son malaquita, azurita y calcantita, con cantidades menores de cuprita, calcosina, limonitas y óxidos de manganeso.

Entre los depósitos de minerales metalíferos en sedimentos encontrados en el sur de Malargüe, se destaca la mineralización cuprífera de la mina San Romeleo, que fue trabajada durante el período 1966-1967. Por otro lado, se menciona en alguna bibliografía también la existencia de pequeñas minas de cobre-vanadio, de hierro y de plomo en la región estudiada. Cabe mencionar que si bien se indica que estos depósitos carecen de importancia económica, hasta mediados del siglo XX, los precios de los metales eran muy bajos y se buscaban yacimientos con leyes muy altas.

Con respecto a minerales industriales alojados en sedimentos del Grupo Neuquén, se pueden mencionar yacimientos de azufre, de baritina-celestina y de sal. También se encuentran en la región numerosas ocurrencias de asfaltita; algunas de ellas fueron explotadas en la década del '40.

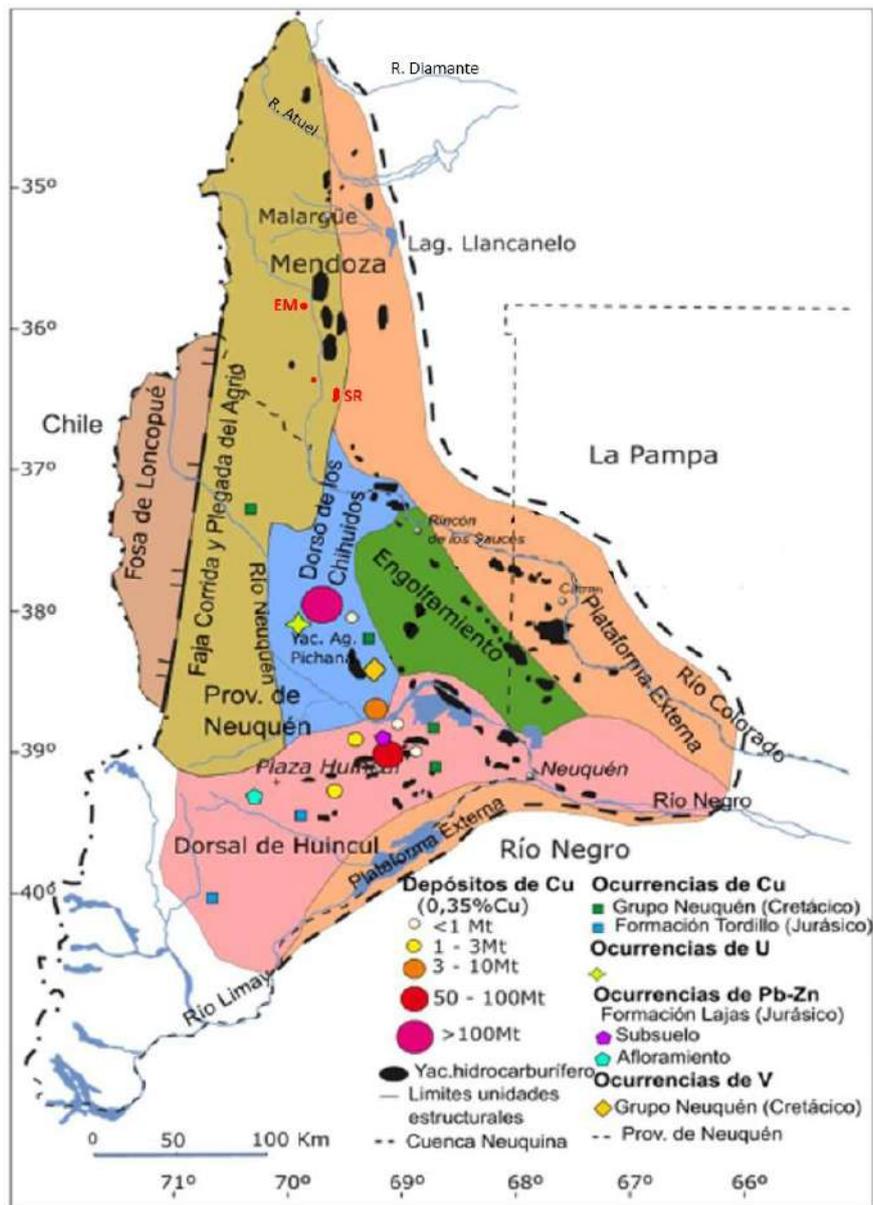


Figura IV.3: Mapa morfoestructural de la Cuenca Neuquina. Se indica la ubicación de los principales depósitos y ocurrencias de Cu, U, Pb-Zn y V de Neuquén y el suroeste de Mendoza. Se indican en rojo, El Manzano (EM) y San Romeleo (SR). Todos estos depósitos están relacionados a rocas sedimentarias Jurásicas y Cretácicas (modificado de Pons, J. y Giusiano, A., 2017).

En la Figura IV.3 se puede ver el desarrollo de la Cuenca Neuquina, que abarca desde el sur del Río Diamante en el Departamento de San Rafael en Mendoza, hasta el norte del Río Limay en la Provincia de Neuquén, teniendo su mayor desarrollo areal en el límite de las dos provincias.

Los depósitos de cobre sedimentario se encuentran posicionados en el centro de la cuenca, donde se han desarrollado estructuralmente anticlinales amplios y alargados en dirección norte-sur. Los principales depósitos en Malargüe alojados en areniscas de Grupo Neuquén son: El Manzano, ubicado pocos kilómetros al sur de Bardas Blancas y San Romeleo–Los Relinchos, ubicados a 62 km en línea recta del límite con Neuquén hacia el norte.

V. GEOQUÍMICA

Durante el relevamiento geoquímico realizado esta campaña en las nueve (9) áreas seleccionadas por cobre sedimentario, se tomaron un total de cincuenta y un (51) muestras para su correspondiente análisis.

Las muestras correspondieron a:

- Veinticinco (25) muestras de rocas
- Veintitrés (23) muestras de sedimento de corriente
- Tres (3) muestras de flujo de rocas ("*Float*")

Las muestras fueron analizadas por la técnica ICP- MASA de 48 elementos, más 12 elementos de tierras raras (REE), y sumando al Au, que se analizó por separado, dando un total de 61 elementos químicos examinados.

La ubicación de las mismas puede observarse en las figuras de la Sección VIII y los resultados de todos los análisis geoquímicos, en el anexo correspondiente.

● MUESTRAS DE ROCAS

Se tomaron veinticinco (25) muestras de roca en los afloramientos identificados. Los análisis químicos de estas muestras indican anomalías de interés en varios elementos, como ser, el vanadio, el torio, la plata, el molibdeno y en particular el cobre y el uranio (Tabla V.1).

Estos últimos elementos arrojaron valores que se toman como anómalos en esta etapa de exploración, donde se considera un valor anómalo de cobre (Cu) por encima de los 200 ppm y uno anómalo para el uranio (U), por arriba de los 9 ppm. Estos valores de anomalías se obtienen en forma estadísticas, a partir de bases de datos y de los valores de concentración de estos elementos en la corteza terrestre.

N°_muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo_muestra	Ag	Ba	Cu	Mo	Nb	Nd	Pb	Sn	Th	U	V	Zn
1428	San Romeleo	2458713	5950186	Rock	7,58	285	17990	7,77	7,9	31,7	93,5	2,1	8,13	5,2	56	114
1429	San Romeleo	2458712	5950191	Rock	2,06	351	1848,2	4,25	12,1	26,3	34,6	2,5	7,75	8,4	137	86
1430	San Romeleo	2446741	5958256	Rock	0,3	469	94	4,74	27,9	31,2	<0.5	1,9	3,57	1,2	189	100
1431	San Romeleo	2458273	5949239	Rock	<0.01	115	18,1	12,07	1,9	8,3	2,1	0,4	1,31	10,3	189	39
1462	San Romeleo	2458596	5950046	Rock	0,35	272	33650	8,62	9,1	35,4	26	2	8,64	5,3	84	59
1463	San Romeleo	2458657	5950090	Rock	0,17	309	52,5	6,81	8,2	33,6	16,7	2,2	12,35	3	67	41
1465	Relincho Sur	2458295	5953929	Rock	0,7	614	89,1	8,83	58,7	29	9,3	4,1	18,67	5,5	31	63
1468	San Romeleo	2458051	5952089	Rock	0,87	564	16,3	11,45	70	30,5	11,6	4,6	22,03	6,5	24	67
1469	San Romeleo	2456585	5951281	Rock	0,25	42	105,9	9,8	1,5	0,9	3,4	1,1	0,28	2,7	184	43
1470	Relincho sur	2458748	5952457	Rock	0,67	319	33440	8,95	4,7	20,8	39,4	1,2	6,61	3,8	40	37
1472	Relincho sur	2458646	5954629	Rock	0,92	551	38,1	38,21	62,6	35,4	32,8	3	11,03	38,8	37	98
1473	Relincho sur	2458641	5954634	Rock	0,83	492	75,2	45,53	52,8	32,3	24,9	2,6	9,83	39,7	53	130
1474	Relincho Norte	2459212	5957324	Rock	0,55	358	81290	53,13	8	42,2	25,2	2,4	9,96	6,2	58	17
1475	Relincho Norte	2459243	5957366	Rock	1,45	8003	49800	54,9	5,4	33,9	232,5	1,2	4,25	10,4	166	444
2038	San Romeleo	2459612	5949780	Rock	0,46	60	145,3	4,34	168,1	11	16,6	10,1	38,03	17,4	1	52
2041	San Romeleo	2460083	5950263	Rock	0,22	412	179,2	7,25	92,2	19,3	14,9	5,3	30,47	5,5	8	129
2044	Mechanquil	2427241	5991727	Rock	0,36	1203	598,6	1,89	1,3	0,5	<0.5	<0.2	0,13	0,4	6	9
2045	Mechanquil	2427147	5991470	Rock	3,68	1510	31	5,54	1	3,4	6,8	0,2	0,17	4	13	12
2048	Sierra azul	2420841	5999480	Rock	0,34	621	20,8	2,47	7,8	26,5	6,7	2,1	5,31	1,5	37	63
1525	El Manzano	2427148	6006170	Rock	58,32	360	61440	112,99	5,8	41	23,8	1,4	8,26	13,7	75	38
1526	El Manzano	2427256	6006282	Rock	93,84	347	35600	7,48	2,9	28,5	6,4	1,1	4,44	8,1	51	24
1527	El Manzano	2427258	6006317	Rock	129,46	288	58940	71,54	6,3	26	28,4	1,5	7,11	34,7	92	15
1528	El Manzano	2427488	6006381	Rock	154,06	341	87620	13,69	4,1	19,7	30,7	1,3	5,99	25,7	93	308
1529	El Manzano	2427128	6005544	Rock	204	301	123710	17,74	4,3	18,9	34,1	1,2	6,15	16	76	8
1530	El Manzano	2427112	6005099	Rock	85,26	248	108720	10,14	3,5	16,4	23,4	1,1	5,01	9	110	33

Tabla V.1: Principales resultados geoquímicos (resaltados en amarillo) de las 25 muestras de roca obtenidas en las distintas áreas estudiadas. Se puede apreciar los altos valores de cobre en zonas no conocidas como El Relincho Norte o El Manzano. Llama la atención los altos valores de uranio en el área de El Relincho Sur.

- MUESTRAS DE SEDIMENTOS DE CORRIENTE

Se tomaron veintitrés (23) muestras de sedimentos de corriente en los principales arroyos y cauces secos dentro de las nueve áreas estudiadas (Tabla V.2).

Este tipo de muestreo se realiza en las primeras etapas de prospección sobre áreas muy amplias, de difícil acceso o cuando se dispone de poco tiempo para obtener información de áreas muy amplias. El muestreo de sedimentos es una buena herramienta para poder determinar la presencia de los elementos químicos que se estén buscando, ya que los materiales que se encuentran en los cauces son representativos de las rocas presentes desde el punto de muestreo a aguas arriba. Hay que considerar que el fraccionamiento de los materiales es muy importante y que la técnica de muestreo es de importancia para evitar efecto pepitas o fraccionamiento parcial poco representativo del total de los materiales presentes en el cauce. Los valores que se obtienen siempre serán inferiores a los de la muestra directa de la roca pero son muy indicativos de anomalías en determinados elementos químicos.

Los valores de anomalía para el cobre comienzan a partir de los 45 ppm y para el uranio, a partir de los 4 ppm. Estos valores se han calculado estadísticamente a partir de la base de datos y el contenido medio de los elementos en la corteza terrestre

N°_muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo_muestra	Ag	Ba	Cu	Mo	Nb	Nd	Pb	Sn	Th	U	V	Zn
1432	Relincho Norte	2458509	5959745	Sedi	0,32	486	34	4	11,9	22,6	7,2	1,7	6,85	2,1	182	89
1433	Las Coloradas	2435950	5954358	Sedi	0,23	671	54	4,78	7,4	22,8	19,9	2	6,71	2,3	208	99
1434	La Puntilla	2432326	5968459	Sedi	0,2	530	41,5	3,51	11,6	23,6	9,5	1,9	9,74	3	142	84
1436	Sierra azul	2421357	5995120	Sedi	0,28	571	23,1	3,85	9,4	22,3	10,7	1,8	8,7	2,4	131	98
1437	La Languita	2421688	6009899	Rock	0,47	319	125	4,24	4,4	17,7	7,3	1	3,94	2,3	51	49
1438	La Languita	2421756	6010020	Sedi	0,21	647	24,6	4,68	8,9	23	8,6	1,8	7,48	2,4	190	137
1439	La Languita	2422465	6008949	Sedi	0,15	686	36,2	6,96	8,1	22,8	10,5	1,7	7,4	2,9	196	130
1464	San Romeleo	2458736	5950655	Sedi	0,24	522	86,5	4,39	13	27,3	10,2	2,1	7,29	2,2	221	114
1466	Relincho Sur	2458505	5954493	Sedi	0,16	574	32,8	3,54	11,7	25,3	8	2	7,31	2,2	266	120
1467	Relincho sur	2458602	5954857	Sedi	0,22	729	30,4	3,12	13,5	29,2	10,1	3,2	8,37	2,2	481	199
1471	Relincho sur	2458489	5954330	Sedi	0,25	910	27	3	14,1	32,7	13,3	2,5	9,89	2,7	186	108
2032	Sierra azul	2422665	5999462	Sedi	0,28	1158	22	3,34	8,4	24,1	9,1	2	7,78	2,2	124	105
2033	Sierra azul	2422848	5999578	Rock	0,5	501	23	3,17	6,7	25,6	8,2	2	3,81	1,4	29	57
2034	Las Coloradas	2438265	5958980	Sedi	0,85	623	39,9	4,25	8,2	23,1	8,9	1,9	7,24	2,5	175	87
2035	Las Coloradas	2438307	5959227	Sedi	0,17	662	38,9	4,38	8,4	23,7	17,3	1,9	7,53	3	212	94
2036	Las Coloradas	2438302	5959220	Sedi	0,38	673	63,1	4,85	12,6	22,1	3,2	1,3	3,21	1,4	205	72
2037	Relincho Norte	2458338	5960024	Sedi	0,16	883	33,9	2,39	11	27,7	10,4	2	9,35	2,4	215	111
2039	Las Coloradas	2436531	5950886	Sedi	0,2	582	51	3,9	6,7	24,6	9,4	1,9	7,4	2,3	146	79
2040	La Puntilla	2433055	5967663	Sedi	0,13	697	37,4	3,11	9,9	29,5	14,9	2,2	9,19	2,5	121	87
2043	Mechanquill	2429204	5994409	Sedi	0,25	515	26,6	2,74	8,5	23,6	13,1	1,6	9,56	2,4	173	87
2046	Sierra azul	2420687	5999075	Sedi	0,3	736	42,1	6,15	8,4	22,3	11,6	1,8	7,34	3,3	180	156
2047	Sierra azul	2420960	5999443	Sedi	0,25	1631	18,7	3,21	8,7	24,5	9,5	1,9	7,56	2,1	113	95
2049	Sierra azul	2421988	6001312	Sedi	0,24	526	23,5	4,58	9,6	28,6	10	2,2	7,74	2,4	117	112

Tabla V.2: Principales resultados geoquímicos (resaltados en amarillo) de las 23 muestras de sedimentos de corriente obtenidas en las distintas áreas estudiadas.

- MUESTRAS DE FLUJO DE ROCAS (“FLOAT”)

Las muestras de *float* corresponden a material rocoso que se encuentra en superficie de forma suelta. En general, estos materiales han sido transportados por la gravedad y a no a mucha distancia de sus afloramientos o por agentes fluviales.

Este tipo de muestreo se realiza en etapas de prospección y exploración cuando no se encuentran afloramientos, pero si se ven clastos de rocas sueltos sobre la superficie del suelo. Suele ser un muestreo selectivo, sobre todo si se ven texturas o minerales de posible interés. Los valores se interpretan igual que los de geoquímica de rocas. (Tabla V.3).

N°_ muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo _muestra	Ag	Ba	Cu	Mo	Nb	Nd	Pb	Sn	Th	U	V	Zn
1435	La Puntilla	2432077	5968410	Float	0,24	606	56,3	3,36	11	23,8	2,2	1,1	4,3	1,6	164	75
2042	Mechanquil	2428817	5995374	Float	0,37	777	33,8	5,91	9	29,8	8	2,4	5,63	1,7	17	50
2050	Sierra azul	2421466	5995152	Float	0,54	1420	25,7	3,72	12,5	37	9,2	3,1	7,45	2,1	29	62

Tabla V-3: Principales resultados geoquímicos (resaltados en amarillo) de las 3 muestras de Float, obtenidas en las distintas áreas estudiadas.

VI. RADIMETRÍA

El objetivo principal del relevamiento radiométrico de campo fue determinar las tendencias radiométricas y corroborar éstas con un muestreo geológico de alcance regional y los resultados de las áreas de interés determinadas a través de los distintos índices minerales obtenidos a partir de imágenes satelitales.

En el relevamiento radiométrico de campo, todas las mediciones de radiometría o espectrometría de rayos gamma terrestres se tomaron utilizando un detector de radiación portátil RS-230 BGO Super-SPEC (fabricado en 2008 por Radiation Solutions, Inc., EE. UU.) (Figura VI.1).



Figura VI.1. Radioespectrómetro RS-230 BGO Súper-SPEC

Dicho radiómetro es un centellador ionizante, el cual contiene en su interior BGO, óxido de bismuto y germanio ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$), que es un compuesto químico inorgánico que se usa principalmente como un centellador y forma cristales cúbicos. Cuando se somete a los rayos gamma de alta energía, el germanato de bismuto emite fotones de longitudes de onda entre 375-650 nm, con un pico a 480 nm. Produce alrededor de 8.500 fotones por megaelectronvolt de la radiación de alta energía absorbida. Tiene buena resistencia a la radiación, alta eficiencia de centelleo, buena resolución energética entre 5-20 MeV, es mecánicamente fuerte, y no es higroscópico. Tiene muy alta densidad, 7,13 g/cm y un alto valor de Z. Su punto de fusión es de 1050 C y es el centelleo más común a base de óxido.

Un radiómetro de rayos gama se encuentra diseñado para detectar radiación gama asociada a estos radioelementos, mientras que un espectrómetro gama como el que se utilizó en la exploración, es capaz de discriminar los rayos gama detectados de acuerdo a sus respectivas energías, permitiendo así la identificación exacta de sus isótopos fuente.

Las mediciones de campo se realizaron en modo estático y modo dinámico. En el modo estático, la radiactividad se mide en puntos discretos. En el modo dinámico, el instrumento es transportado a distancias fijas durante la medición, y los recuentos acumulados reflejan la radiactividad media del sector de la poligonal. Los datos observados, junto con los identificadores, se almacenan en la memoria interna. Al mismo tiempo, se tomó nota de las características geológicas, topográficas, climáticas y ambientales que permitieron ayudar con la posterior interpretación de los datos (Figura VI.2).

Con los resultados de los estudios de espectrometría gama se obtuvo una medida directa de los elementos presentes en la superficie y pudieron ser fácilmente asociados a la geología mapeada subyacente o aflorante, como así también a los procesos de alteración mineral. Junto con las mediciones de radioespectrometría gama terrestre se tomó en tiempo real la información de geoposición mediante un navegador satelital Garmin.

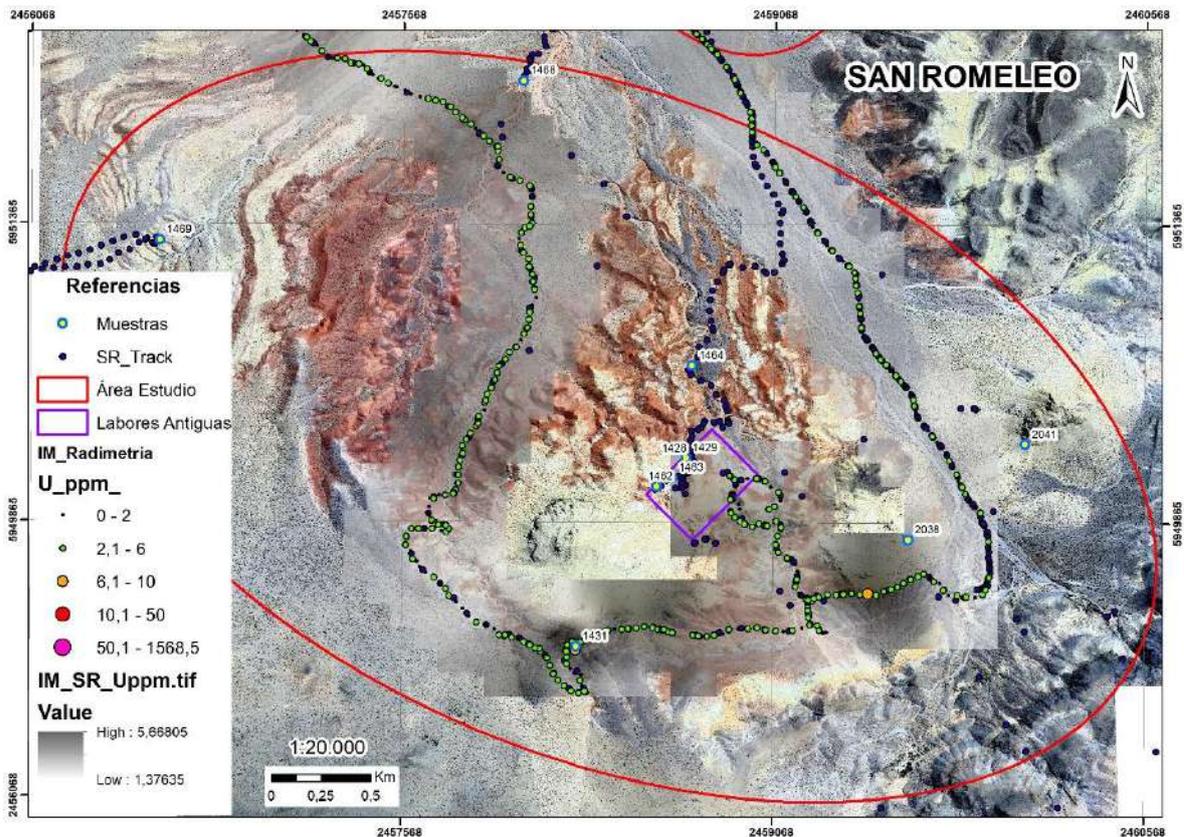


Figura VI.2. Mediciones radimétricas en campo (Ejemplo).

En total, fueron registradas 1.833 lecturas válidas dentro y en las cercanías de los sectores en estudio. Considerando una frecuencia de muestreo casi continua de una lectura por segundo, esto representa alrededor de treinta y un horas de uso del equipo.

Para tener una mayor exactitud en los datos, los valores en terreno fueron analizados en modo ensayo. Se mantuvo el detector directamente sobre la superficie objetivo durante 180 segundos. Este lapso excede en un 50% el mínimo recomendado por Radiation Solutions, Inc. de acuerdo a la radiación gama total de fondo en la región, unas 90 cuentas por segundo [cps].

Simultáneamente con la radioespectrometría gama terrestre, se realizó el relevamiento geológico, incluyendo la descripción de afloramientos de las diversas unidades litológicas, el reconocimiento de perfiles estratigráficos y la recolección de muestras para su posterior análisis geoquímico, tal como se describió en la sección anterior.

Es importante destacar que la precisión de las mediciones del instrumental fue corroborada por el laboratorio de análisis químicos, por ejemplo en El Relincho Sur se tomó la muestra de roca N°1473 que retorno del laboratorio con 39,7 ppm de uranio, y la medición de campo con el radiómetro marcó 41,2 ppm para el uranio.

VII. MODELO GEOLÓGICO

Los depósitos de cobre sedimentario representan una clase importante de mineralización de cobre, que se forma a partir de procesos sedimentarios y diagenéticos. Estos depósitos se caracterizan por la presencia de cobre diseminado o en forma de minerales secundarios dentro de secuencias sedimentarias.

Los depósitos de cobre hospedados en rocas sedimentarias (*"Sediment-hosted Stratiform Copper"*) representan el 32,6% de las reservas de cobre conocidas a nivel mundial y han sido categorizados segundos en importancia, luego de los depósitos de cobre porfírico y como la clase de depósito de cobre de origen no ígneo más importante del mundo. Entre los yacimientos más importantes se encuentran Copperbelt en África Central y Kupferschiefer en Europa.

También son fuentes importantes de plata (Ag), cobalto (Co), plomo (Pb), cinc (Zn) y uranio (U). En algunos de estos yacimientos también se encuentran oro (Au) y elementos del Grupo del Platino. Se localizan en cuencas sedimentarias que contienen secuencias de rocas marinas, lacustres, evaporitas y estratos rojos continentales, en las cuales los procesos que forman la mineralización de Cu parecen ser muy comunes.

Existen tres hipótesis bien diferentes de cómo se puede encontrar cobre depositado en sedimentos principalmente continentales. Dos de ellas se basan en un origen magmático, lo que significa que los fluidos que originan depósitos de cobre provienen de cuerpos de magmas someros. La tercera se basa en la formación epigenética de la mineralización de cobre en sedimentos, lo que significa que el cobre se deposita después de la formación de las rocas sedimentarias.

A continuación se describen brevemente estos tres tipos de depósitos.

- **DEPÓSITOS DE COBRE EXÓTICO**

Los Depósitos de Cobre Exótico o Depósitos Supergénicos de Cobre, estudiados extensamente en Chile, se forman a partir de la destrucción de un cobre porfídico, que puede estar expuesto a la intemperie o próximo a la superficie, donde los minerales de cobre son alterados por la presencia principalmente de oxígeno y aguas meteóricas. Luego, son puestos en solución y transportados por fluidos acuosos con características ácidas y salobres.

Estos fluidos se desplazan a través de los espacios intersticiales de las rocas sedimentarias clásticas principalmente conglomerados y areniscas dentro de un acuífero y condicionados por la fluctuación del nivel freático (Figura VII.1.). Los minerales de cobre precipitan cuando las condiciones geoquímicas cambian por variaciones de pH/Eh, reacción con materia orgánica o estancamiento del flujo del fluido. Es fundamental que exista una pendiente topográfica entre el cobre porfírico más elevado y depósitos coluviales más bajos, para que el gradiente de flujo con cobre pueda migrar hacia estos materiales porosos y permeables.

Los minerales que se encuentran son los denominados óxidos de cobre o cobre color, tales como malaquita, azurita, crisocola, atacamita, calcosina y covelina, entre otros.

Varios factores condicionan la generación de un Depósito de Cobre Exótico tales como la tectónica, las condiciones climáticas áridas, el nivel de erosión, la mineralogía de la mena inicial, la composición de la roca de caja, la dinámica del nivel freático, las variaciones de pH/Eh y la actividad de bacterias (Figura VII.2.).

- **DEPÓSITOS ESTRATOLIGADOS DE COBRE**

La formación de Depósitos Estratoligados de Cobre involucra la existencia de fluidos hidrotermales que provienen de cuerpos magmáticos y de largo transporte.

Estos fluidos ricos en cobre, ascienden por zonas de fallas hasta encontrar rocas sedimentarias porosas y permeables donde circular. Los fluidos calientes, salobres y ácidos pueden llevar iones metálicos en solución o ir lixiviando metales de las rocas que van atravesando. Cuando se encuentran con rocas reactivas, principalmente con contenido de carbonato de calcio o con materia orgánica, precipitan formando un depósito mineral. Los últimos estudios sugieren que hay mezcla entre los fluidos magmáticos con aguas meteóricas y agua de mar (Figura VII.3).

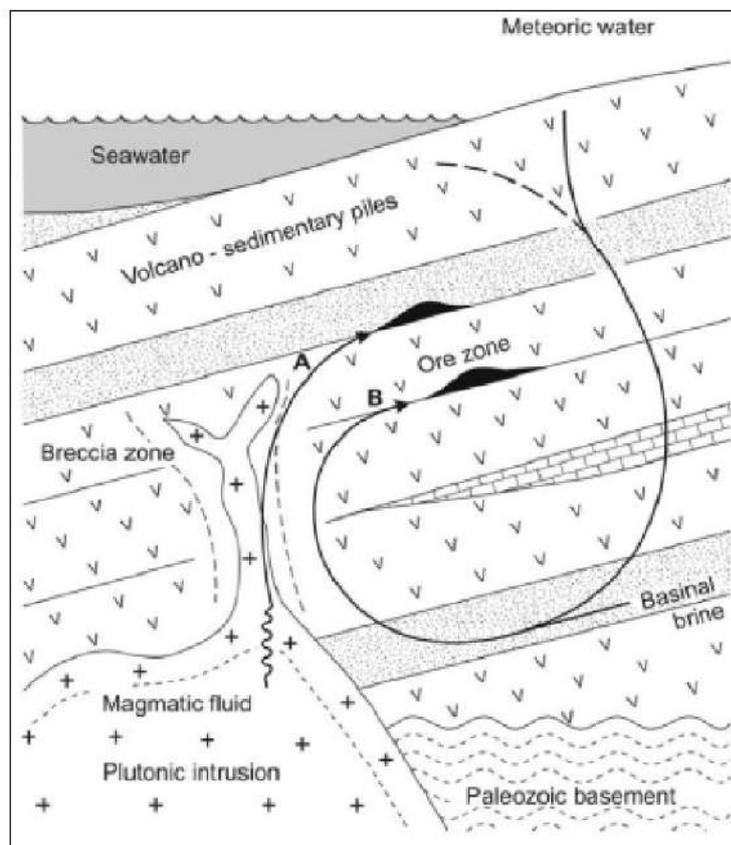


Figura VII.3. Depósitos Estratoligados de cobre: Modelo geológico conceptual que abarca los principales modelos genéticos para los estratoligados de cobre (Kojima *et al.*, 2009).

- **DEPÓSITOS DE COBRE EN ROCAS SEDIMENTARIAS**

La tercera hipótesis de presencia de mineralización de cobre hace referencia a los Depósitos de Cobre en Rocas Sedimentarias, es decir, a yacimientos de cobre principalmente alojado en areniscas de orígenes continentales y marinos. La génesis de dicho elemento proviene de la lixiviación de las mismas arenas cuando son atravesadas por salmueras generadas por la deshidratación de una cuenca, por lo general marina, que sufre subsidencia térmica y apilamiento sedimentario.

Si el gradiente geotérmico es el correcto, estos fluidos se calientan, pierden densidad y comienzan a migrar hacia la superficie. En este tipo de modelos siempre aparecen hidrocarburos, ya que las temperaturas de formación es la misma, denominada “ventana del hidrocarburo”. Estos fluidos calientes y salobres lixivian minerales de las areniscas que van atravesando y cuando encuentran un estrato con condiciones reductoras, precipitan la carga mineral. Tectónicamente se tienen que generar rupturas de trampas de hidrocarburos y ascenso de estos por zonas de fallas y estratos permeables.

La formación de cobre en estos sedimentos es epigenética, es decir, que la formación de los minerales ocurrió después de la formación de la roca que los alberga. Los minerales se formaron en un momento posterior y en condiciones diferentes a las de la formación de la roca encajante.

Los yacimientos de cobre hospedados en rocas sedimentarias se clasifican en dos tipos:

- Tipo Kuperschiefer, que consiste en yacimientos hospedados en rocas sedimentarias carbonosas o con alto contenido de materia orgánica, formadas en ambientes lacustre o marino somero, que suprayacen secuencias de *red-beds*.

- Tipo Red-Bed, en el cual la mineralización se aloja en rocas clásticas grises dentro de sucesiones dominadas por capas rojas, generalmente en el contacto entre las unidades rojas y grises. La mineralización observada en las áreas estudiadas en el presente trabajo corresponden principalmente a este tipo.

El origen de la mineralización en ambas clases ha sido atribuido a la interacción de fluidos oxidantes que transportan cobre en solución con la roca reductora. (Figura VII.4).

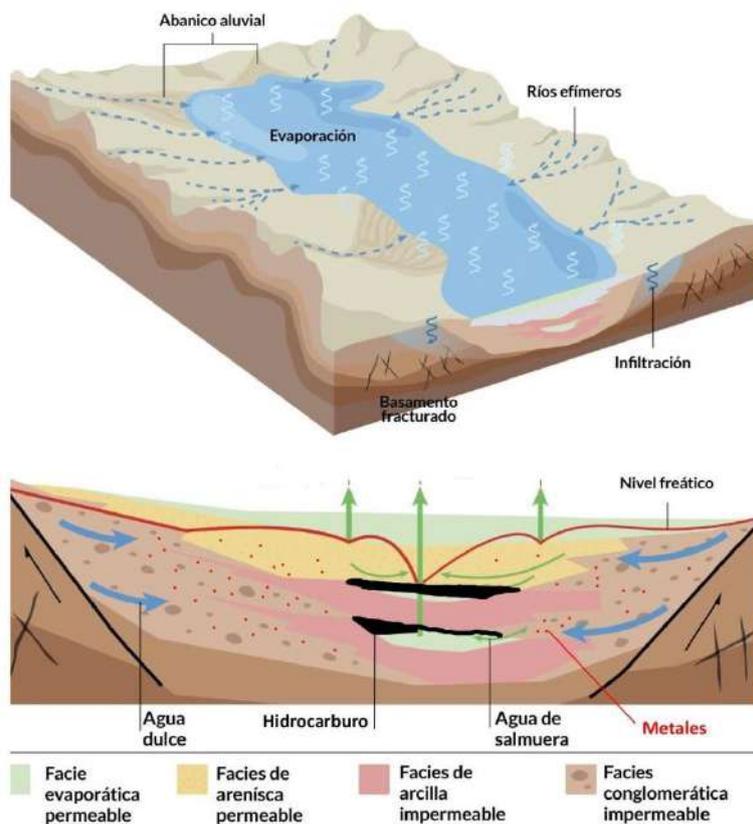


Figura VII.4. Depósito de Cobre en Rocas Sedimentarias: Modelo geológico conceptual de depósitos de cobre por exolución de salmueras e hidrocarburos (modificado de Vera, M. *et al.*, 2023).

VIII. PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL

VIII.1 PROYECTO SAN ROMELEO

PROYECTO SAN ROMELEO

- **GEOLOGÍA**

Las rocas más antiguas reconocidas en San Romeleo pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior, sobre las que se encuentran los sedimentos marinos del Grupo Malargüe, cuya edad van del Cretácico superior al Paleógeno inferior. Estos materiales están intruidos por traquitas terciarias muy alteradas, posiblemente de la Formación Collipilli. Por encima de la secuencia, se depositan los materiales volcánicos del Grupo Palauco de edad Paleocena (Figuras VIII.1.1. y VIII.1.2.).

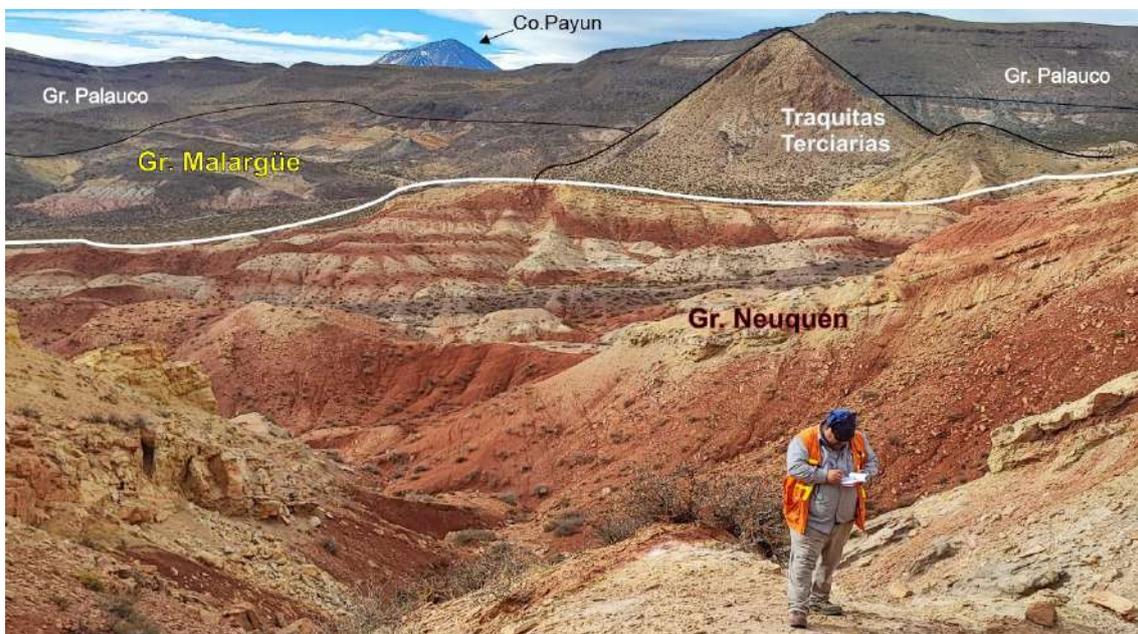


Figura VIII.1.1. Proyecto San Romeleo: Foto con vista al noreste, mostrando las principales unidades geológicas presentes. Es de remarcar en el Grupo Neuquén, la intercalación de sedimentos rojos y grises en toda el área de estudio.

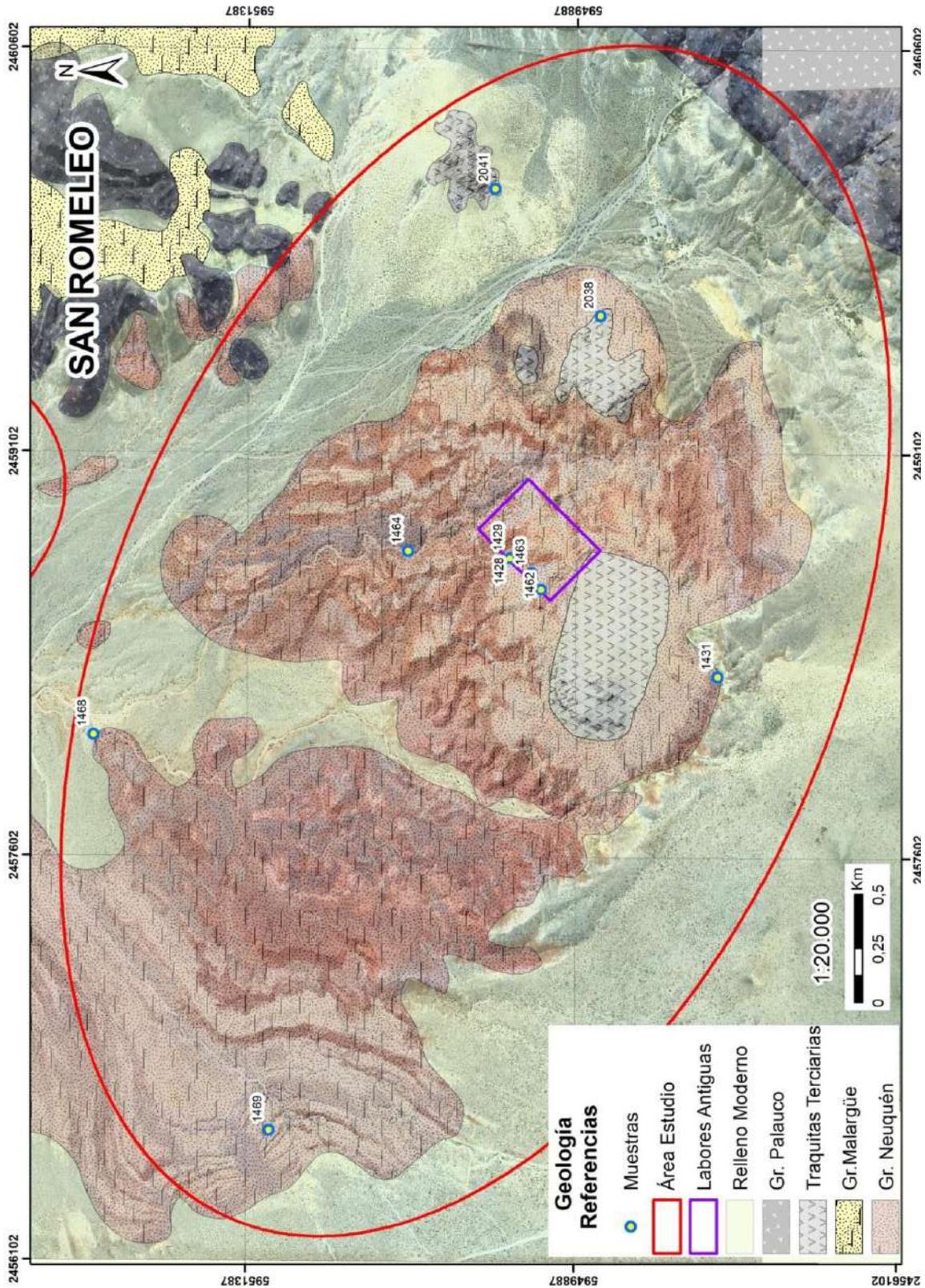


Figura VIII.1.2. Proyecto San Romeleo: Mapa Geológico.

- **SENSORES REMOTOS**

En la región del Proyecto San Romeleo, las areniscas y conglomerados del Grupo Neuquén de edad cretácico superior se remarcan muy bien con el producto satelital que muestra los óxidos férricos. De igual forma se distinguen a la vez, las traquitas terciarias que instruyen las areniscas (Figura VIII.1.3.).

En la Figura VIII.1.4. se muestran los resultados del producto satelital que resalta los minerales hidratados, los que se relacionan con la presencia de los intrusivos terciarios.

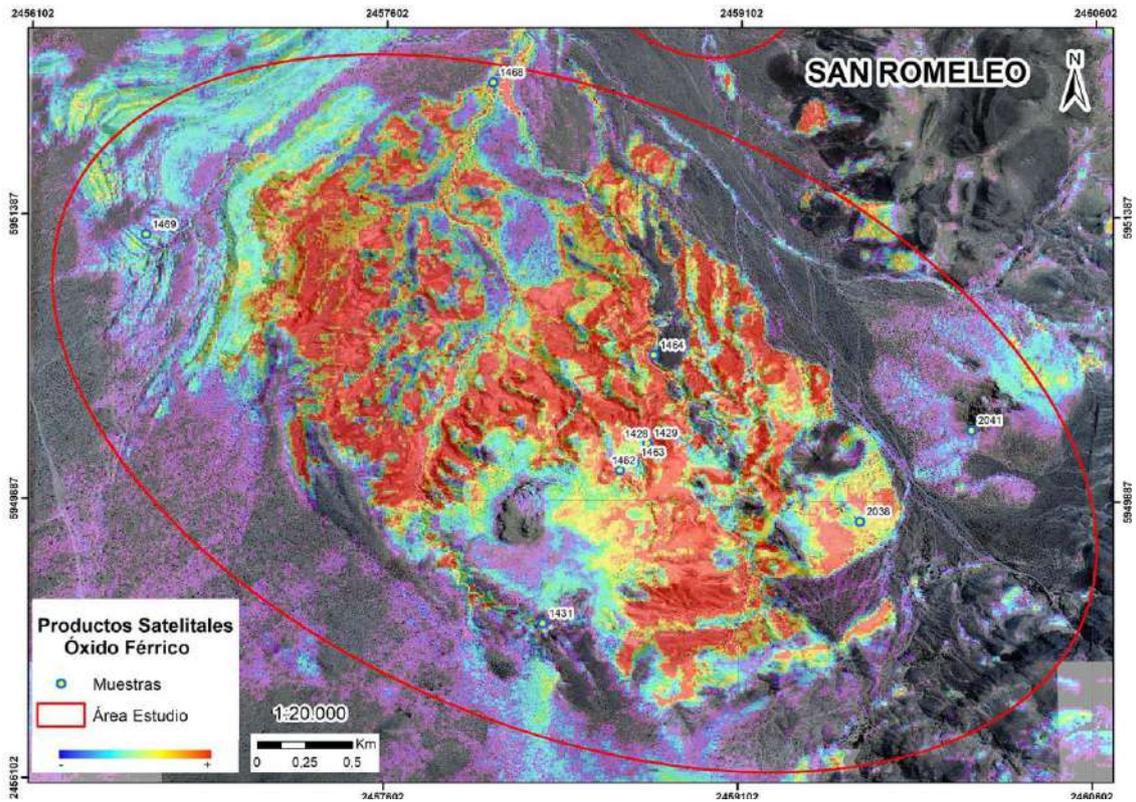


Figura VIII.1.3.: Proyecto San Romeleo: Producto satelital resaltando la presencia de óxidos férricos.

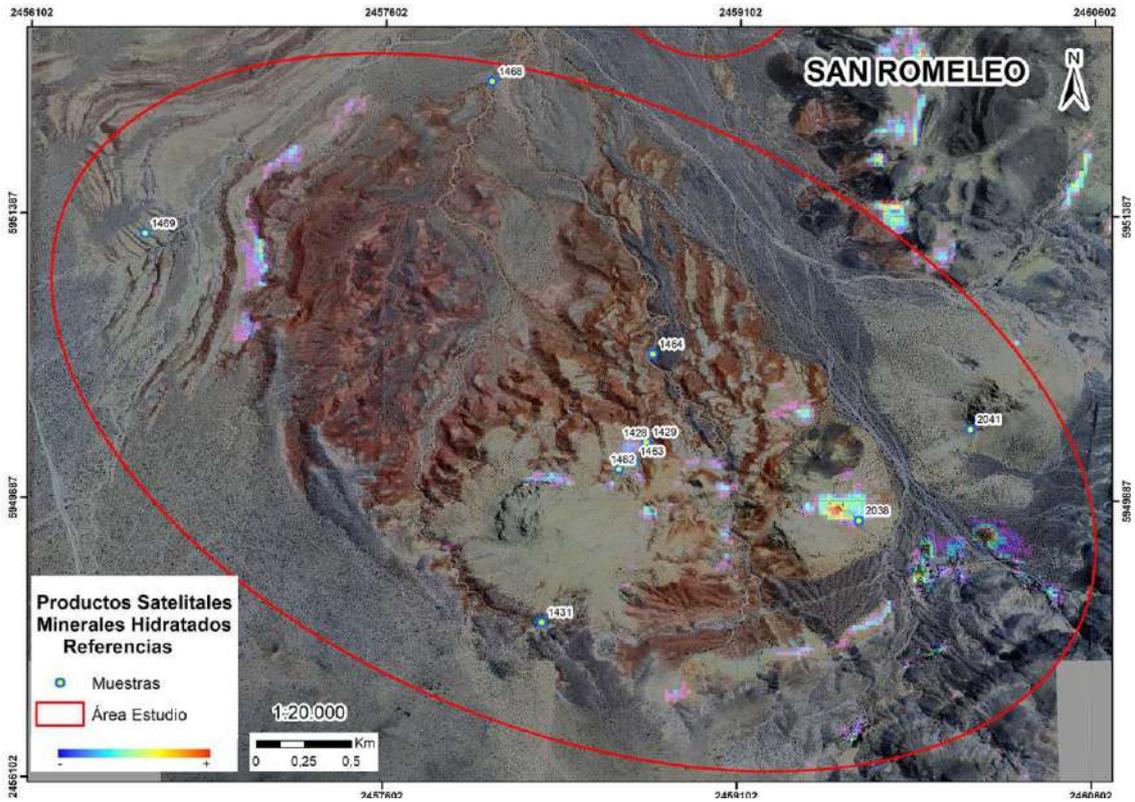


Figura VIII.1.4. Proyecto San Romeleo: Producto satelital resaltando la presencia de minerales de alteración hidratados.

• MINERALOGÍA

Los principales minerales reconocidos alojados en las areniscas del Grupo Neuquén en San Romeleo son principalmente minerales de cobre oxidados, tales como los indicados a continuación, representados por orden de abundancia:

- Calcantita: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (color azul, muy soluble en agua)
- Malaquita: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ (color verde)
- Azurita: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ (color azul intenso)
- Crisocola: $(\text{Cu},\text{Al})_4\text{H}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (color verde claro a celeste)

Estos minerales oxidados se forman por alteración de minerales primarios de cobre como son:

- Calcopirita: CuFeS_2 , (color amarillo latón o bronce, brillo metálico)
- Calcosina: Cu_2S (color gris oscuro a negro, brillo metálico)
- Bornita: Cu_5FeS_4 (color va desde el cobre rojizo hasta tonos púrpura y azul iridiscente)

Los minerales de cobre, principalmente los oxidados, se encuentran alojados en las areniscas grises con abundante presencia de hidrocarburos (Figura VIII.1.5.). Los minerales de cobre como la calcantita y azurita se encuentran diseminados por sectores, también en las areniscas (Figura VIII.1.6.). De igual forma se observa abundante mineral de cobre como malaquita y crisocola, rellenando fracturas y grietas de direcciones varias (Figura VIII.1.7.).



Figura VIII.1.5. Proyecto San Romeleo: Areniscas grises alteradas por la presencia de hidrocarburos. En la foto se observan de color amarillo. Esta secuencia tiene mineral de cobre diseminado, principalmente calcantita. El espesor de este paquete sedimentario es de al menos 4 metros.



Figura VIII.1.6. Proyecto San Romeleo: Calcantita y azurita en areniscas grises alteradas por la presencia de hidrocarburos (manchas de color oscuro).



Figura VIII.1.7. Proyecto San Romeleo: Malaquita y crisocola en areniscas grises alteradas por la presencia de hidrocarburos.

El banco de areniscas grises con hidrocarburos presenta una fuerte deformación en el contacto con los intrusivos terciarios, donde los estratos se disponen casi en forma vertical, para luego volver a una posición casi horizontal.

Proyecto San Romeleo: Origen del Cobre- Discusión

La primera hipótesis que se consideró *a priori* fue que el origen del cobre podría estar relacionado a los intrusivos terciarios. Con esto en mente, se orientó la exploración del proyecto, tratando de encontrar evidencias que apoyaran esta idea. Sin embargo, el relevamiento de campo fue indicando la probabilidad de un origen distinto, ya que las relaciones observadas entre los intrusivos y las rocas sedimentarias con la mineralización, indicarían que la mineralización acompaña la deformación de las areniscas. Esto podría significar que la mineralización podría ser previa a los intrusivos.

Luego del análisis de los datos de campo, se contempló una nueva hipótesis con respecto al origen de la presencia del cobre en este proyecto: su origen epigenético, es decir, que se hubiera depositado posteriormente a la formación de los sedimentos del Grupo Neuquén. Este cobre sería lixiviado de las arenas oxidadas por salmueras acumuladas en los sedimentos y a medida que se colmataba la cuenca, la compactación expulsaría estos fluidos. Estos se acumularían junto a hidrocarburos en trampas favorables, tales como el anticlinal con eje norte sur presente en esta cuenca.

Posiblemente los movimientos que levantaron la Cordillera de los Andes en el Terciario generaron fallamientos que afectaron las trampas estructurales, provocando las rupturas de los reservorios y dejando escapar a los hidrocarburos juntos con las salmueras. La circulación de estas salmueras por las areniscas rojas del Grupo Neuquén habría generado la lixiviación de los iones metálicos.

La decoloración de las areniscas rojas (*bleaching*) y la presencia de bitumen son dos rasgos comunes en las areniscas del Grupo Neuquén que hospedan la mineralización cuprífera en la Cuenca Neuquina. Este cambio en el color de los estratos rojos continentales ha sido reconocido en depósitos de hidrocarburos de todo el mundo. Estas areniscas rojas cambian su coloración a areniscas grises, debido a la alteración provocada por las salmueras y los fluidos hidrocarbúricos circulantes. Este estilo de mineralización está condicionado por el grado de fracturamiento y la porosidad primaria de la roca.

- **GEOQUÍMICA**

Las muestras de rocas en el sector del Proyecto San Romeleo indican valores de cobre muy interesante, alcanzando los 3,3%Cu. En campañas de prospección previas a este trabajo, la empresa Impulsa Mendoza tomó muestras que llegaron al 14,4% Cu, principalmente en calcantita. La Figura VIII.1.8. corresponde a un mapa geoquímico con la ubicación de las muestras con los valores más relevantes de cobre.

En la Figura VIII.1.9. se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

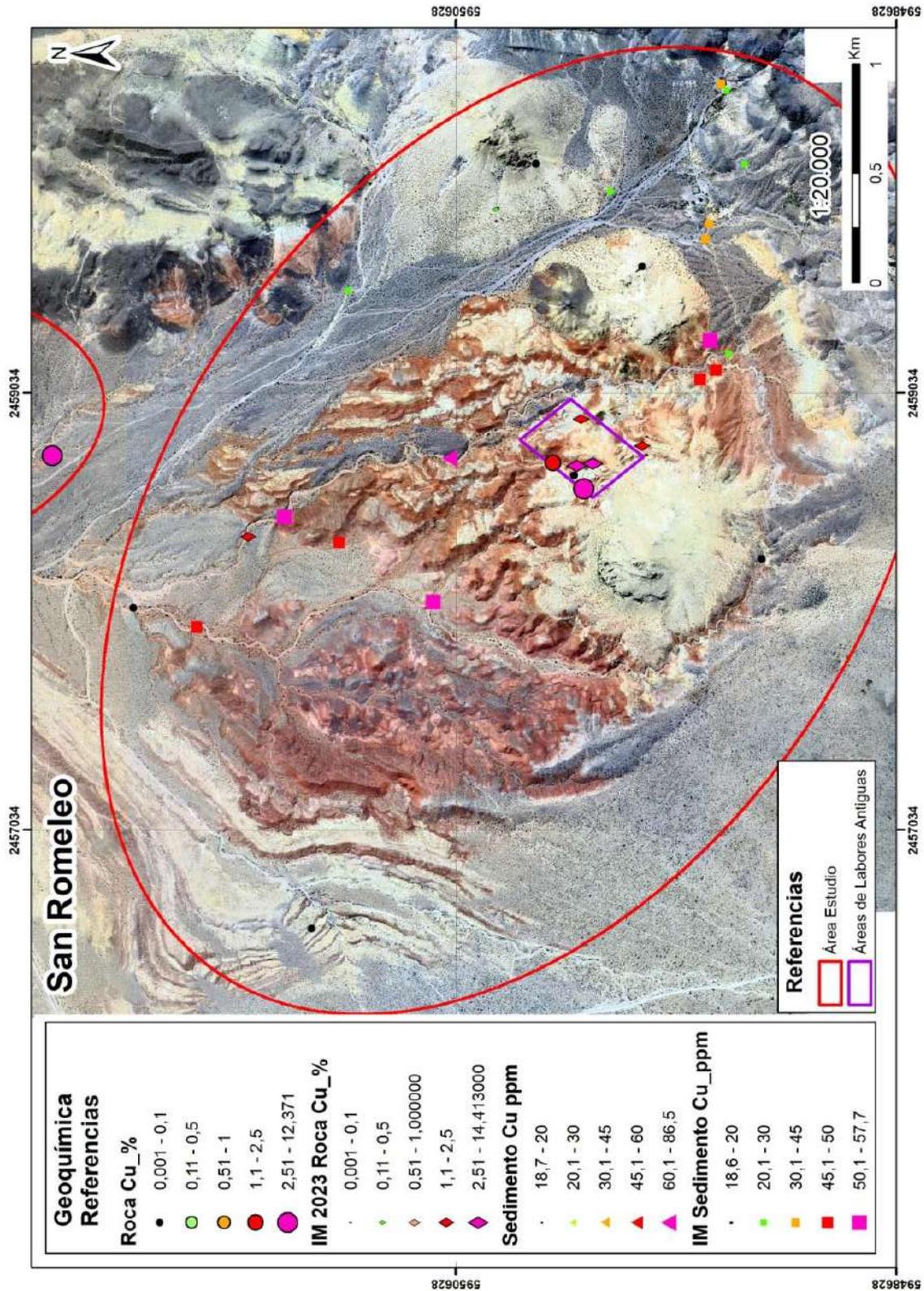


Figura VIII.1.8. Proyecto san Romeleo: Mapa Geoquímico indicando los principales resultados de cobre, tanto de muestras de roca (círculos) como de sedimento de corriente (triángulos). También se indican resultados obtenidos por Impulsa Mendoza S.A. en tareas prospectivas anteriores, de la siguiente forma: muestras de rocas (rombos) y sedimentos de corriente (cuadrados).

N°_muestra	Proyecto	Este	Norte	Elevacion	Tipo_muestra	Cu	Ga	Mo	Nb	Sn	U	V
1428	San Romeleo	2458713	5950186	1750	Rock	17990	12,94	7,77	7,9	2,1	5,2	56
1429	San Romeleo	2458712	5950191	1746	Rock	1848,2	26,76	4,25	12,1	2,5	8,4	137
1430	San Romeleo	2446741	5958256	1215	Rock	94	24,48	4,74	27,9	1,9	1,2	189
1431	San Romeleo	2458273	5949239	1849	Rock	18,1	6,96	12,07	1,9	0,4	10,3	189
1462	San Romeleo	2458596	5950046	1804	Rock	33650	16,58	8,62	9,1	2	5,3	84
1463	San Romeleo	2458657	5950090	1774	Rock	52,5	13,41	6,81	8,2	2,2	3	67
1464	San Romeleo	2458736	5950655	1716	Sedi	86,5	19,92	4,39	13	2,1	2,2	221
1468	San Romeleo	2458051	5952089	1643	Rock	16,3	23,39	11,45	70	4,6	6,5	24
1469	San Romeleo	2456585	5951281	1750	Rock	105,9	1,57	9,8	1,5	1,1	2,7	184
2038	San Romeleo	2459612	5949780	1843	Rock	145,3	29,47	4,34	168,1	10,1	17,4	1
2041	San Romeleo	2460083	5950263	1866	Rock	179,2	16,89	7,25	92,2	5,3	5,5	8

Figura VIII.1.9. Proyecto San Romeleo: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos -expresados en ppm-.

En la zona norte del mapa geoquímico (Figura VIII.1.8.) se distingue una muestra con alto contenido de cobre. Si bien esta muestra corresponde al área del Proyecto El Relincho Sur, ubicado hacia el norte del Proyecto San Romeleo, la misma y tiene una especial importancia, ya que se trata de mineral de cobre alojado en areniscas grises idénticas a las de San Romeleo.

Dicha muestra se tomó en una labor antigua tipo pique, muy cubierta por materiales modernos. Si se comprobara en futuras exploraciones que la muestra correspondiera a la misma secuencia sedimentaria alterada que aflora en San Romeleo, se podría inferir que se está ante un depósito importante, considerando que el nivel mineralizado tiene un espesor de más de 4 metros y se encuentra a unos 2.300 metros de los afloramientos de alta ley.

- **RADIMETRÍA**

Se realizaron varias líneas de mediciones radimétricas atravesando el área del Proyecto San Romeleo, con dirección norte-sur y este-oeste. No se detectó ningún valor mayor a los 10 ppm de uranio, considerado como límite inferior de anomalía de dicho elemento (Figura VIII.1.10.).

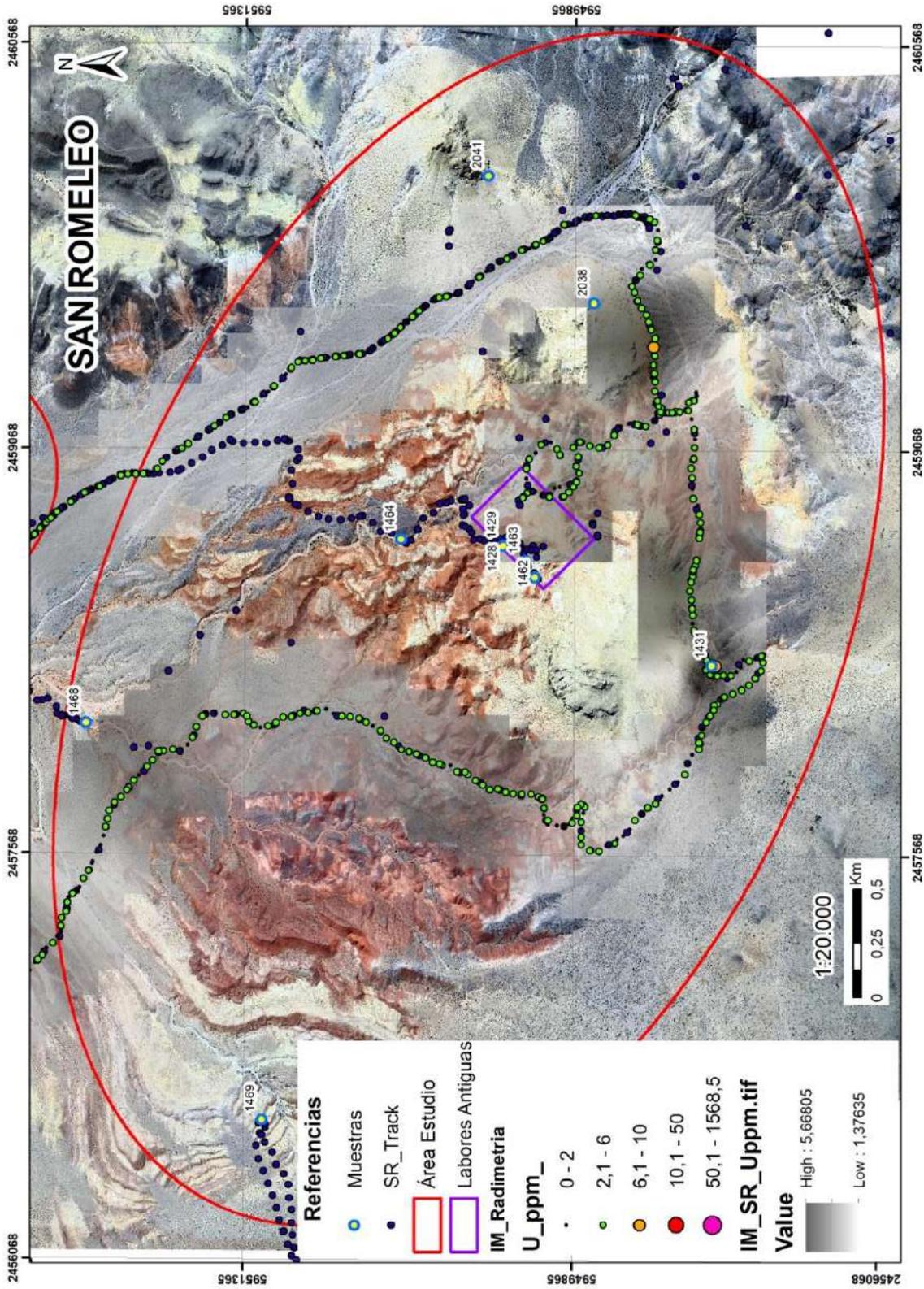


Figura VIII.1.10. Proyecto San Romeleo: Relevamiento radimétrico.

PROYECTO EL RELINCHO SUR

- **GEOLOGÍA**

En forma similar al Proyecto San Romeleo, las rocas más antiguas reconocidas en El Relincho Sur también pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior, sobre las que se encuentran los sedimentos marinos del Grupo Malargüe, cuya edad van del Cretácico superior al Paleógeno inferior. Estos materiales están intruidos por traquitas terciarias muy alteradas, posiblemente de la formación Collipilli. Por encima de esta secuencia, se depositan los materiales volcánicos del Grupo Palauco de edad Paleocena (Figura VIII.1.11 y Figura VIII.1.12).



Figura VIII.1.11. Proyecto El Relincho Sur: Foto con vista al norte, mostrando las principales unidades geológicas presentes. En la foto se aprecian una discordancia angular, entre las areniscas grises del Grupo Neuquén (parte Inferior), inclinando hacia el este, cubiertas por rocas más modernas.

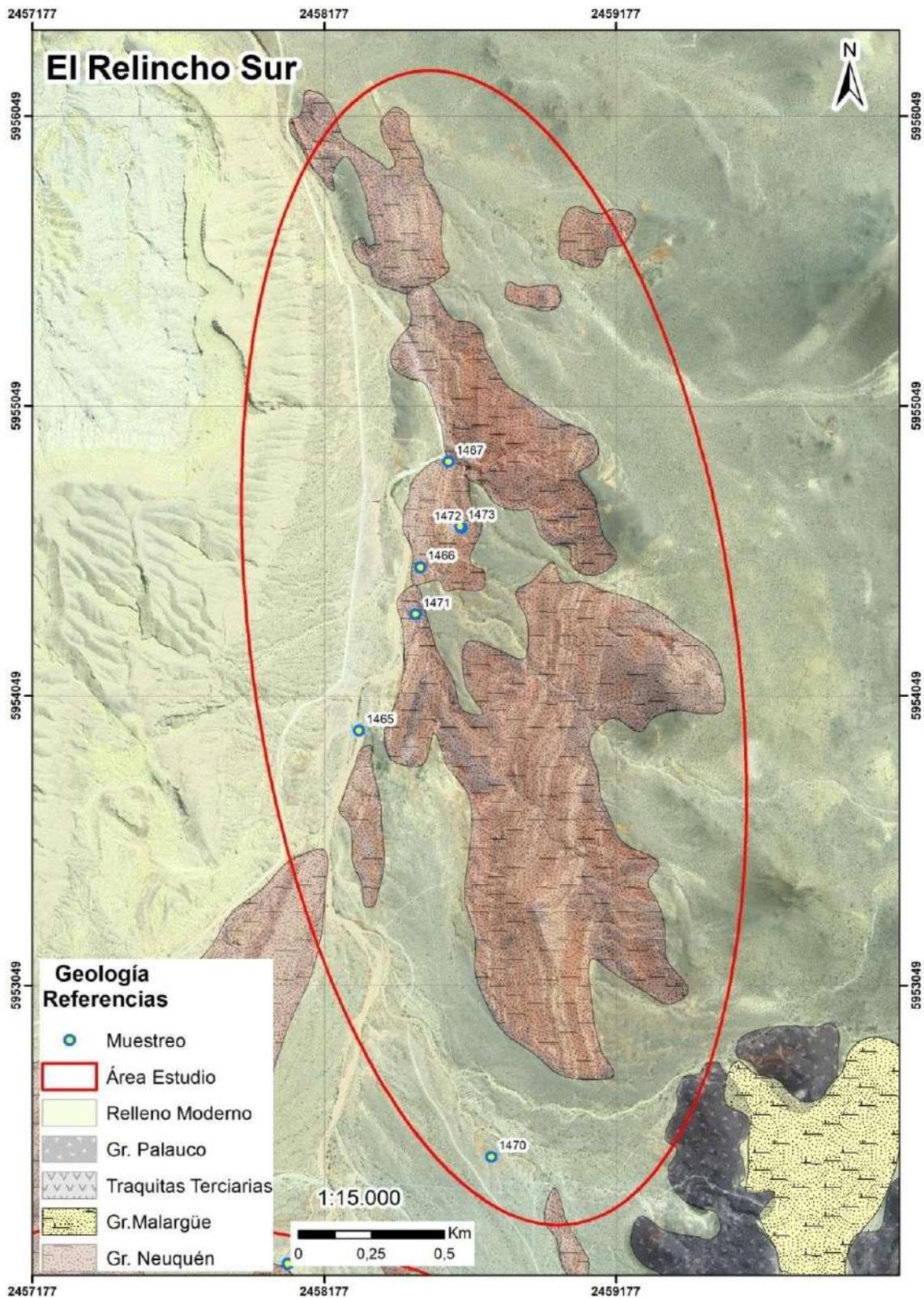


Figura VIII.1.12. Proyecto El Relincho Sur: Mapa geológico.

• **SENSORES REMOTOS**

En El Relincho Sur, las areniscas y conglomerados del Grupo Neuquén de edad Cretácica superior, se remarcan muy bien con el producto satelital que evidencia los óxidos férricos (Figura VIII.1.13).

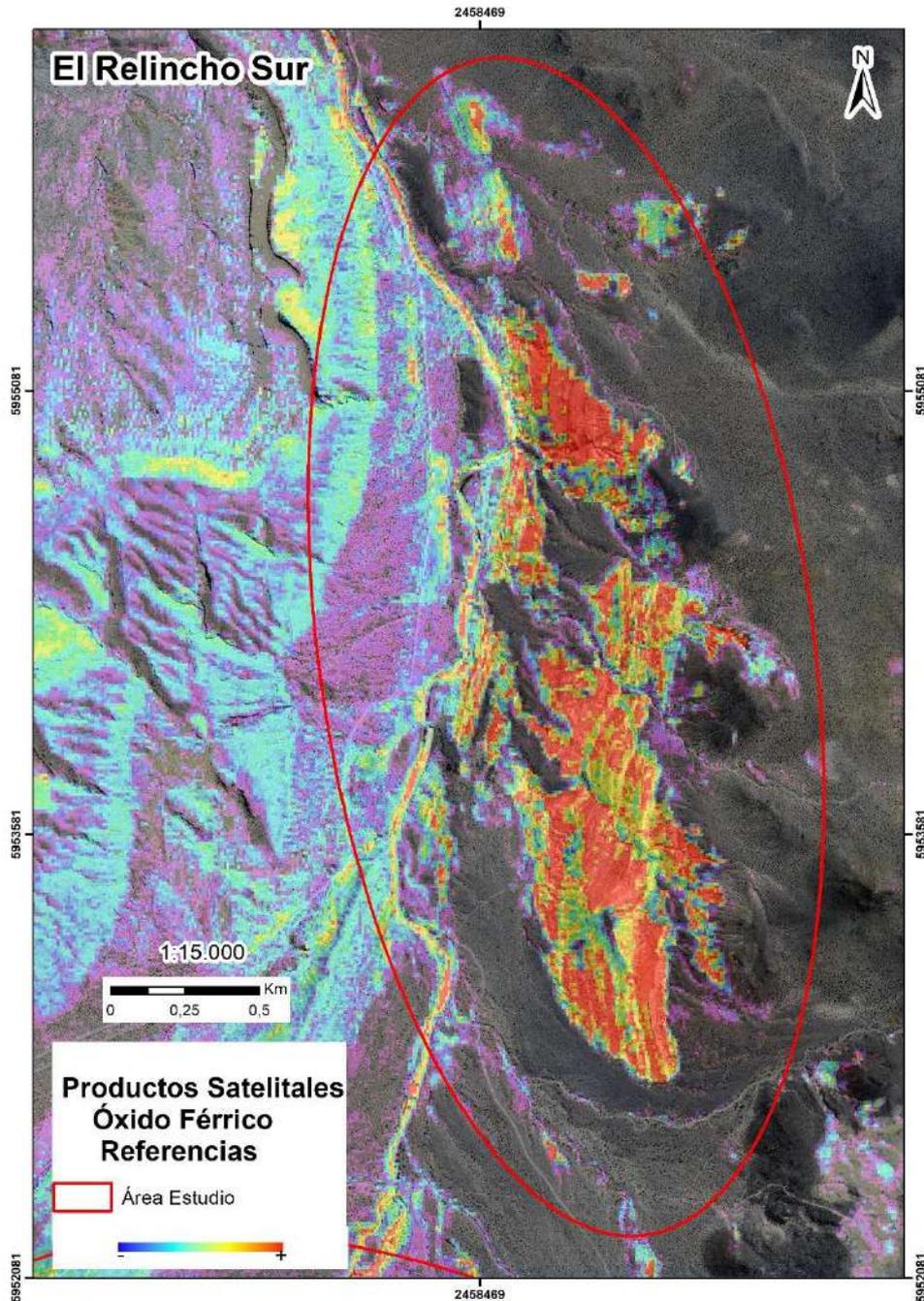


Figura VIII.1.13. Proyecto El Relincho Sur: Producto satelital resaltando los óxidos férricos.

Por otro lado, los sectores con minerales de alteración presentes en este proyecto se evidencian a partir del proceso de Clasificación Supervisada (Figura VIII.1.14).

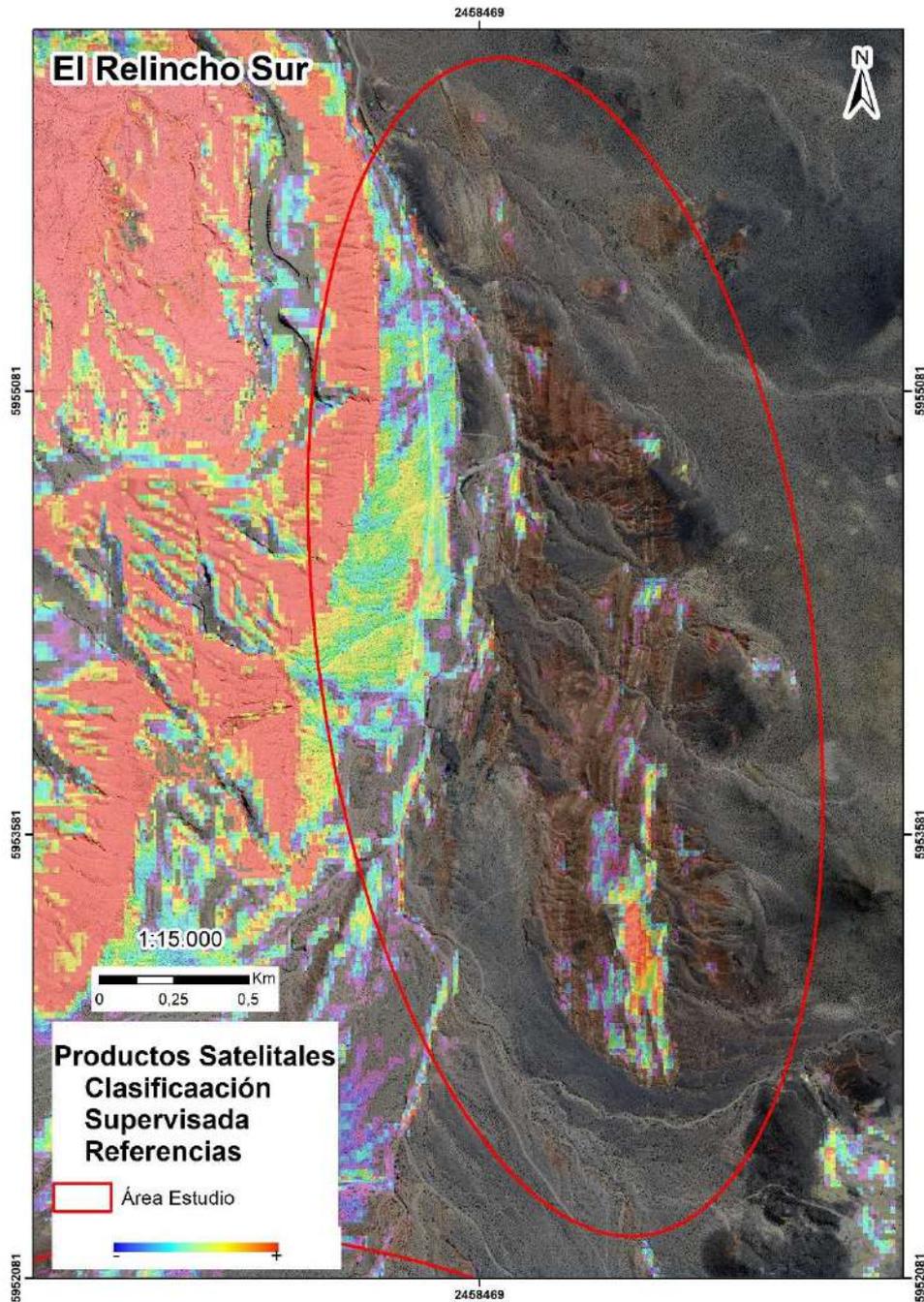


Figura VIII.1.14. Proyecto El Relincho Sur: Identificación de zonas con minerales de alteración a partir del proceso de Clasificación Supervisada. En dichas zonas se detectaron en campo anomalías de uranio.

• MINERALOGÍA

Los principales minerales reconocidos alojados en las areniscas con hidrocarburos del Grupo Neuquén en El Relincho Sur son principalmente minerales de cobre y uranio oxidados, tales como los indicados a continuación, representados por orden de abundancia:

- Calcantita: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (color azul, muy soluble en agua)
- Azurita: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ (color azul intenso)
- Carnotita: $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (color amarillo brillante)

Estos minerales oxidados se forman por alteración de minerales primarios de cobre como son:

- Calcopirita: CuFeS_2 , (color amarillo latón o bronce, brillo metálico)
- Bornita: Cu_5FeS_4 (color va desde el cobre rojizo hasta tonos púrpura y azul iridiscente)

Los minerales de cobre y uranio principalmente oxidados, se encuentran alojados en las areniscas grises amarillentas con abundante presencia de hidrocarburos (Figura VIII.1.15). Los minerales de uranio, posiblemente carnotita, están presentes en las areniscas gris amarillentas con restos oscuros de materia orgánica (Figura VIII.1.16). Estas areniscas mineralizadas con uranio presentan altos valores radimétricos que también se correlacionan con valores geoquímicos anómalos (Figura VIII.1.17).

La génesis de la mineralización de cobre para el Proyecto El Relincho Sur es la misma que fuera anteriormente descripta para el Proyecto San Romeleo.

En la zona sur del Proyecto El Relincho Sur se encontró una antigua labor minera tipo pique, con la misma mineralización de cobre (calcantita) y roca de caja que en el Proyecto San Romeleo. Si se comprobara que las muestras de este proyecto se correspondieran a la misma secuencia sedimentaria alterada que aflora en San Romeleo, se podría inferir que se está ante un depósito importante, considerando que el nivel mineralizado tiene un espesor de más de 4 metros y se encuentra a unos 2.300 metros de los afloramientos de alta ley de dicho proyecto.



Figura VIII.1.15. Proyecto El Relincho Sur: Areniscas grises alteradas por la presencia de hidrocarburos. Esta secuencia contiene mineral de cobre diseminado, principalmente calcantita.



Figura VIII.1.16. Proyecto El Relincho Sur: Minerales de uranio asociados con restos de hidrocarburos (manchas negras); las pátinas de color amarillo posiblemente correspondan a carnotita.



Figura VIII.1.17. Proyecto El Relincho Sur: Areniscas con fuertes anomalías radiométricas y con valores de hasta 39,7 ppm de uranio (en muestra de roca). El uranio está alojado en las areniscas de color gris amarillento con hidrocarburos.

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto El Relincho Sur se tomaron un total de siete (7) muestras para análisis geoquímico, de las cuales, cuatro (4) corresponden a muestras de roca y las restantes, a sedimentos de corriente (Figura VIII.1.18).

En la misma figura se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

La muestra de Roca N°1470 obtenida de una antigua labor minera en el sector sur de este proyecto, arrojó valores de 3,34 % de Cu, principalmente en la mineralización de calcantita. Como ya se comentara, esta muestra tiene una especial importancia, ya que se trata de mineral de cobre alojado en areniscas grises idénticas a las de San Romeleo, lo que permitiría extender las dimensiones de un potencial yacimiento de tamaño significativo.

N° _muestra	Proyecto	Este	Norte	Elevacion	Tipo _muestra	Cu	Mo	Th	U	V
1465	Relincho Sur	2458295	5953929	1594	Rock	89,1	8,83	18,67	5,5	31
1466	Relincho Sur	2458505	5954493	1578	Sedi	32,8	3,54	7,31	2,2	266
1467	Relincho sur	2458602	5954857	1564	Sedi	30,4	3,12	8,37	2,2	481
1470	Relincho sur	2458748	5952457	1654	Rock	33440	8,95	6,61	3,8	40
1471	Relincho sur	2458489	5954330	1589	Sedi	27	3	9,89	2,7	186
1472	Relincho sur	2458646	5954629	1594	Rock	38,1	38,21	11,03	38,8	37
1473	Relincho sur	2458641	5954634	1592	Rock	75,2	45,53	9,83	39,7	53

Figura VIII.1.18. Proyecto El Relincho Sur: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos -expresados en ppm-.

En la Figura VIII.1.19 se puede observar la distribución de las muestras de rocas y de sedimentos de corriente correspondientes al Proyecto El Relincho Sur, así como los valores geoquímicos de cobre y uranio de las mismas.

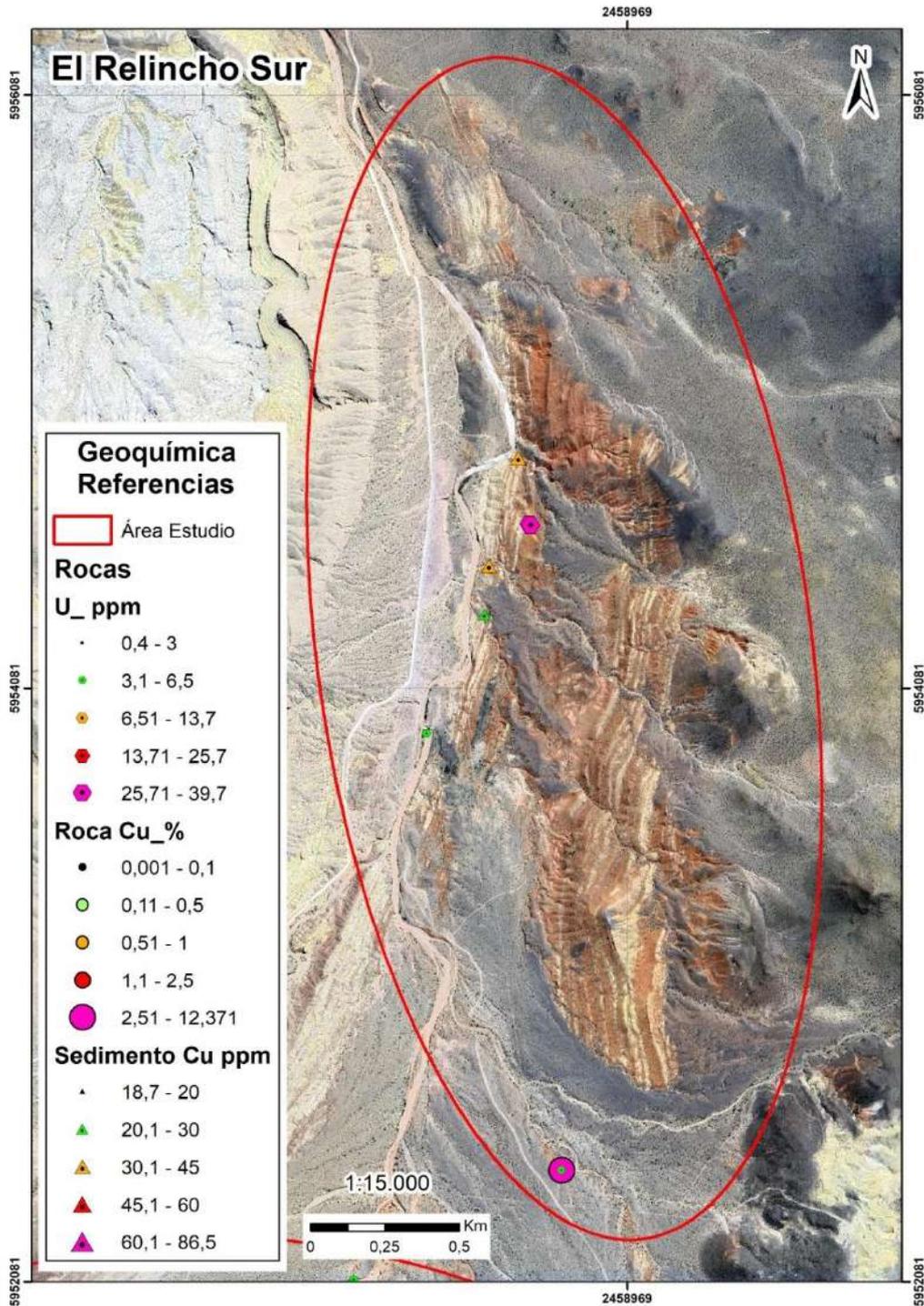


Figura VIII.1.19. Proyecto El Relincho Sur: Mapa geoquímico de El Relincho Sur indicando los principales resultados de cobre y uranio de esta última campaña, tanto de muestras de roca (círculos) como de sedimentos de corriente (triángulos).

- **RADIMETRÍA**

En el área del Proyecto El Relincho Sur se realizaron varias líneas de mediciones con el radiómetro de campo, tanto en dirección este–oeste como norte-sur.

Las mediciones obtenidas en este relevamiento en los sectores donde se ubican las areniscas con hidrocarburos, indicaron la presencia de altos valores radimétricos, equiparables con los resultados obtenidos en los análisis geoquímicos realizados en las muestras de rocas realizado posteriormente en laboratorio (Figura VIII.1.20 y Figura VIII.1.21).

Durante el relevamiento, se detectó una señal radiométrica fuerte cerca del centro del área, donde se midieron leyes de uranio de 41,2 ppm en las areniscas gris amarillentas con hidrocarburos. Estas leyes obtenidas a partir de la radimetría fueron corroboradas por los análisis geoquímicos obtenidos sobre muestras de rocas (Figura VIII.1.22).



Figura VIII.1.20. Proyecto El Relincho Sur: Medición con radiómetro portátil en la zonas de anomalías de cobre y uranio.



Figura VIII.1.21. Proyecto El Relincho Sur: Medición de radiómetro en la zona de anomalía de cobre y uranio. En esta locación, el radiómetro indicó 41,2 ppm de uranio y el posterior análisis geoquímico, 39,7 ppm, evidenciando la precisión de las medidas radimétricas de campo.

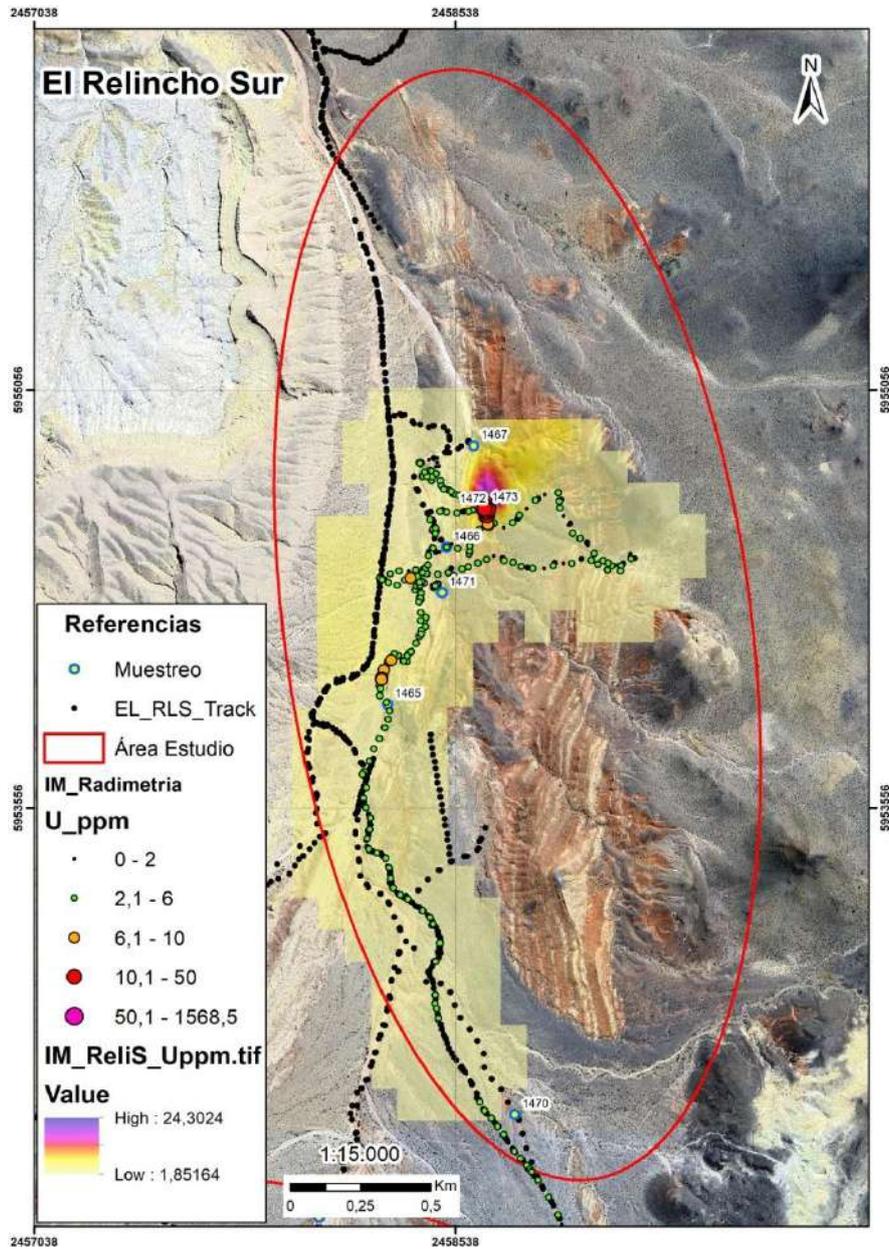


Figura VIII.1.22. Proyecto El Relincho Sur: Mapa Radimétrico, indicando las anomalías en uranio.

PROYECTO EL RELINCHO NORTE.

- **GEOLOGÍA**

En forma similar al Proyecto San Romeleo, las rocas más antiguas reconocidas en El Relincho Norte también pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior, sobre las que se encuentran los sedimentos marinos del Grupo Malargüe, cuya edad van del Cretácico superior al Paleógeno inferior. Estos materiales están intruidos por traquitas terciarias muy alteradas, posiblemente de la formación Collipilli. Por encima de esta secuencia, se depositan los materiales volcánicos del Grupo Palauco de edad Paleocena (Figura VIII.1.23 y Figura VIII.1.24).



Figura VIII.1.23. Proyecto El Relincho Norte: Foto con vista al sur, mostrando las principales unidades geológicas presentes. Se aprecia tanto la vergencia hacia el Este de las areniscas del Grupo Neuquén, como la intercalación entre las arenas grises y las rojas.

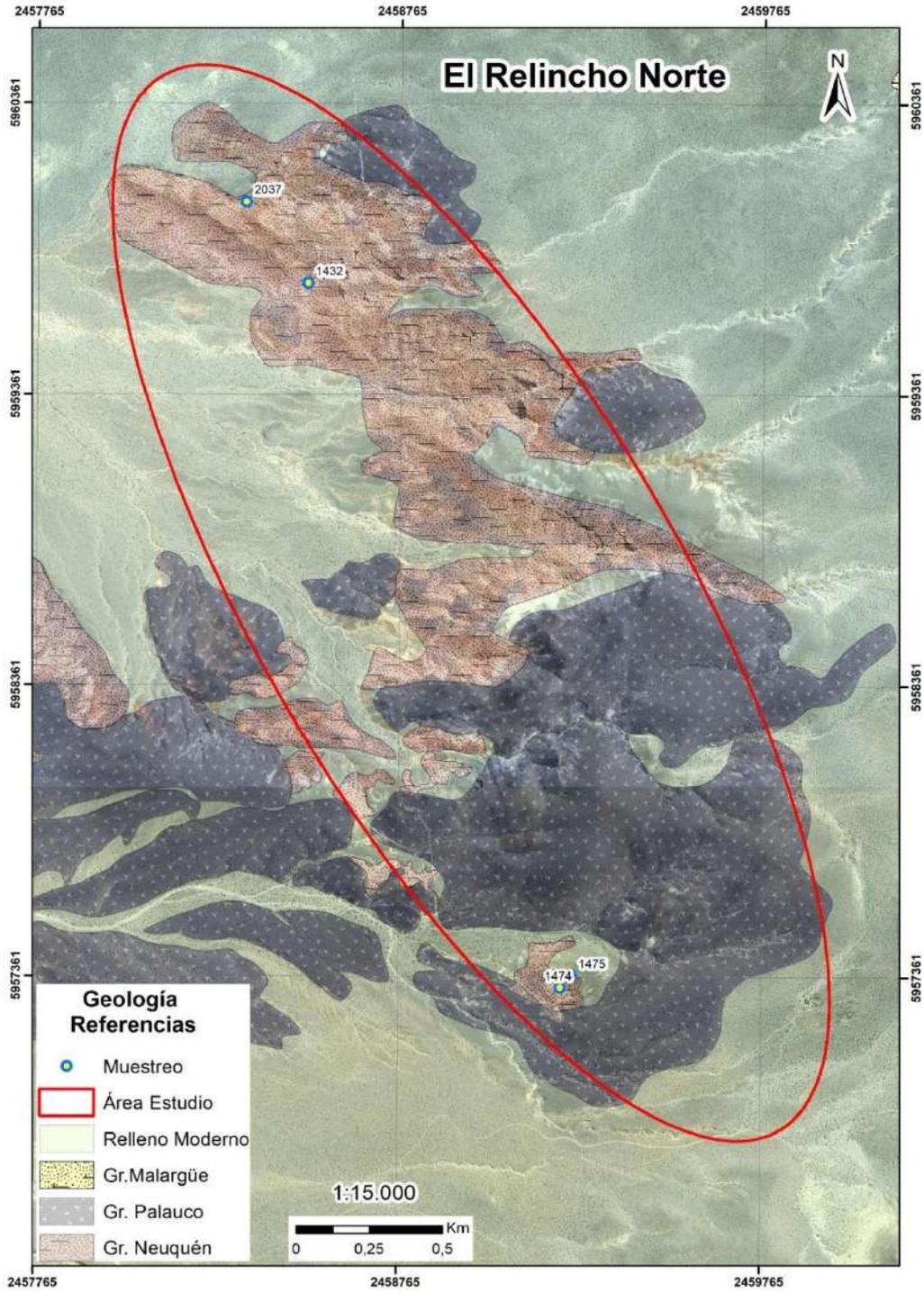


Figura VIII.1.24. Proyecto El Relincho Norte: Mapa geológico.

- **SENSORES REMOTOS**

En la región del Proyecto El Relincho Norte, las areniscas y conglomerados del Grupo Neuquén de edad Cretácico superior se remarcan muy bien con el producto satelital que muestra los óxidos férricos. De igual forma se distinguen a la vez, las traquitas terciarias que instruyen las areniscas (Figura VIII.1.25.).

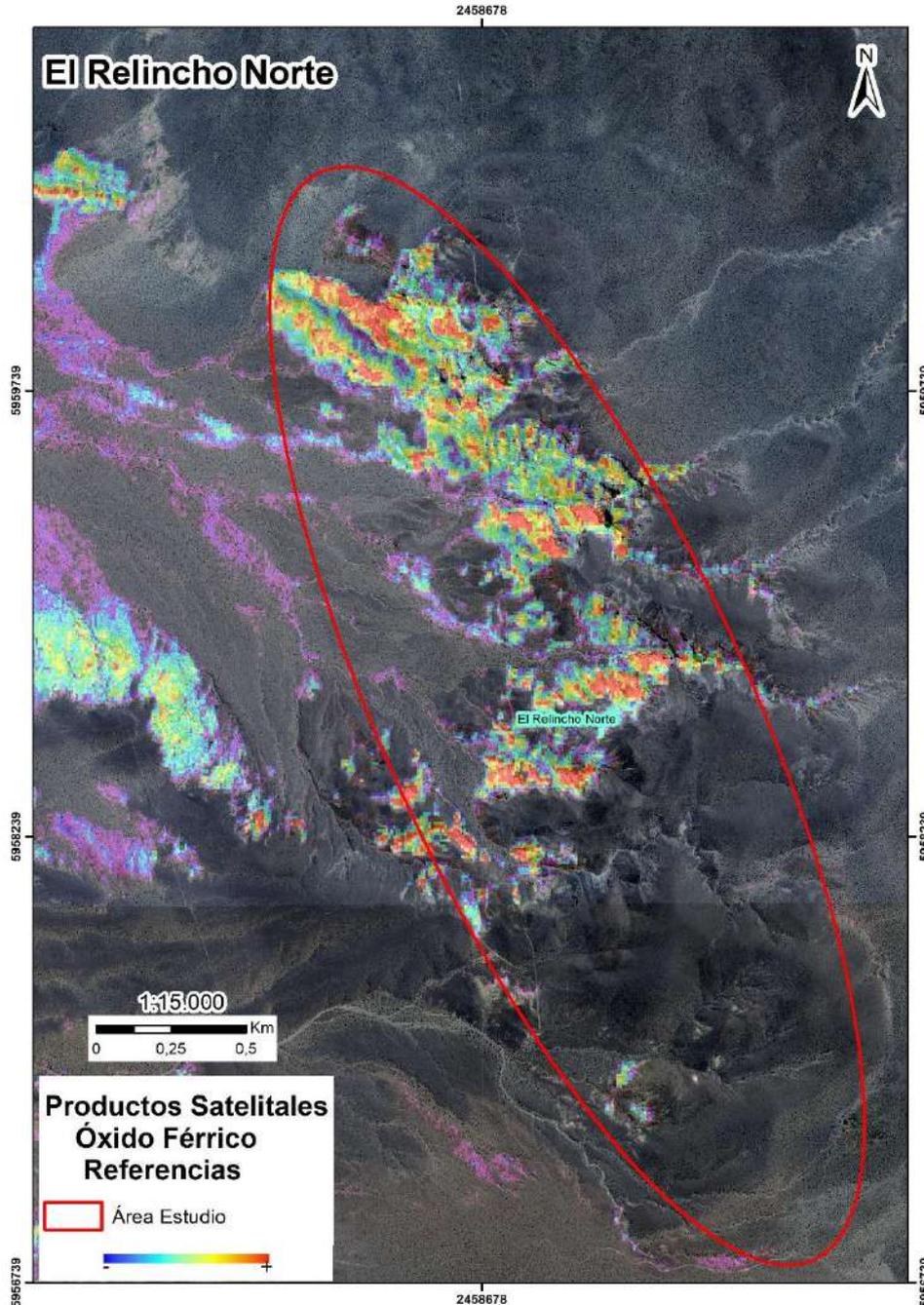


Figura VIII.1.25. Proyecto El Relincho Norte: Producto satelital resaltando los óxidos férricos.

- **MINERALOGÍA**

Los principales minerales reconocidos alojados en las areniscas del Grupo Neuquén en El Relincho Norte son principalmente minerales de cobre oxidados, tales como los indicados a continuación, representados por orden de abundancia:

- Azurita: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ (color azul intenso)
- Calcantita: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (color azul, muy soluble en agua)
- Malaquita: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ (color verde)
- Crisocola: $(\text{Cu,Al})_4\text{H}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (color verde claro a celeste)

Estos minerales oxidados se forman por alteración de minerales primarios de cobre como son:

- Calcopirita: CuFeS_2 , (color amarillo latón o bronce, brillo metálico)
- Calcosina: Cu_2S (color gris oscuro a negro, brillo metálico)
- Bornita: Cu_5FeS_4 (color va desde el cobre rojizo hasta tonos púrpura y azul iridiscente)

Los minerales de cobre, principalmente la azurita, se encuentran alojados en las areniscas grises amarillentas con abundante presencia de hidrocarburos (Figura VIII.1.26.). Por otro lado, la azurita, la malaquita y la crisocola también se encuentran rellenando fracturas y en zonas de fallas (Figura VIII.1.27).

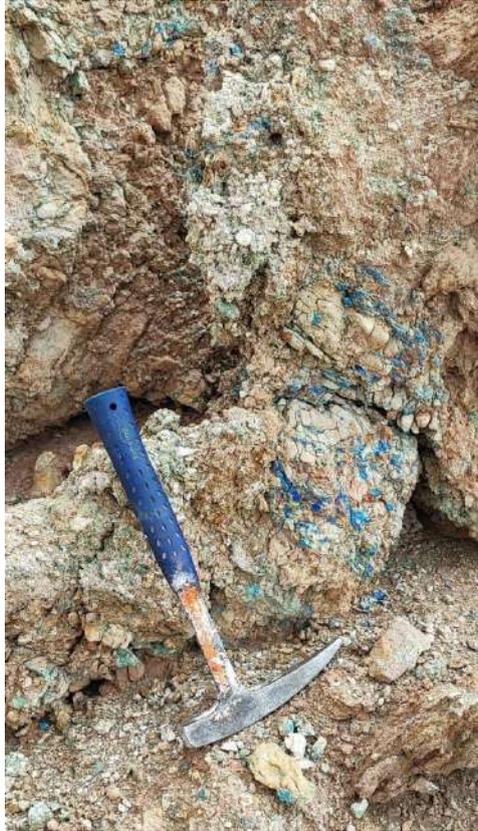


Figura VIII.1.26. Proyecto El Relincho Norte: Areniscas grises alteradas por la presencia de hidrocarburos, y afectadas por fallamiento. Esta secuencia tiene mineral de cobre diseminado, principalmente azurita y calcantita.



Figura VIII.1.27. Proyecto El Relincho Norte: Presencia de azurita y crisocola rellenando fracturas.

Asociado a las areniscas, se encontró una veta de sílice de baja temperatura y carbonato, con un rumbo este-oeste y buzando 70° al norte. Esta veta está alojada en una falla que ha generado en la roca de caja del lado norte, una roca brechada que contiene sílice de baja temperatura, tipo ópalo o jasperoide (Figura VIII.1.28).

Sobre esta veta existe una antigua labor minera de unos 4 metros sobre el rumbo de la misma y una abertura de unos 2 metros. El espesor de la veta en la labor es de 0,40 metros. La roca de caja del lado sur está muy alterada y tectonizada y posiblemente se trate de una roca ígnea. La ley de cobre en esta veta es de 4,9 %.



Figura VIII.1.28. Proyecto El Relincho Norte: Imagen con vista al Este de la veta de sílice y carbonato con cobre, de rumbo E-W, buzando 70° al N. La mineralización está alojada en una fallas que pone en contacto una brecha de falla con sílice de baja temperatura (a la derecha de la imagen) y una roca posiblemente ígnea muy tectonizada (a la izquierda).

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto El Relincho Norte se tomaron un total de cuatro (4) muestras para análisis geoquímico, de las cuales, dos (2) corresponden a muestras de roca y las restantes, a sedimentos de corriente (Figura VIII.1.29).

En la misma figura se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

Es de destacar que las muestras de roca obtenidas de la mencionada antigua labor minera en el sector sur de este proyecto, arrojaron valores de 8,1% y 4,9% de Cu, principalmente en azurita, calcantita, crisocola y malaquita.

N°_muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo_muestra	Ba	Cu	Mo	Pb	Sr	Th	U	V	Zn
1432	Relincho Norte	2458509	5959745	Sedi	486	34	4	7,2	508,3	6,85	2,1	182	89
1474	Relincho Norte	2459212	5957324	Rock (Bx)	358	81290	53,13	25,2	395,7	9,96	6,2	58	17
1475	Relincho Norte	2459243	5957366	Rock (VM)	8003	49800	54,9	232,5	4775,4	4,25	10,4	166	444
2037	Relincho Norte	2458338	5960024	Sedi	883	33,9	2,39	10,4	436,7	9,35	2,4	215	111

Figura VIII.1.29. Proyecto El Relincho Norte: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos -expresados en ppm-.

En la Figura VIII.1.30 se puede observar la distribución de las muestras de rocas y de sedimentos de corriente correspondientes al Proyecto El Relincho Norte, así como los valores geoquímicos de cobre y uranio de las mismas.

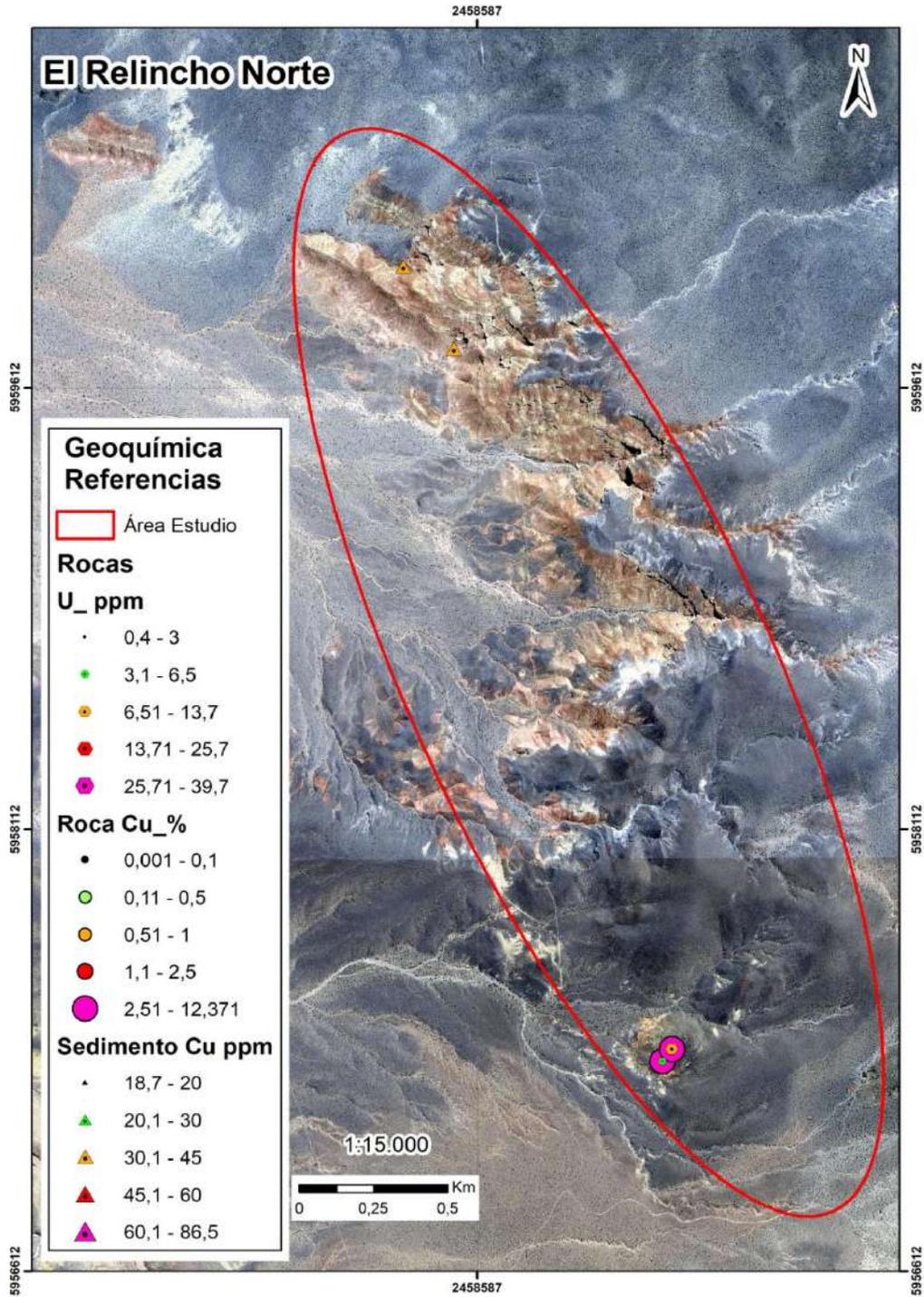


Figura VIII.1.30. Proyecto El Relincho Norte: Mapa geoquímico indicando los principales resultados de cobre y uranio, tanto de muestras de roca (círculos) como de sedimentos de corriente (triángulos).

• **RADIMETRÍA**

Se realizaron varias líneas de mediciones radimétricas atravesando los sectores norte y sur del Proyecto Relincho Norte. No se detectó ningún valor mayor a los 10 ppm de uranio, considerado como límite inferior de anomalía de dicho elemento (Figura VIII.1.31.).

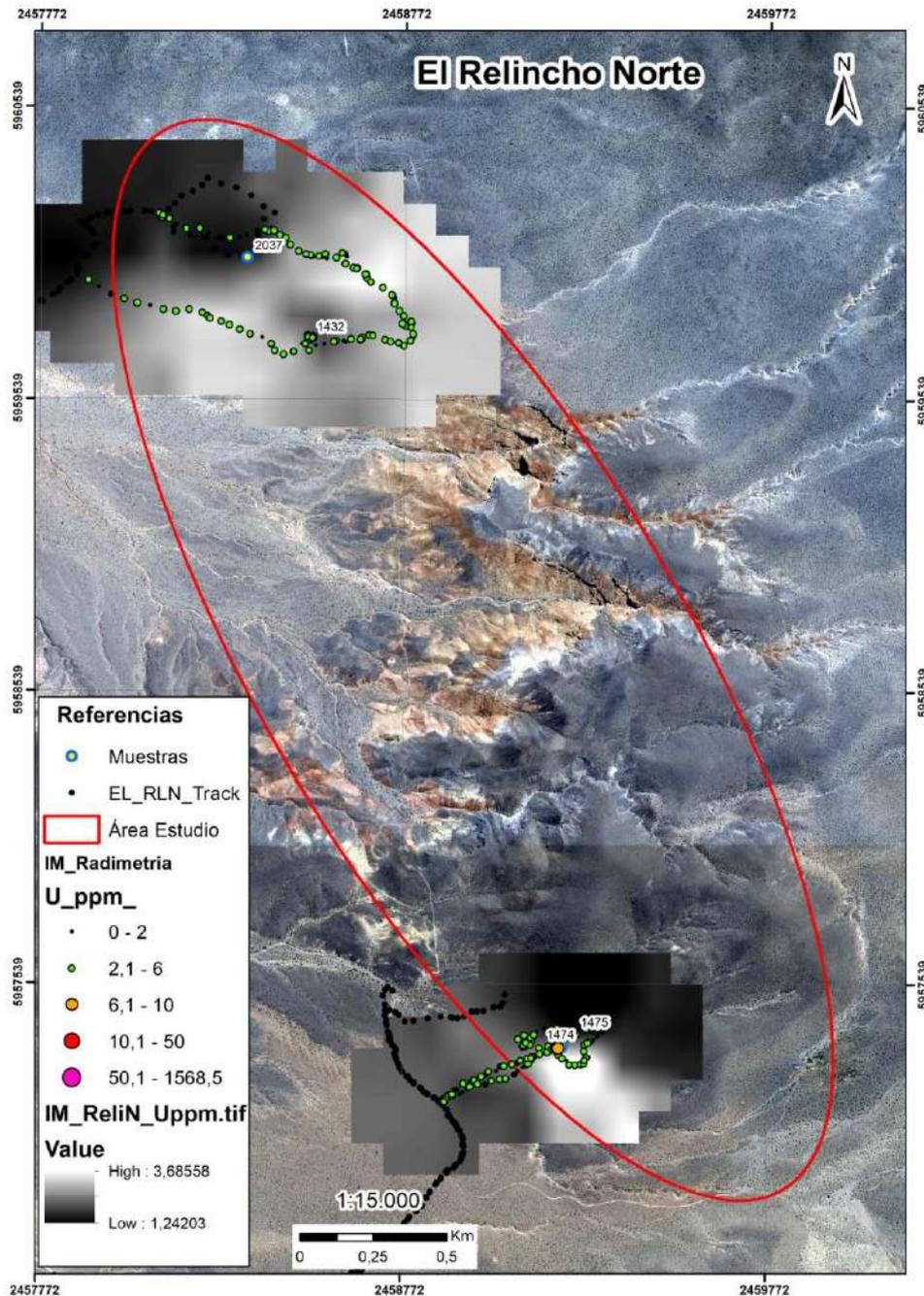


Figura VIII.1.31. Proyecto El Relincho Norte: Mapa radimétrico.

VIII. PROYECTO SIERRA AZUL

VIII.2 PROYECTO SIERRA AZUL

PROYECTO SIERRA AZUL

- **GEOLOGÍA**

La geología del área Sierra Azul comienza con la Fm. Remoredo de edad Jurásico inferior, compuesta por conglomerados, areniscas y tobas continentales. Sobre estos materiales se desarrollaron los sedimentos marinos del Grupo Cuyo, compuestos por areniscas calcáreas y pelitas. Estos sedimentos marinos se depositaron durante 34 Ma, desde el Jurásico inferior (199 Ma) al tope del jurásico medio (165 Ma). Sobre estos materiales, se depositaron calizas esqueléticas de la Fm. La Manga en el piso del Jurásico superior; se generó entonces un pequeño hiatus en la secuencia sedimentaria y luego se depositaron las pelitas negras y calizas fosilíferas de la Fm. Vaca Muerta, que abarca desde el Jurásico superior hasta el inicio del Cretácico. Sobre ellos se depositó el Grupo Rayoso, mitad marino mitad continental del Cretácico medio, representado por arenas rojas, calizas y yesos. Todos estos materiales se encuentran intruidos por traquitas terciarias, posiblemente de la formación Collipilli. Por encima de la secuencia, se depositaron los materiales volcánicos del Grupo Palauco de edad Paleocena (Figura VIII.2.1 y Figura VIII.2.2).



Figura VIII.2.1. Proyecto Sierra Azul: Foto con vista al oeste, mostrando las principales unidades geológicas presentes en el Proyecto Sierra Azul. En la foto se aprecian las calizas de la Fm. La Manga y al fondo los sedimentos del Grupo Cuyo.

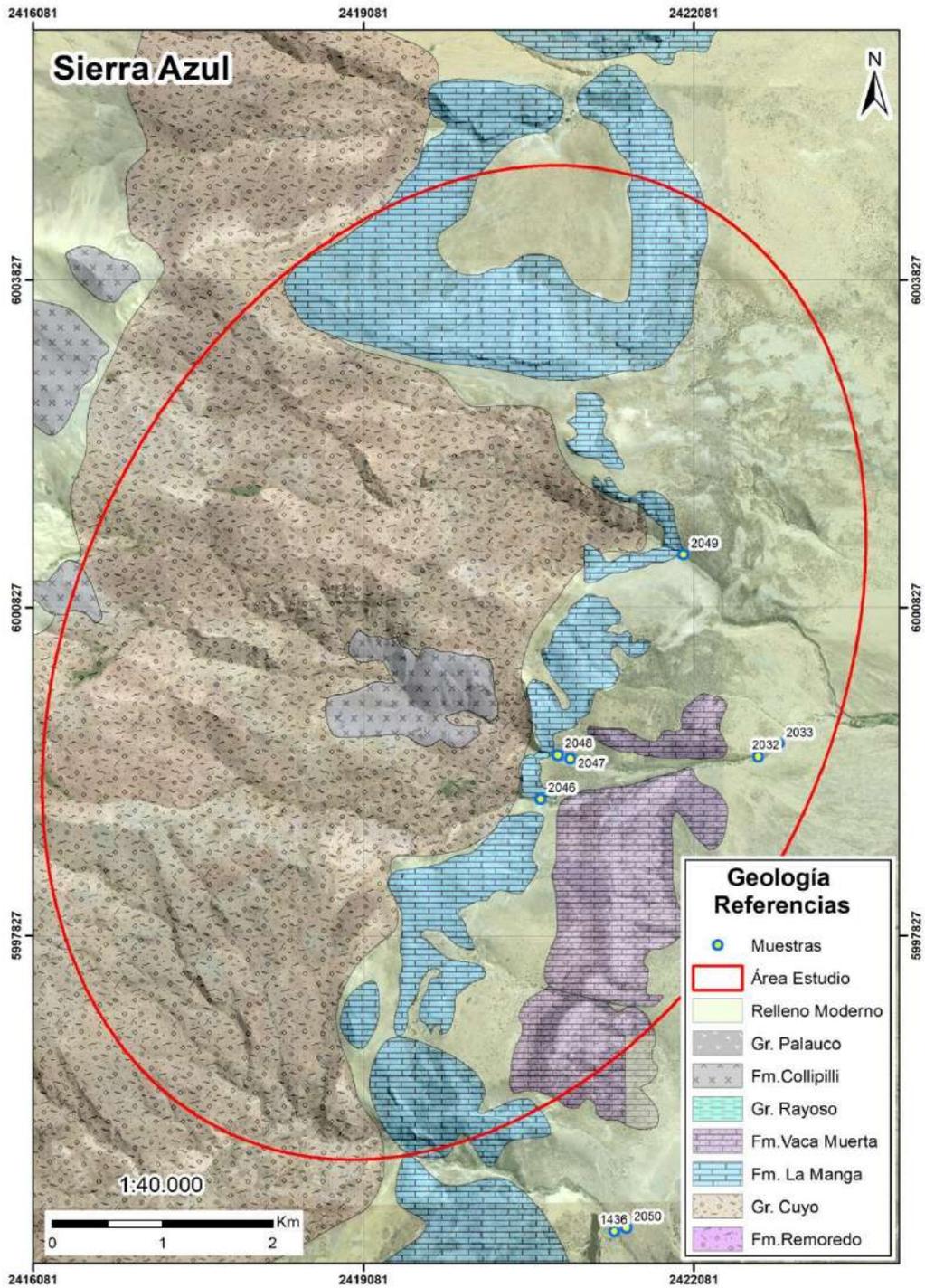


Figura VIII.2.2. Proyecto Sierra Azul: Mapa geológico

- **SENSORES REMOTOS**

En la región del Proyecto Sierra Azul, las alteraciones sobre los sedimentos marinos y continentales se evidenciaron muy bien con el producto satelital Gossan (Figura VIII.2.3). Los intrusivos presentes se remarcaron con el producto satelital obtenido a partir de la Técnica Crosta (Figura VIII.2.4).

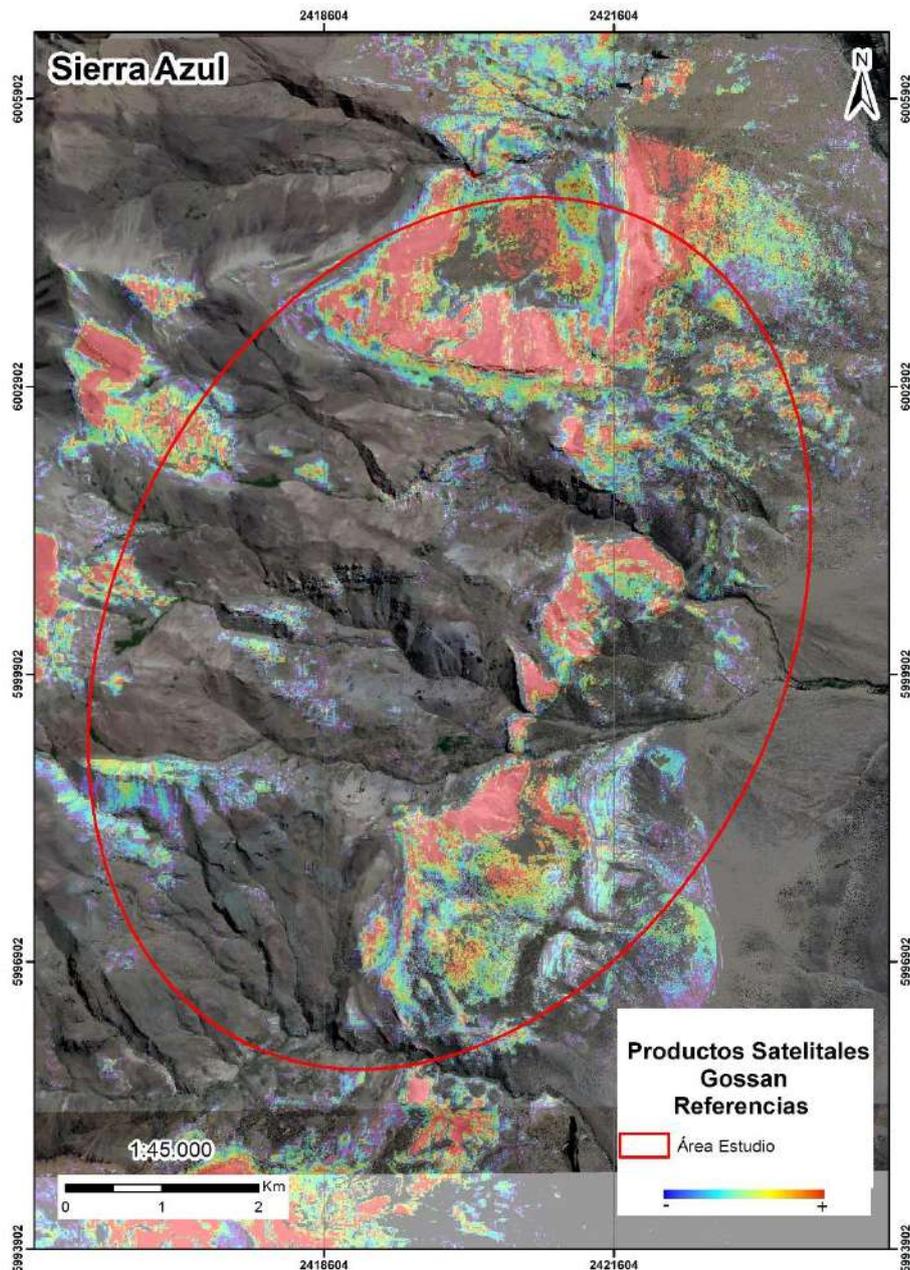


Figura VIII.2.3. Proyecto Sierra Azul: Producto Satelital Gossan. Se reconocen las alteraciones sobre los sedimentos marinos y continentales

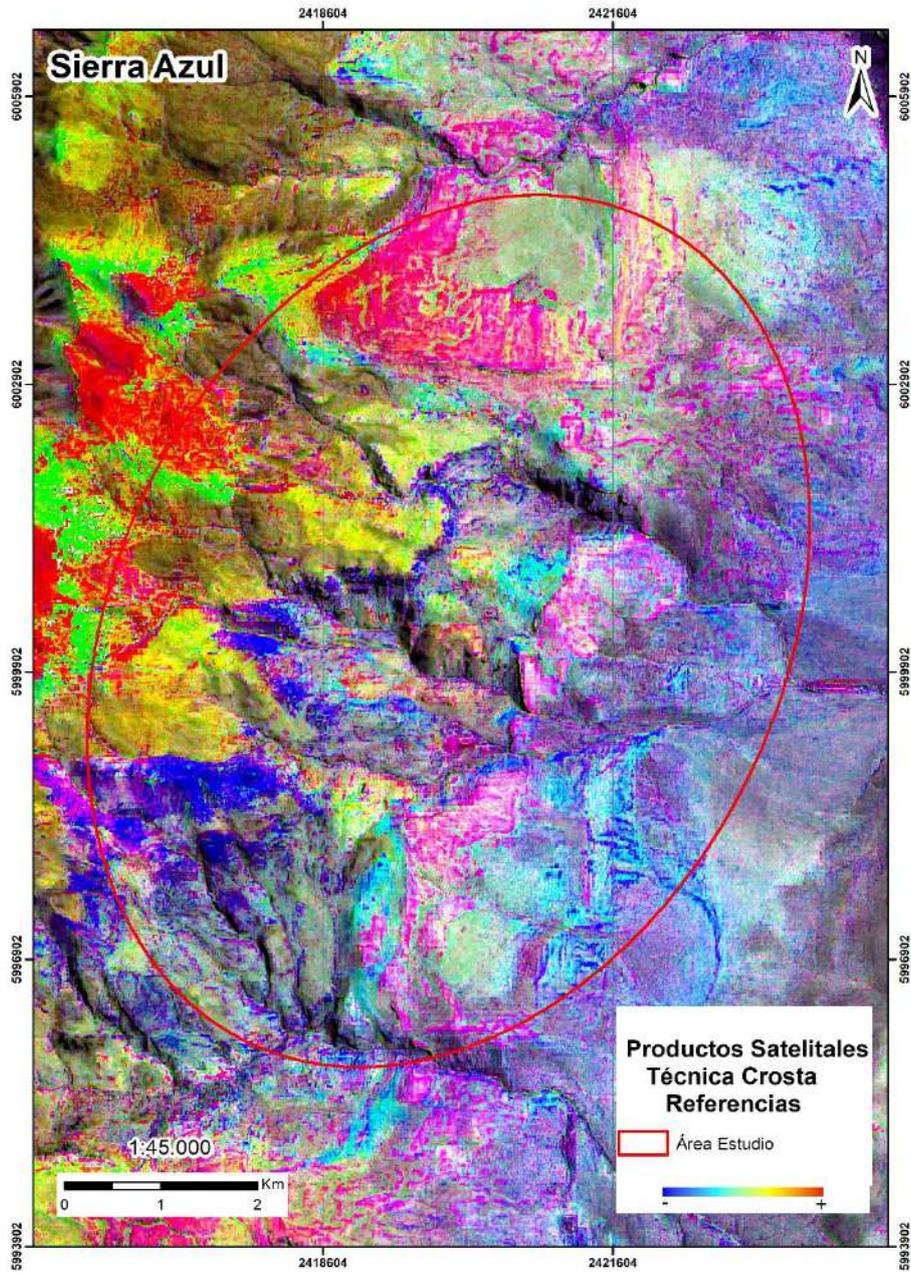


Figura VIII.2.4. Proyecto Sierra Azul: Producto Satelital Técnica Crosta.

Las alteraciones y los intrusivos dentro de este proyecto también fueron reconocidas a partir de la aplicación del método de Clasificación Supervisada (Figura VIII.2.5).

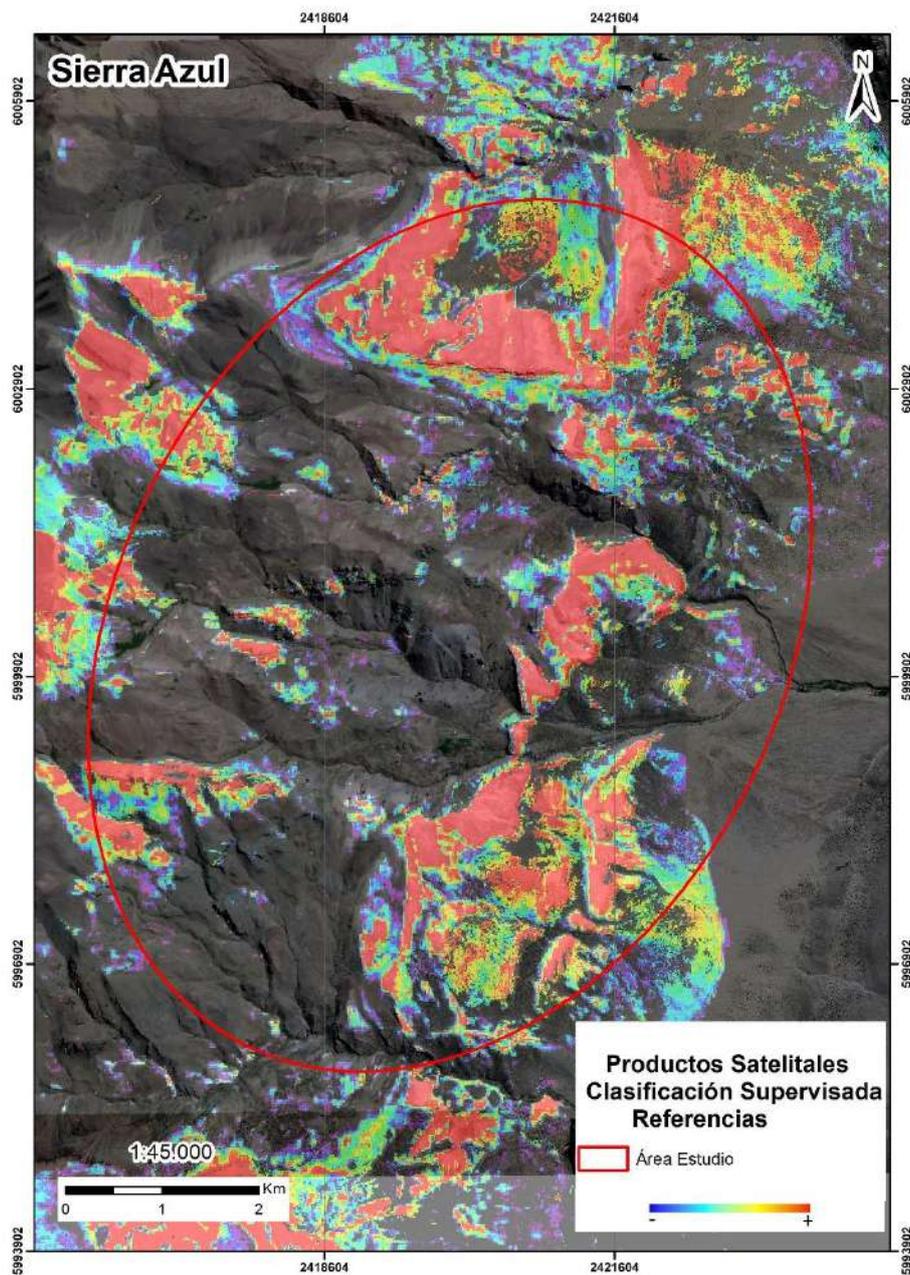


Figura VIII.2.5. Proyecto Sierra Azul: Producto Satelital logrado a partir de la técnica de Clasificación Supervisada.

- **MINERALOGÍA**

El Proyecto Sierra Azul tiene un buen potencial para albergar mineralogía rica en cobre, tal como la identificada en proyectos cercanos. En dichos proyectos, tal como se comentara, la mineralización está alojada en los estratos sedimentarios del Grupo Neuquén, además de estar presentes los intrusivos ígneos de edad Oligoceno – Mioceno de la Fm. Collipilli.

Si bien éste también es el diseño geológico del Proyecto Sierra Azul y se prestara particular atención a afloramientos y sedimentos de corriente en los cauces de arroyos, la mineralización no fue reconocida visualmente en las muestras tomadas.

Sin embargo, si se pudo observar la presencia de una fuerte alteración propilítica con minerales de alteración como epidoto-clorita en los clastos de conglomerados modernos (Figura VIII.2.6). La existencia de esta alteración es de gran interés exploratorio, ya que la misma es típica de los pórfidos de cobre en ambientes geológicos similares, pudiendo implicar que la mineralización esté presente en profundidad.

La probable mineralización dentro del Proyecto La Languita sería la de minerales oxidados de cobre y/o uranio alojados en las areniscas del Grupo Neuquén y representados por calcantita, azurita, malaquita o crisocola para el cobre y carnotita para el uranio. Como ya se mencionara, los mismos se forman a partir de minerales primarios como la calcopirita, la calcosina o la bornita.



Figura VIII.2.6. Proyecto Sierra Azul: Foto de los conglomerados modernos imbricados, donde la gran mayoría de los clastos son de color verde producto de la alteración propilítica (epidoto-clorita).

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto Sierra Azul se tomaron un total de ocho (8) muestras para análisis geoquímico, de las cuales, cuatro (4) corresponden a muestras de roca y las restantes a sedimentos de corriente (Figura VIII.2.7).

En la misma figura se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

Las muestras de sedimentos de corriente obtenidas de los principales cauces muestran anomalías en cobre, algo bajas, pero hay que considerar que las cuencas son extensas y las áreas fuentes pueden estar lejos. Por otro lado, son llamativos los valores altos de vanadio.

N° muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo_muestra	Ba	Cu	Mo	Sn	Th	U	V	Zn
1436	Sierra azul	2421357	5995120	Sedi	571	23,1	3,85	1,8	8,7	2,4	131	98
2032	Sierra azul	2422665	5999462	Sedi	1158	22	3,34	2	7,78	2,2	124	105
2033	Sierra azul	2422848	5999578	Rock	501	23	3,17	2	3,81	1,4	29	57
2046	Sierra azul	2420687	5999075	Sedi	736	42,1	6,15	1,8	7,34	3,3	180	156
2047	Sierra azul	2420960	5999443	Sedi	1631	18,7	3,21	1,9	7,56	2,1	113	95
2048	Sierra azul	2420841	5999480	Rock	621	20,8	2,47	2,1	5,31	1,5	37	63
2049	Sierra azul	2421988	6001312	Sedi	526	23,5	4,58	2,2	7,74	2,4	117	112
2050	Sierra azul	2421466	5995152	Rock	1420	25,7	3,72	3,1	7,45	2,1	29	62

Figura VIII.2.7. Proyecto Sierra Azul: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos expresados en ppm.

En la Figura VIII.2.8 se puede observar la distribución de las muestras de rocas y de sedimentos de corriente correspondientes al Proyecto Sierra Azul, para los valores geoquímicos de cobre de las mismas.

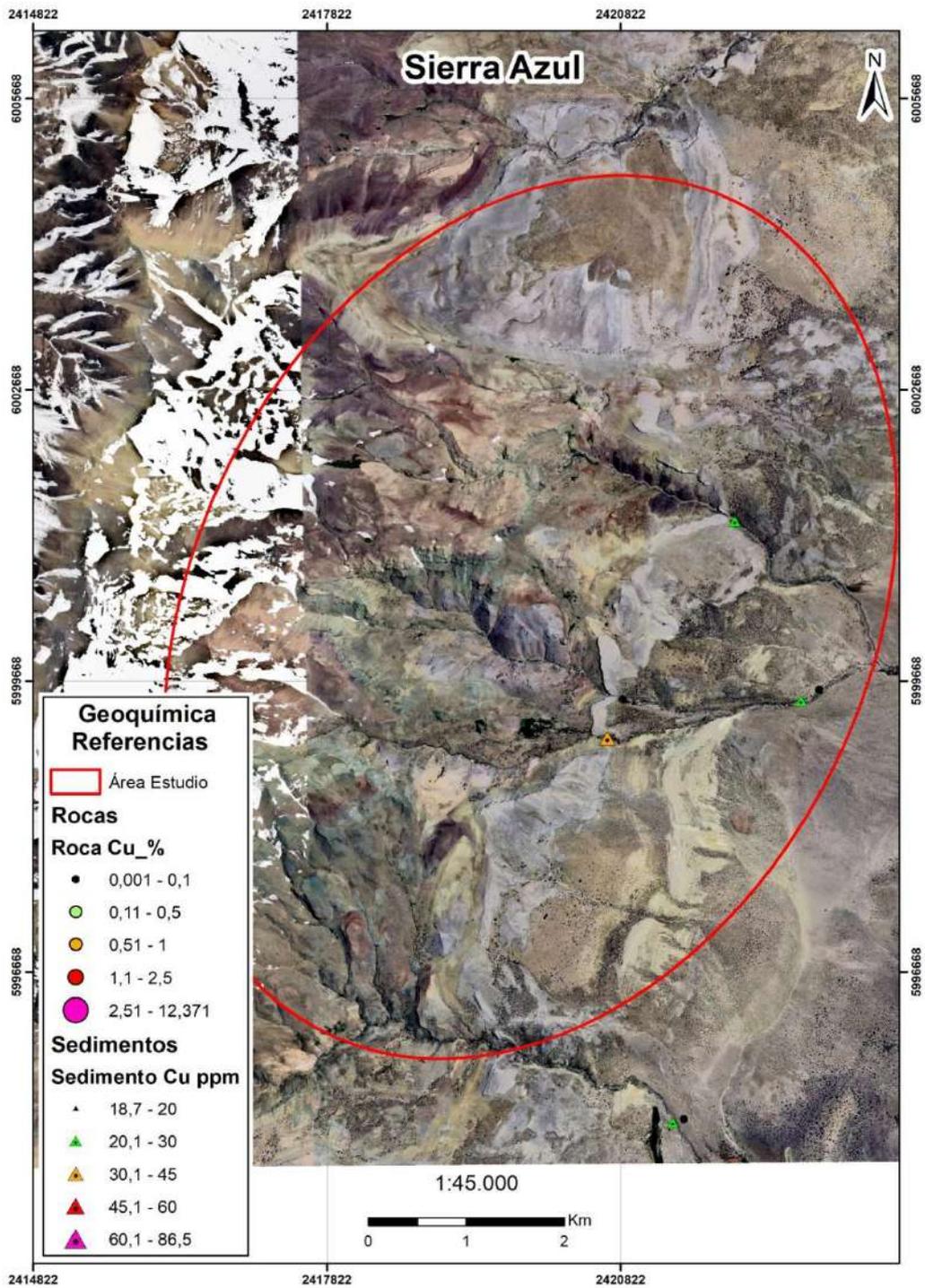


Figura VIII.2.8. Proyecto Sierra Azul: Mapa geoquímico indicando los principales resultados de cobre y uranio, tanto de muestras de roca (círculos) como de sedimentos de corriente (triángulos).

- **RADIMETRÍA**

Se realizaron varias mediciones radimétricas en particular en el sector este del Proyecto Sierra Azul. No se detectó ningún valor mayor a los 10 ppm de uranio, considerado como límite inferior de anomalía de dicho elemento (Figura VIII.2.9.).

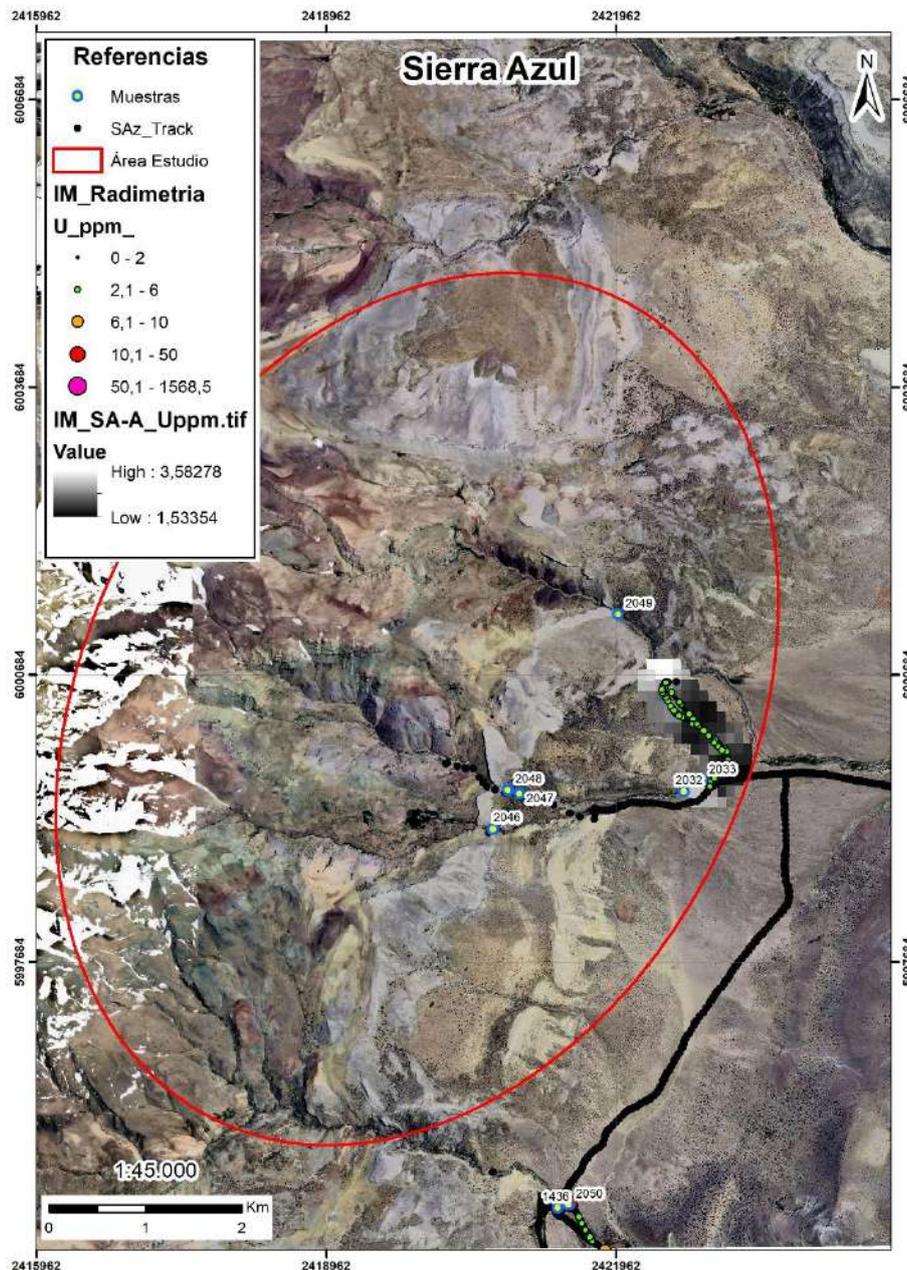


Figura VIII.2.9. Proyecto Sierra Azul: Mapa radimétrico.

PROYECTO EL MANZANO

- **GEOLOGÍA**

La base de la columna estratigráfica del Proyecto El Manzano comienza con los materiales del Grupo Rayoso, mitad marino, mitad continental, de edad Cretácica media, representado por arenas rojas, calizas y yesos. Sobre estos materiales se depositaron sedimentos que pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior, sobre las que se encuentran los sedimentos marinos del Grupo Malargüe, cuya edad va del Cretácico superior al Paleógeno inferior. Estos materiales están intruidos por estructuras tipo vetas, con mineralización de cobre posiblemente de edad Neógena (Figura VIII.2.10 y Figura VIII.2.11).



Figura VIII.2.10. Proyecto El Manzano: Foto con vista al sur, mostrando las principales unidades geológicas presentes. Se aprecia la vergencia hacia el Este de las areniscas del Grupo Neuquén.

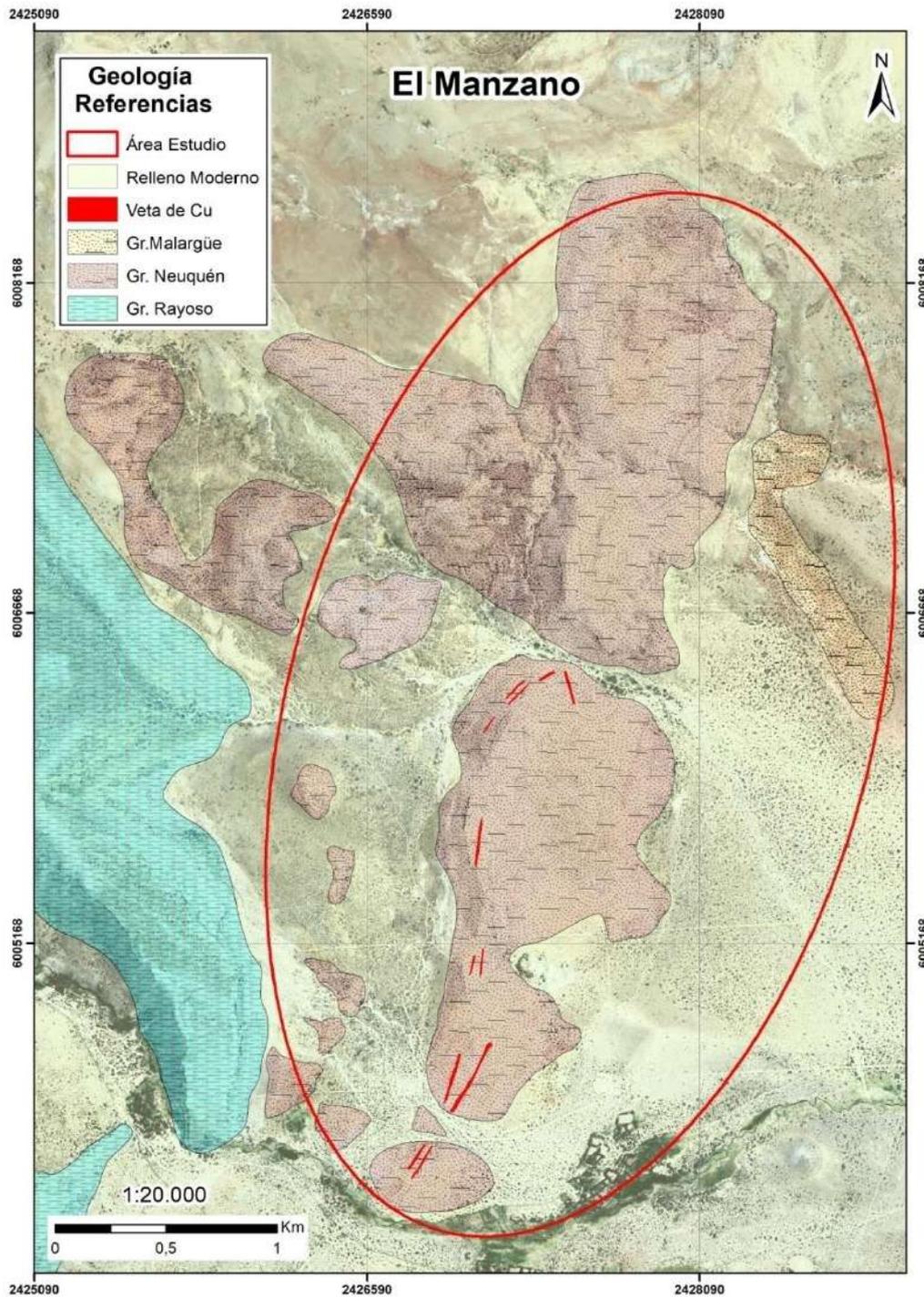


Figura VIII.2.11. Proyecto El Manzano: Mapa geológico.

- **SENSORES REMOTOS.**

En el Proyecto El Manzano, las areniscas y conglomerados del Grupo Neuquén de edad Cretácico superior, se remarcan muy bien con el producto satelital que muestra los óxidos férricos (Figura VIII.2.12).

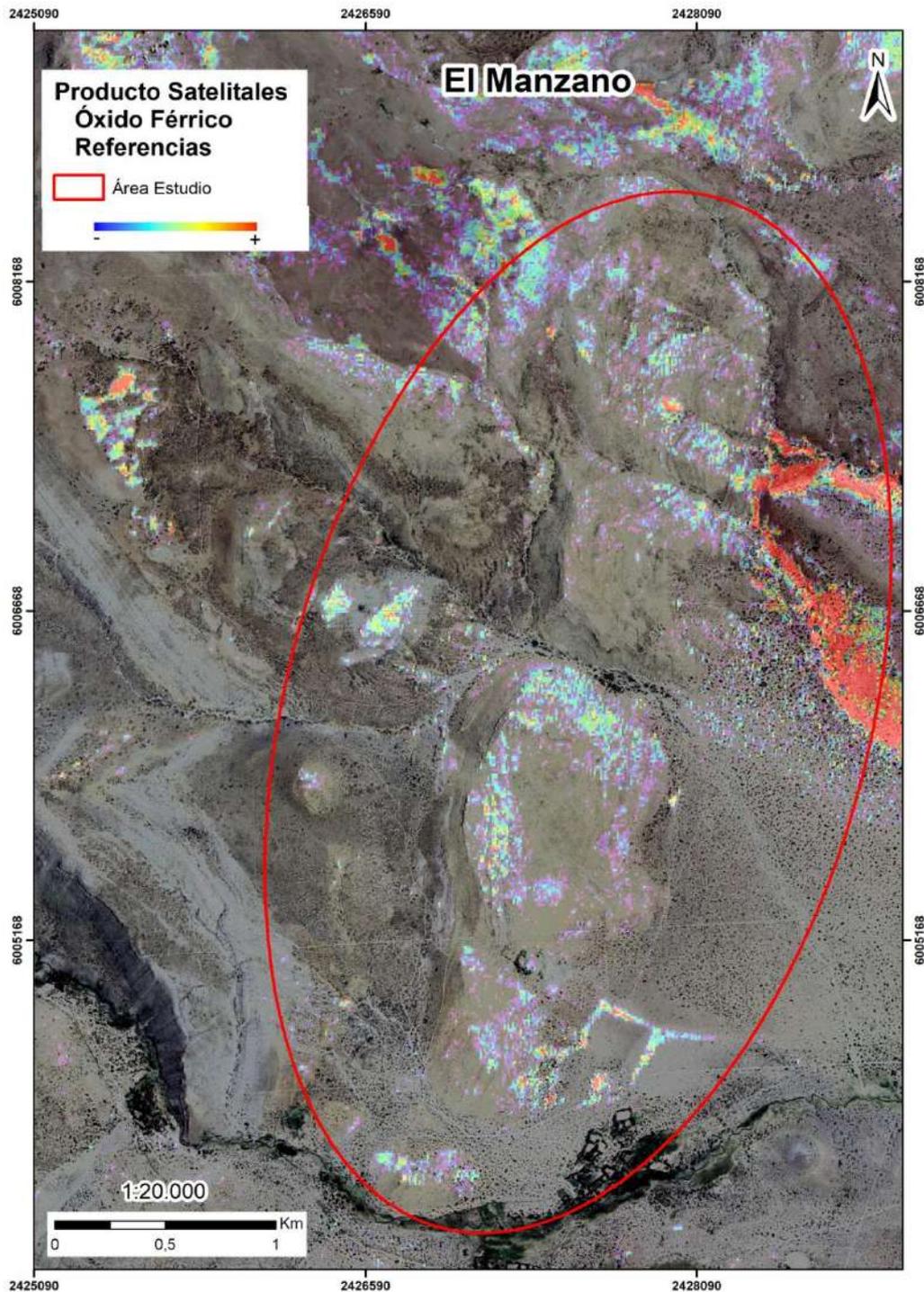


Figura VIII.2.12. Proyecto El Manzano: Producto satelital donde se resaltan los óxidos férricos.

El producto satelital “OH-Rbow” permite identificar zonas con mineralización (en la imagen, en rojo) en base a la detección de minerales hidratados, en particular en el sector central del Proyecto El Manzano (Figura VIII.2.13).

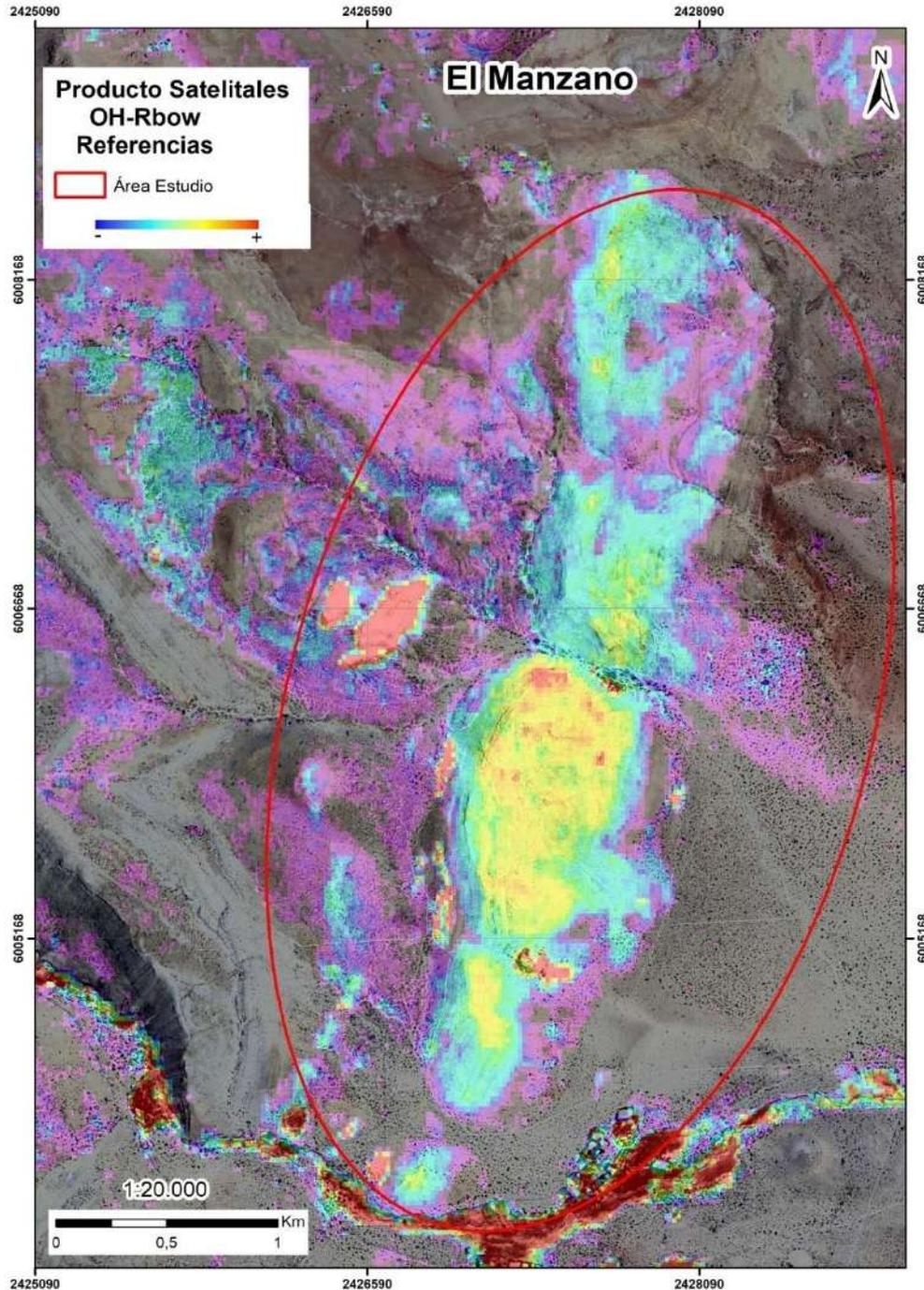


Figura VIII.2.13. Proyecto El Manzano: Producto satelital “OH-Rbow” mostrando zonas de mineralización en base a la identificación de minerales hidratados.

El producto satelital “OH” evidencia la alteración hidrotermal a partir de minerales hidratados dentro de las areniscas en el sector sur del Proyecto El Manzano (Figura VIII.2.14).

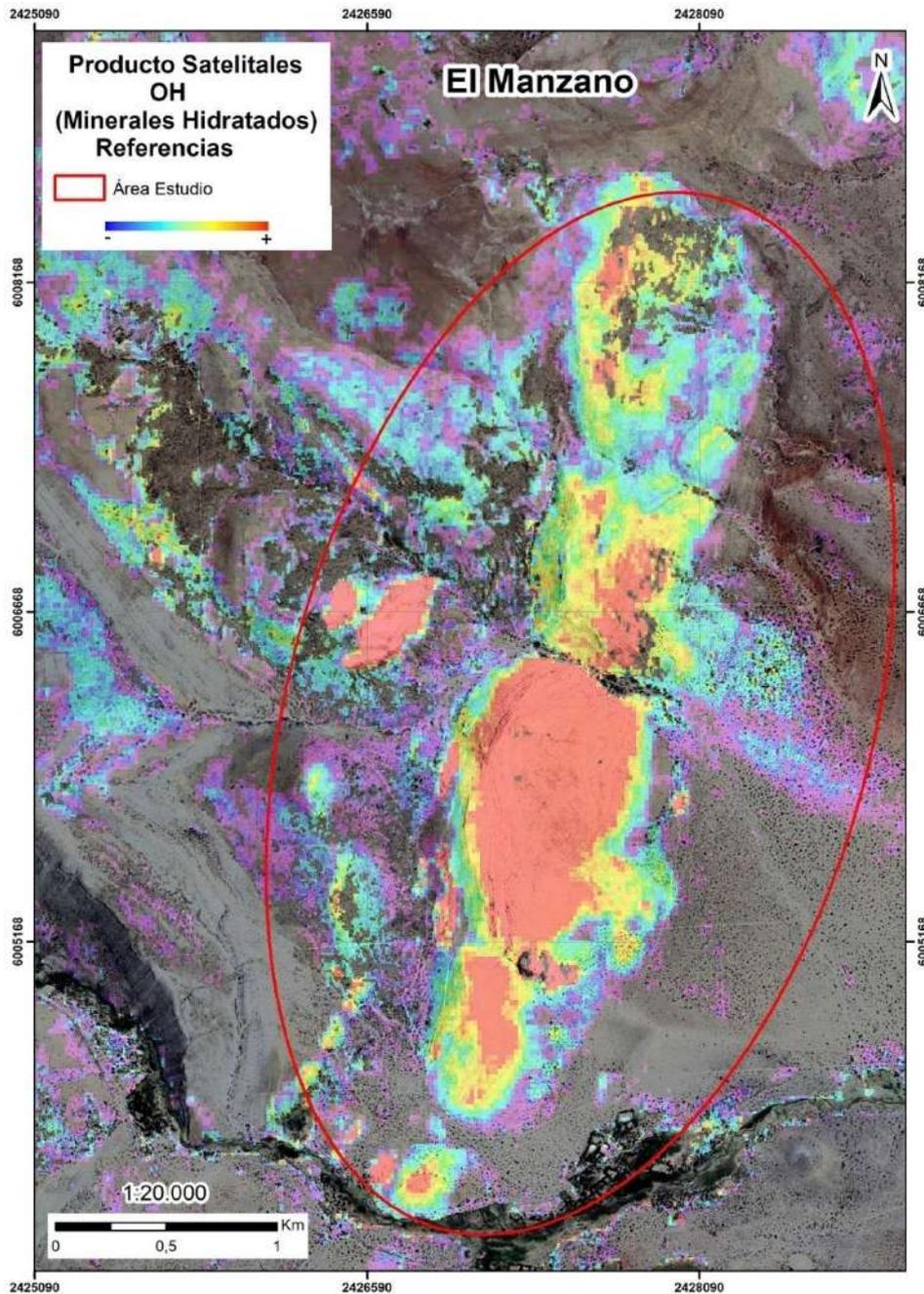


Figura VIII.2.14. Proyecto El Manzano: Producto satelital “OH” resaltando la alteración hidrotermal en el proyecto, a partir de la presencia de minerales hidratados.

- **MINERALOGÍA**

El Proyecto El Manzano tiene una mineralogía rica en cobre, con la presencia de los mismos minerales que se han identificado en los demás proyectos estudiados en el presente trabajo. La mineralización está alojada en estratos sedimentarios del Grupo Neuquén. La misma acompaña en parte a la estratificación, Tipo Estrato Ligado, mientras que en otros casos se encuentra en vetas que cortan la estratificación. Estas vetas tienen un rumbo aproximado norte-sur e inclinan hacia el este, entre 20° a 50° (Figura VIII.2.15). Se han reconocido al menos tres (3) vetas principales con estas características. Por otro lado, también se identificó otro sistema de vetas con el mismo rumbo, pero que buzan al oeste-suroeste.

Los principales minerales reconocidos alojados en las vetas y las areniscas del Grupo Neuquén en El Manzano son principalmente minerales de cobre oxidados, tales como los indicados a continuación:

- Calcantita: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (color azul, muy soluble en agua)
- Malaquita: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ (color verde)
- Azurita: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ (color azul intenso)
- Crisocola: $(\text{Cu},\text{Al})_4\text{H}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (color verde claro a celeste)
- Carnotita: $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (color amarillo brillante)

Estos minerales oxidados se forman por alteración de minerales primarios de cobre como son:

- Calcopirita: CuFeS_2 , (color amarillo latón o bronce, brillo metálico)
- Calcosina: Cu_2S (color gris oscuro a negro, brillo metálico)
- Bornita: Cu_5FeS_4 (color va desde el cobre rojizo hasta tonos púrpura y azul iridiscente)



Figura VIII.2.15. Proyecto El Manzano: Estructura mineral alojada en areniscas y pelitas laminadas con materia orgánica. La mineralización acompaña la estratificación y también se acomoda en planos de contacto entre cambios litológicos. La estructura mineral que se ve en la foto también puede tener porosidad secundaria, ya que puede ser una zona de despegue para fallas inversas. Los estratos tienen un rumbo 20° y están inclinados 26° hacia el este. El espesor del paquete alcanza los 2 m; el espesor de la zona de alta ley, el mismo es de unos 0,40 m. Las leyes en este sector son: Plata, 129,4 ppm; Cobre, 5,8 %; Molibdeno, 71,5 ppm y Uranio, 34,7 ppm.

Los minerales de cobre tales como la azurita, la malaquita, la crisocola y la calcantita se encuentran en areniscas grises amarillentas con abundante presencia de hidrocarburos (Figura VIII.2.16). La calcantita se presenta en motas, creciendo dentro de las areniscas (Figura VIII.2.17).



Figura VIII.2.16. Proyecto El Manzano: Presencia de malaquita y crisocola rellenando fracturas junto a manchas de hidrocarburos.



Figura VIII.2.17. Proyecto El Manzano: Calcantita en motas dentro de areniscas con materia orgánica. También se observa crisocola y malaquita en fracturas.

En el área del proyecto se reconocieron antiguas pequeñas labores mineras. De acuerdo a información recabada localmente, se pudo saber que dichas labores fueron desarrolladas en la década de 1960, trabajándose las estructuras o paquetes sedimentarios con cobre como si fueran vetas y explotándose la mineralización a lo largo del rumbo, con galerías y piques (Figura VIII.2.18.).



Figura VIII.2.18. Proyecto El Manzano: Imagen con vista al sur. Se trata de paquetes de areniscas con rumbo 10° buzando 49° al este. Estas arenas fluviales están impregnadas con minerales de cobre. En esta labor, se encuentran principalmente malaquita y crisocola. El espesor de la zona de alta ley es de 0,60 m y el espesor de la zona impregnada con mineral, es de aproximadamente 2 m. Cabe destacar que esta estructura se acuña hacia la superficie, posiblemente debido a la existencia de estructuras primarias como laterales de canales o por zonas de fallas.

Las leyes obtenidas en esta estructura son: Plata, 85,2 ppm; Cobre, 10,8 %; Molibdeno, 10,14 ppm y Vanadio, 110 ppm.

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto El Manzano se tomaron un total de seis (6) muestras para análisis geoquímico, las que corresponden a muestras de roca (Figura VIII.2.19).

En la misma figura se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

Los análisis químicos indican, junto a los altos valores de cobre detectados, la presencia de plata (Ag), si bien ésta no pudo ser reconocida en muestras de mano en campo. También se manifestaron valores significativos de molibdeno, uranio y vanadio. La presencia de esta paragénesis evidencia ciertas diferencias entre este proyecto y otros estudiados en las cercanías.

Las muestras de rocas dieron valores de cobre (Cu) de hasta 12,3 % y de hasta 204 ppm de plata (Ag). El molibdeno (Mo) alcanza los 112,9 ppm, el uranio (U), 34,7 ppm y el vanadio (V), 110 ppm.

N° _muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo _muestra	Ag	As	Cu	Mo	Th	U	V	Zn
1525	El Manzano	2427148	6006170	Rock	58,32	90	61440	112,99	8,26	13,7	75	38
1526	El Manzano	2427256	6006282	Rock	93,84	38,3	35600	7,48	4,44	8,1	51	24
1527	El Manzano	2427258	6006317	Rock	129,46	58,3	58940	71,54	7,11	34,7	92	15
1528	El Manzano	2427488	6006381	Rock	154,06	1907,6	87620	13,69	5,99	25,7	93	308
1529	El Manzano	2427128	6005544	Rock	204	69,4	123710	17,74	6,15	16	76	8
1530	El Manzano	2427112	6005099	Rock	85,26	141,3	108720	10,14	5,01	9	110	33

Figura VIII.2.19. Proyecto El Manzano: Muestras con el contenido de los elementos químicos más destacados, expresados en ppm.

En la Figura VIII.2.20 se puede ver un mapa con la distribución del muestreo de rocas y los valores de cobre; en la Figura VIII.2.21, los de plata y en la Figura VIII.2.22, los de uranio.

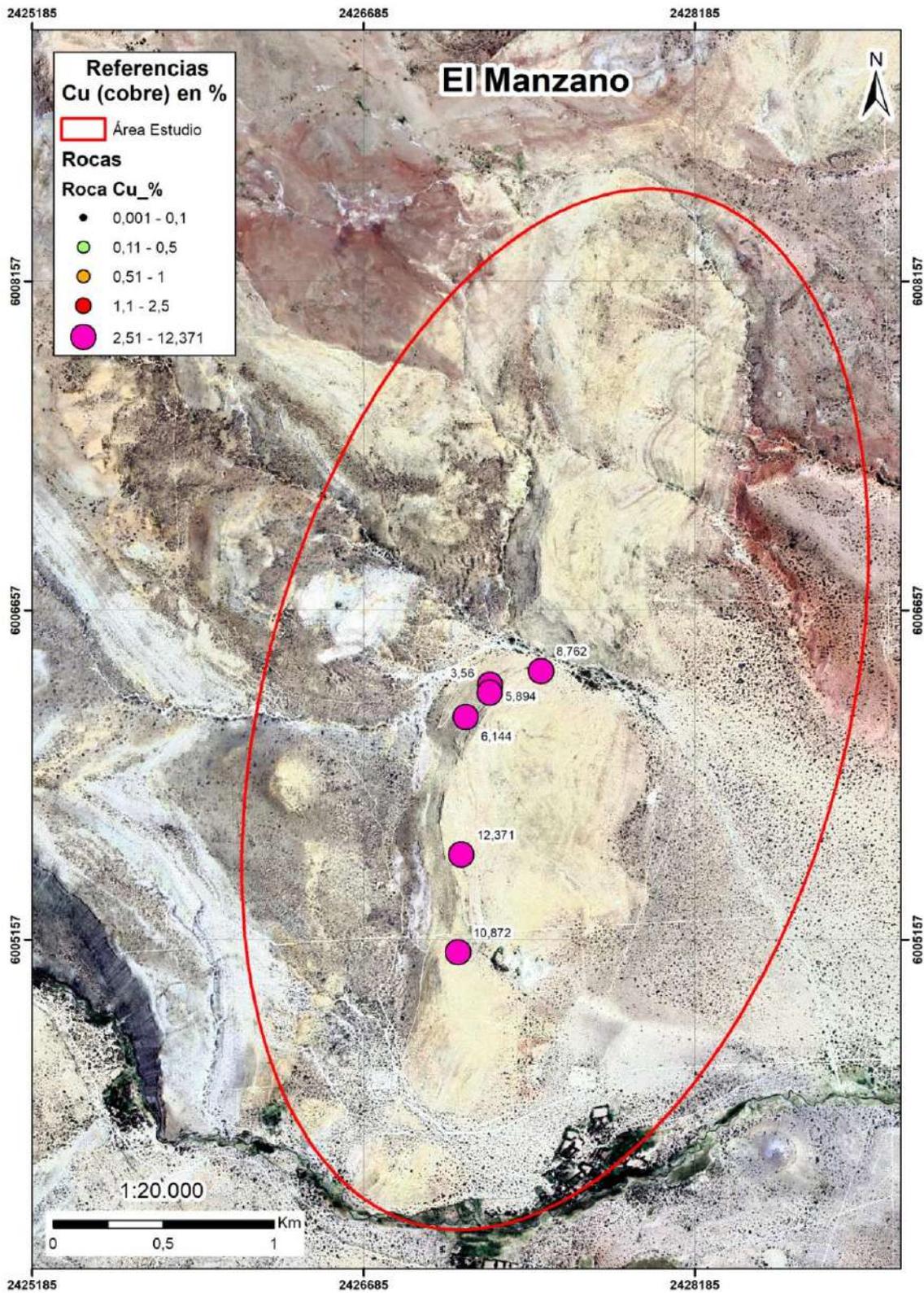


Figura VIII.2.20. Proyecto El Manzano: Mapa geoquímico mostrando los principales resultados de Cobre (Cu).

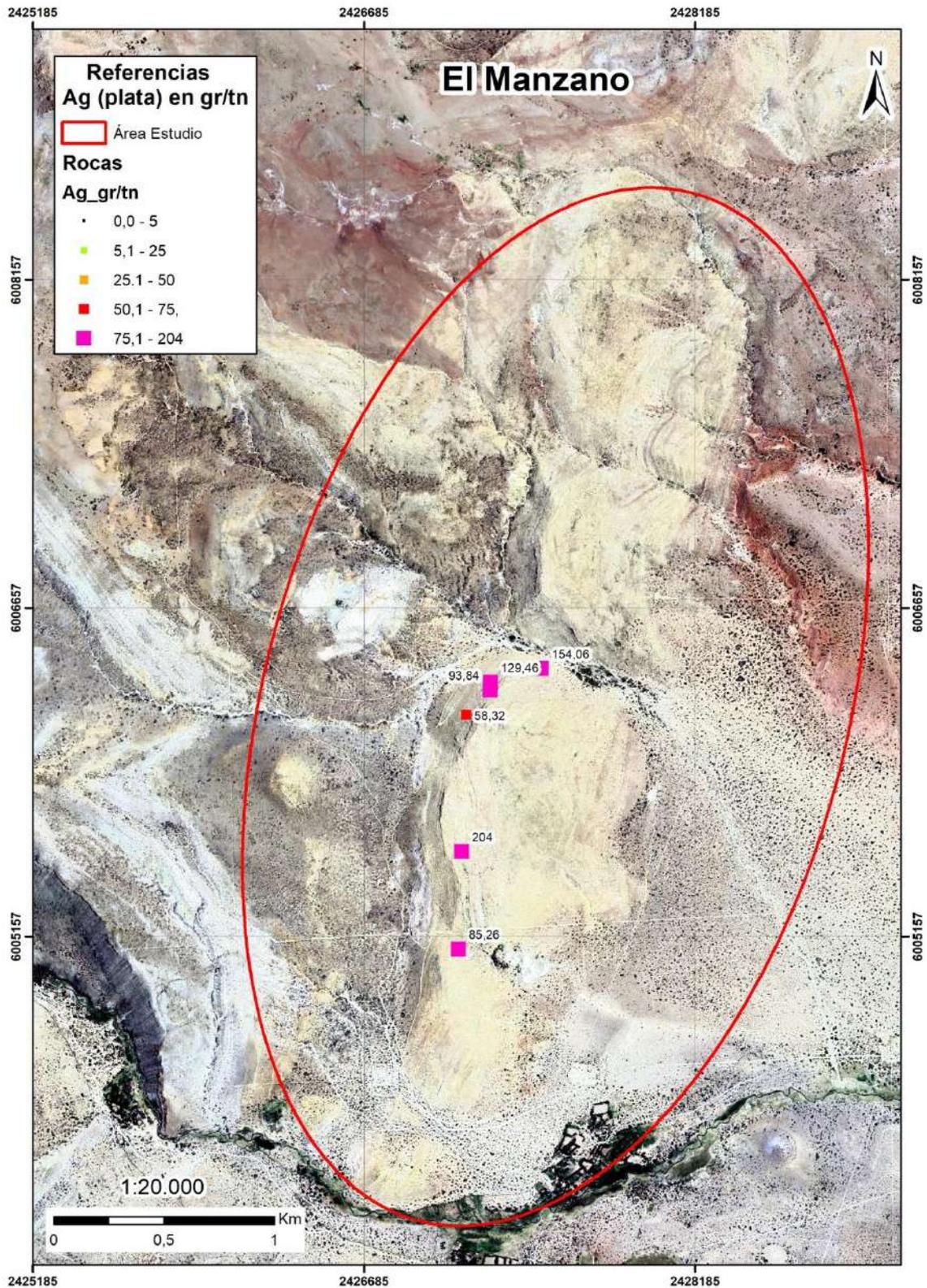


Figura VIII.2.21. Proyecto El Manzano: Mapa geoquímico mostrando los principales resultados de Plata (Ag).

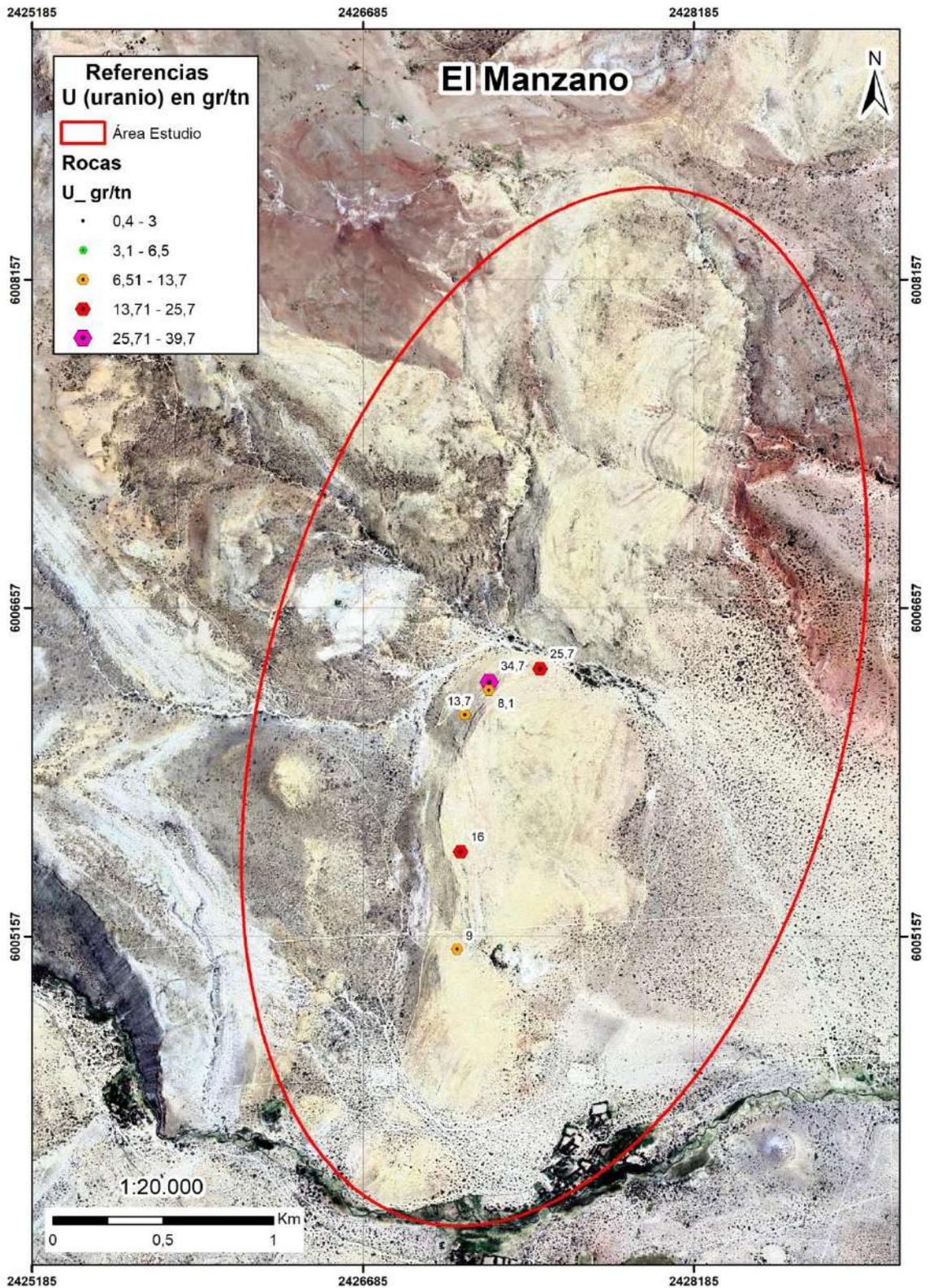


Figura VIII.2.22. Proyecto El Manzano: Mapa geoquímico mostrando los principales resultados de Uranio (U).

- **RADIMETRÍA**

En el Proyecto El Manzano las anomalías de uranio están restringidas a las mineralizaciones tipo vetas asociadas al cobre. No se encontraron valores anómalos en las areniscas, fuera de la zona mineral. Por otro lado, se extendieron varias líneas de mediciones radimétricas fuera del área del Proyecto. Sin embargo, no se detectó ningún valor mayor a los 10 ppm de uranio, considerado como límite inferior de anomalía de dicho elemento (Figura VIII.2.23).

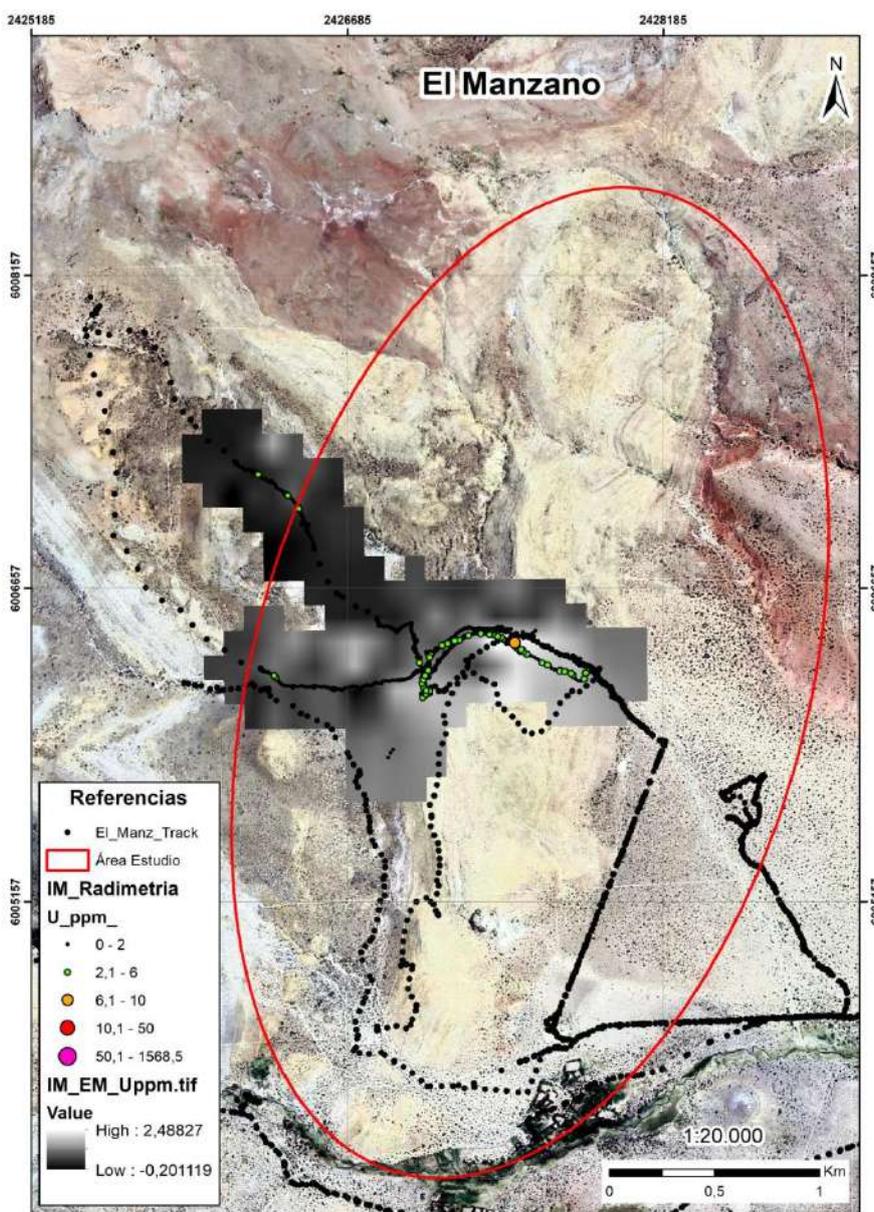


Figura VIII.2.23. Proyecto El Manzano: Mapa Radimétrico.

PROYECTO LA LANGUITA

- **GEOLOGÍA**

Las rocas más antiguas identificadas en el Proyecto La Puntilla pertenecen a los sedimentos continentales y marinos del Grupo Rayoso del Cretácico medio, representado por areniscas rojas, calizas y yesos. Sobre estos materiales se depositaron sedimentos que pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior. Todos estos materiales se encuentran intruidos por traquitas terciarias, posiblemente de la Formación Collipilli, de edad Oligoceno a Mioceno Inferior. Por encima de la secuencia, se depositaron materiales modernos (Figura VIII.2.24 y Figura VIII.2.25).



Figura VIII.2.24. Proyecto La Languita: Foto con vista al este, mostrando las rocas ígneas de la Fm. Collipilli, cubiertas por sedimentos modernos.

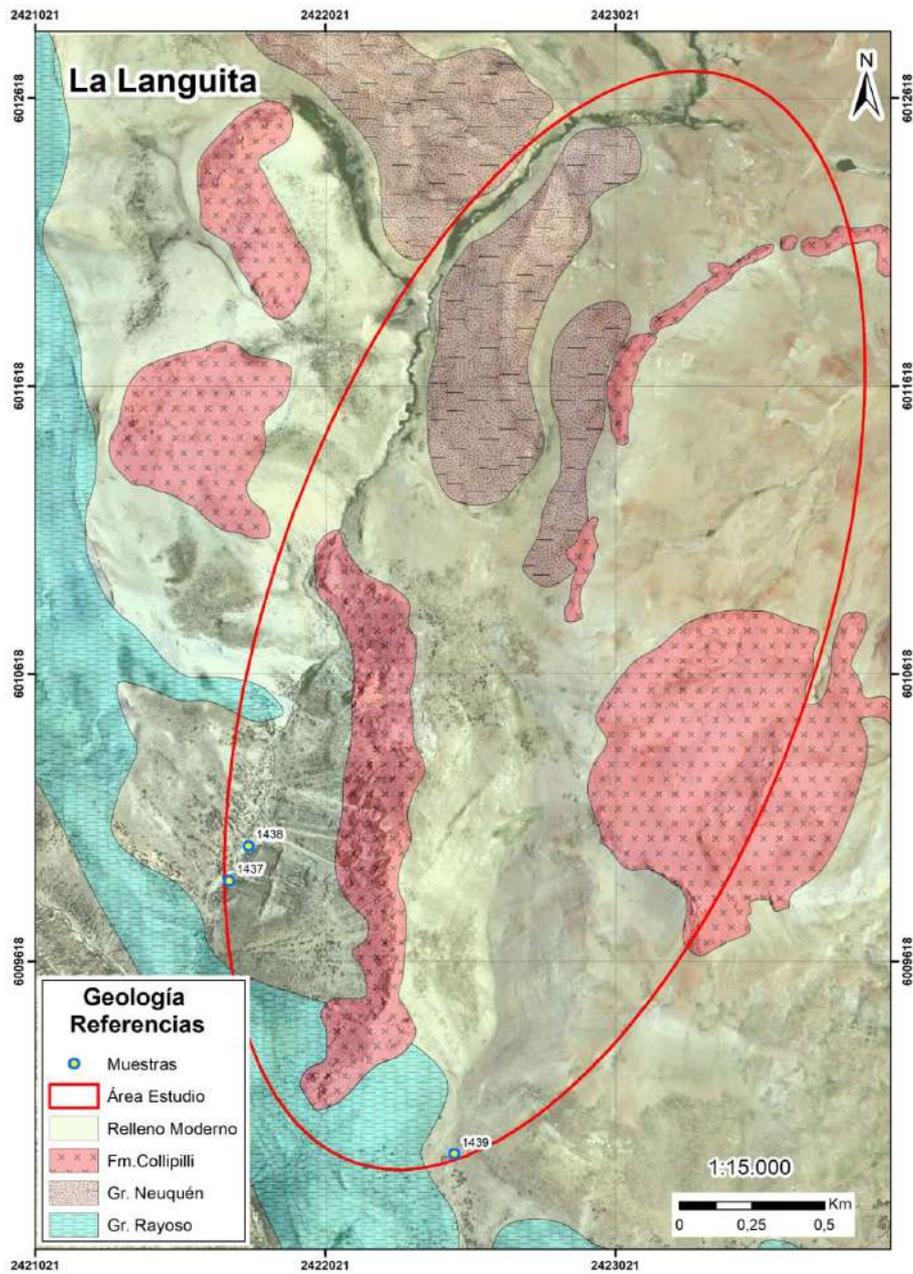


Figura VIII.2.25. Proyecto La Languita: Mapa geológico.

- **SENSORES REMOTOS**

El producto satelital “OH” evidencia la alteración hidrotermal a partir de minerales hidratados dentro de las rocas ígneas en el sector centro-sur del Proyecto La Languita (Figura VIII.2.26).

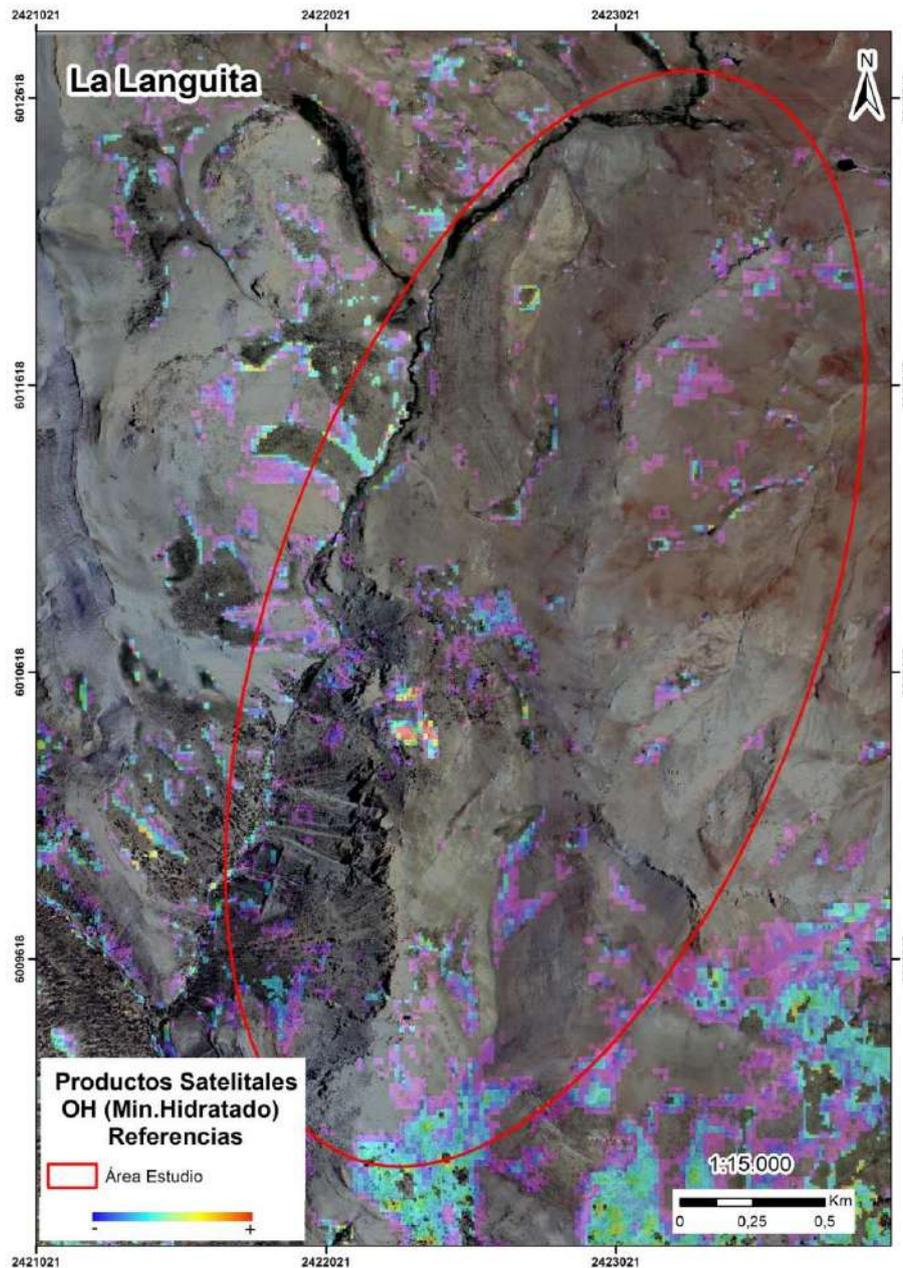


Figura VIII.2.26. Proyecto La Languita: Producto satelital “OH” resaltando la alteración hidrotermal en el proyecto, a partir de la presencia de minerales hidratados.

Por otro lado, los sectores con minerales de alteración en las areniscas del Grupo Neuquén presentes en este proyecto se evidencian a partir del proceso de Clasificación Supervisada (Figura VIII.2.27).

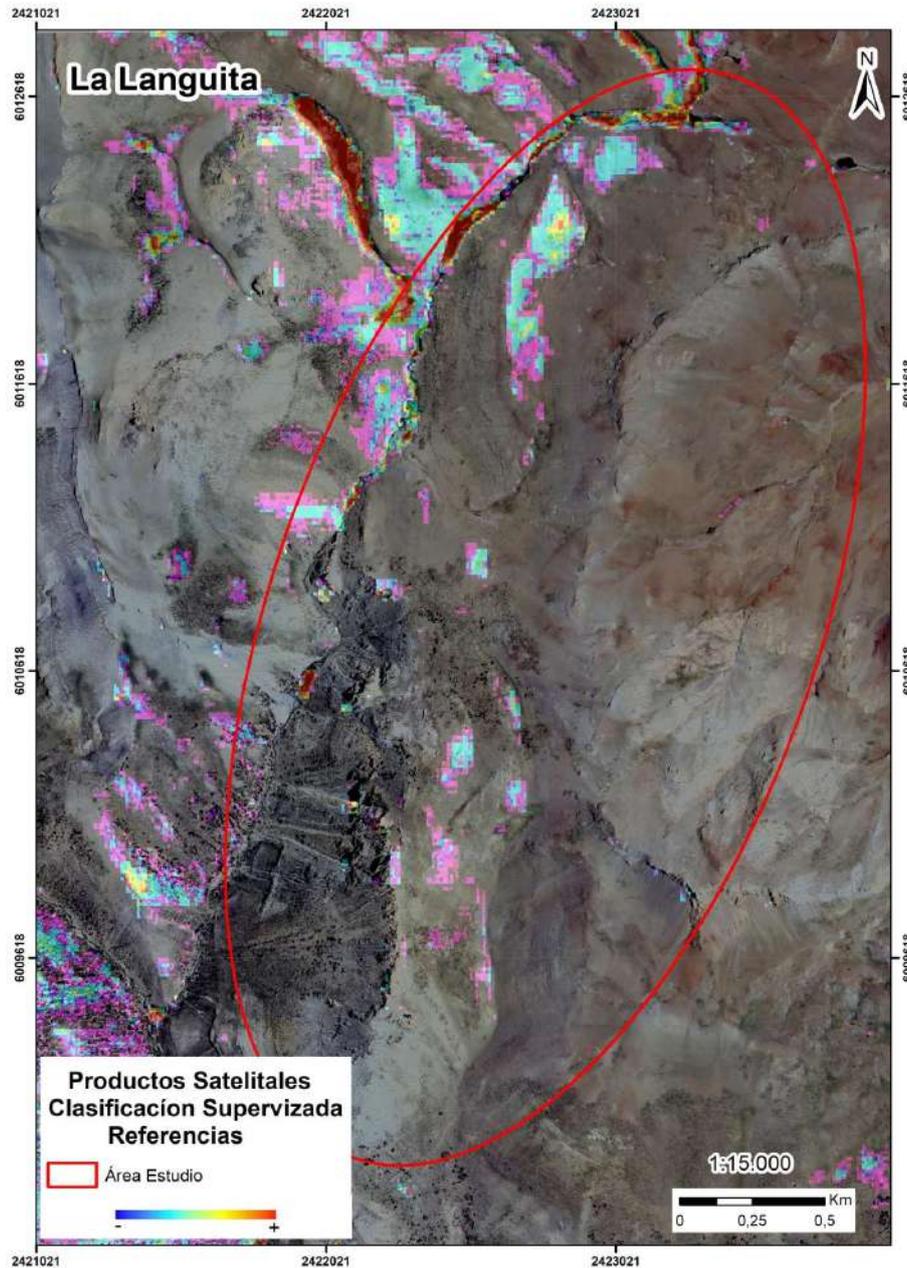


Figura VIII.2.27. Proyecto La Languita: Identificación de zonas con minerales de alteración a partir del proceso de Clasificación Supervisada.

- **MINERALOGÍA**

El Proyecto La Languita tiene un buen potencial para albergar mineralogía rica en cobre, tal como la identificada en proyectos cercanos, como el Proyecto El Manzano. En dichos proyectos, tal como se comentara, la mineralización está alojada en los estratos sedimentarios del Grupo Neuquén, además de estar presentes los intrusivos ígneos de edad Oligoceno – Mioceno de la Fm. Collipilli.

Si bien éste también es el diseño geológico del Proyecto La Languita y se prestara particular atención a los sedimentos de corriente en los cauces de arroyos -los que indicaron ciertos indicios químicos de presencia de mineral de cobre-, la mineralización no fue reconocida visualmente en las muestras tomadas.

La probable mineralización dentro del Proyecto La Languita sería la de minerales oxidados de cobre y/o uranio alojados en las areniscas del Grupo Neuquén y representados por azurita, malaquita o crisocola para el cobre y carnotita para el uranio. Como ya se mencionara, los mismos se forman a partir de minerales primarios como la calcopirita, la calcosina o la bornita.

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto La Languita se tomaron un total de tres (3) muestras para análisis geoquímico, las que corresponden una (1) a muestra de roca y las restantes a sedimentos de corriente (Figura VIII.2.28 y Figura VIII.2.29).

En la misma figura se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

Los análisis químicos indican un valor anómalo de cobre (125ppm Cu) de interés exploratorio, así como valores significativos de estroncio, vanadio y cinc.

N°_muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo_muestra	Ba	Cu	Mo	Pb	Sn	Sr	Th	U	V	Zn
1437	La Languita	2421688	6009899	Rock	319	125	4,24	7,3	1	356,7	3,94	2,3	51	49
1438	La Languita	2421756	6010020	Sedi	647	24,6	4,68	8,6	1,8	405,8	7,48	2,4	190	137
1439	La Languita	2422465	6008949	Sedi	686	36,2	6,96	10,5	1,7	1355,4	7,4	2,9	196	130

Figura VIII.2.28. Proyecto La Languita: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos expresados en ppm.



Figura VIII.2.29. Proyecto La Languita: Toma de muestras de sedimento de corriente en cauces de arroyos activos.

En la Figura VIII.2.30 se puede observar la distribución de las muestras de rocas y de sedimentos de corriente correspondientes al Proyecto La Languita, así como los valores geoquímicos de cobre de las mismas.

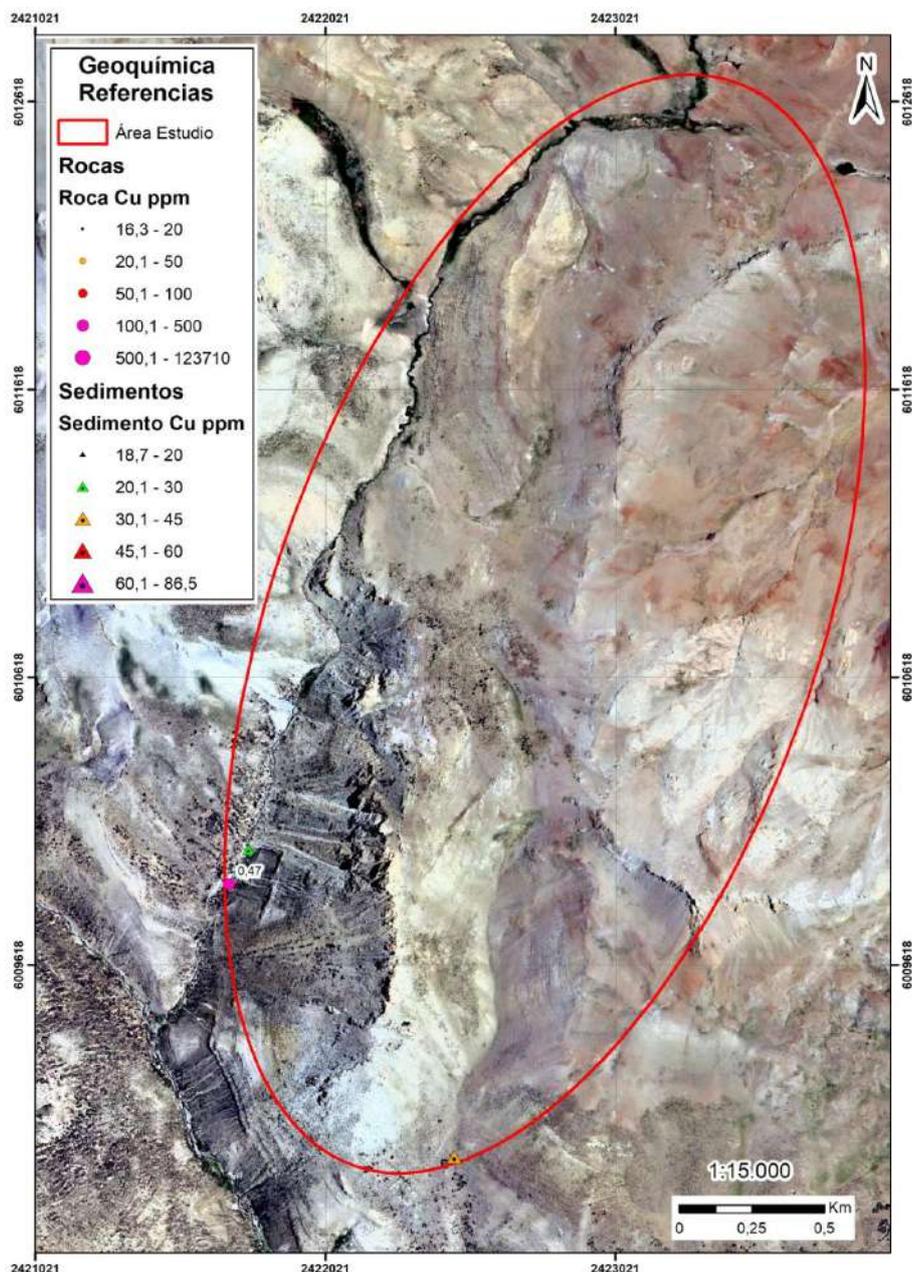


Figura VIII.2.30. Proyecto La Languita: Mapa geoquímico mostrando los principales resultados de cobre (Cu).

- **RADIMETRÍA**

Se realizaron varias mediciones radiométricas en particular en el sector noreste del Proyecto La Puntilla. No se detectó ningún valor mayor a los 10 ppm de uranio, considerado como límite inferior de anomalía de dicho elemento (Figura VIII.2.31).

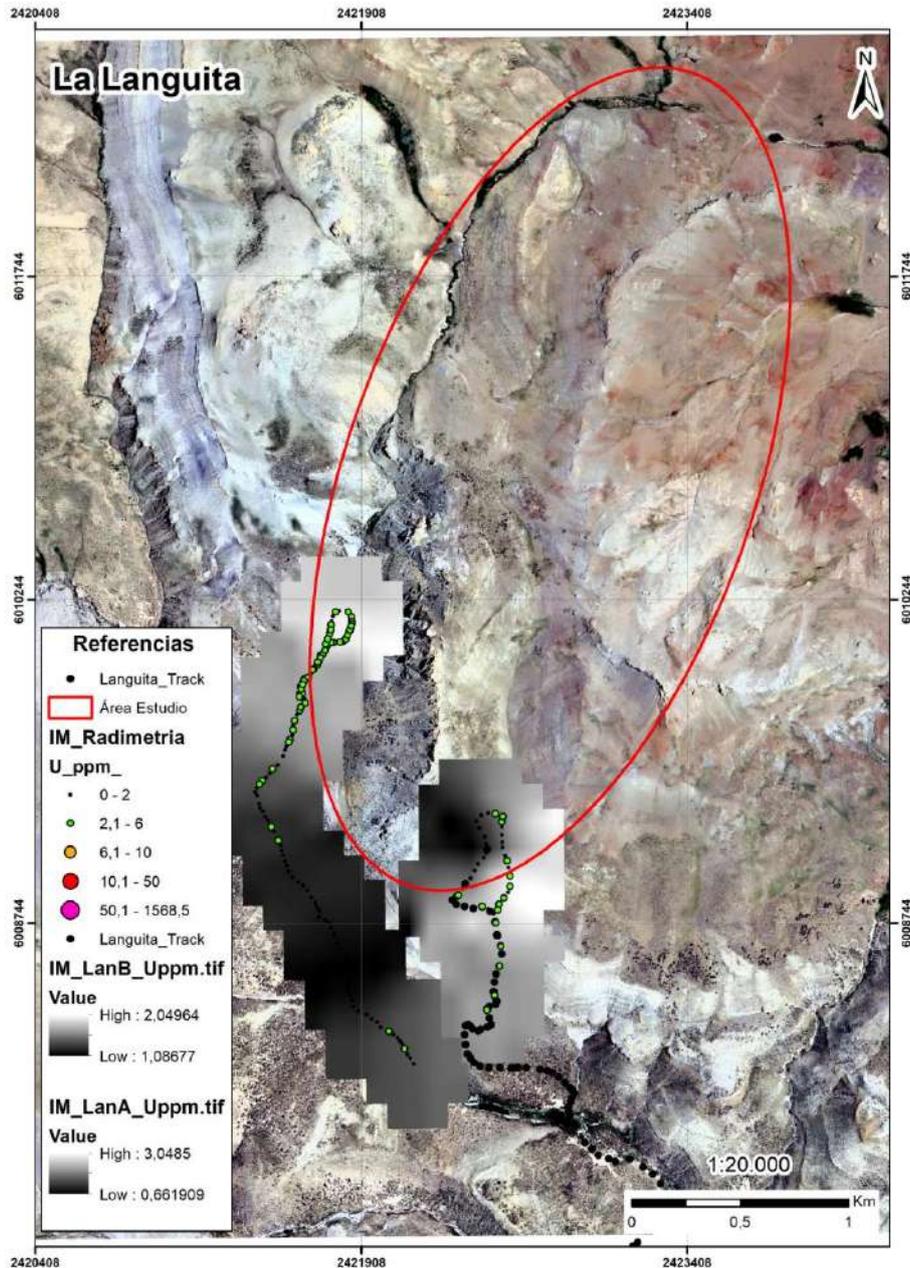


Figura VIII.2.31. Proyecto La Languita: Mapa radiométrico.

PROYECTO MECHANQUIL

- **GEOLOGÍA**

Las rocas más antiguas identificadas en el Proyecto Mechanquil pertenecen a los sedimentos continentales y marinos del Grupo Rayoso del Cretácico medio, representado por areniscas rojas, calizas y yesos. Sobre estos materiales se depositaron sedimentos que pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior. Sobre éstas se encuentran los sedimentos continentales de la Fm. Agua de la Piedra, compuesta por conglomerados, areniscas y pelitas rojas. Por encima de la secuencia, se depositaron materiales modernos (Figura VIII.2.32 y Figura VIII.2.33).



Figura VIII.2.32. Proyecto Mechanquil: Foto con vista al norte, mostrando los sedimentos modernos de una antigua laguna.

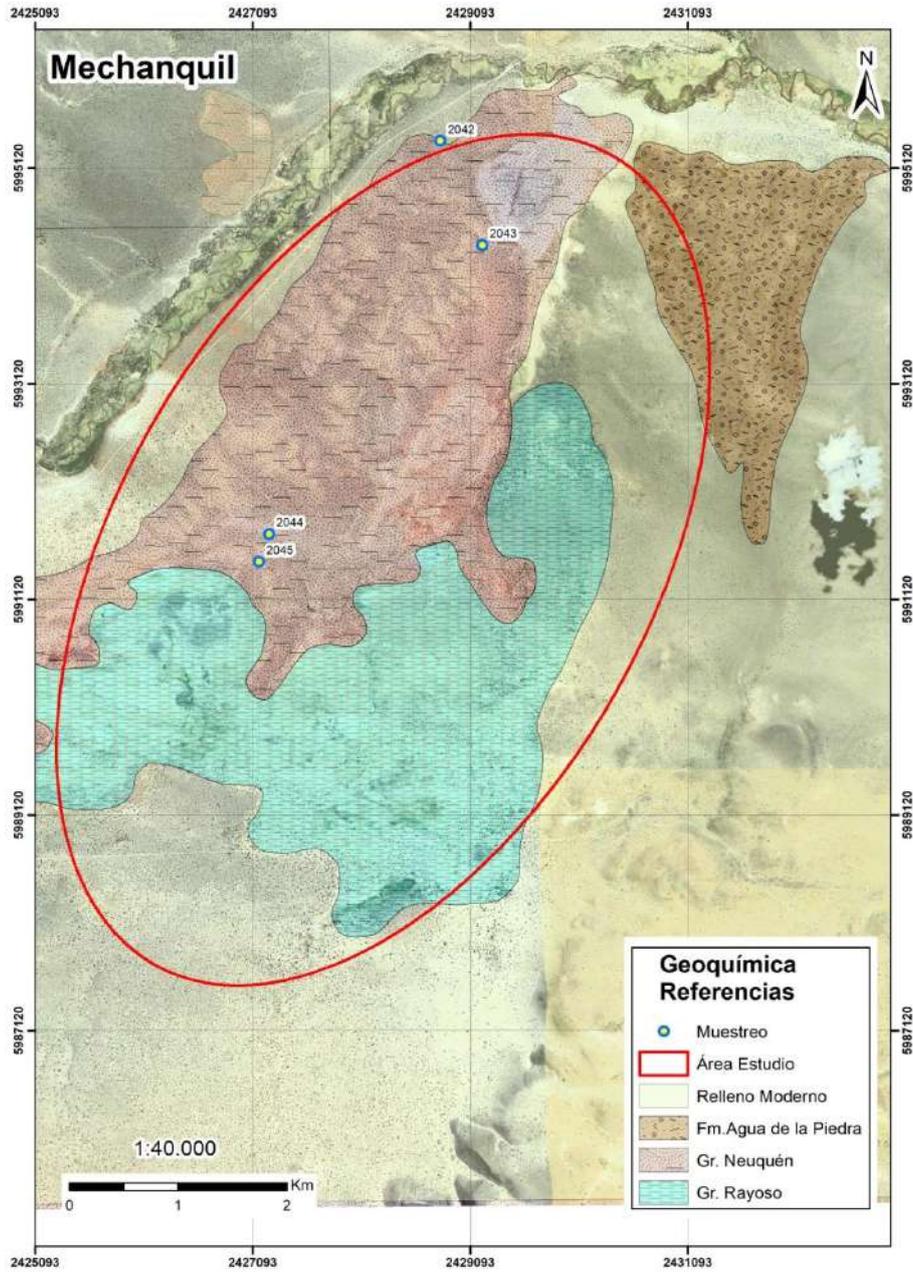


Figura VIII.2.33. Proyecto Mechanquil: Mapa geológico.

• **SENSORES REMOTOS**

El producto satelital “OH” evidencia la alteración hidrotermal a partir de minerales hidratados dentro de las areniscas y conglomerados del Grupo Neuquén del Proyecto La Mechanquil (Figura VIII.2.34).

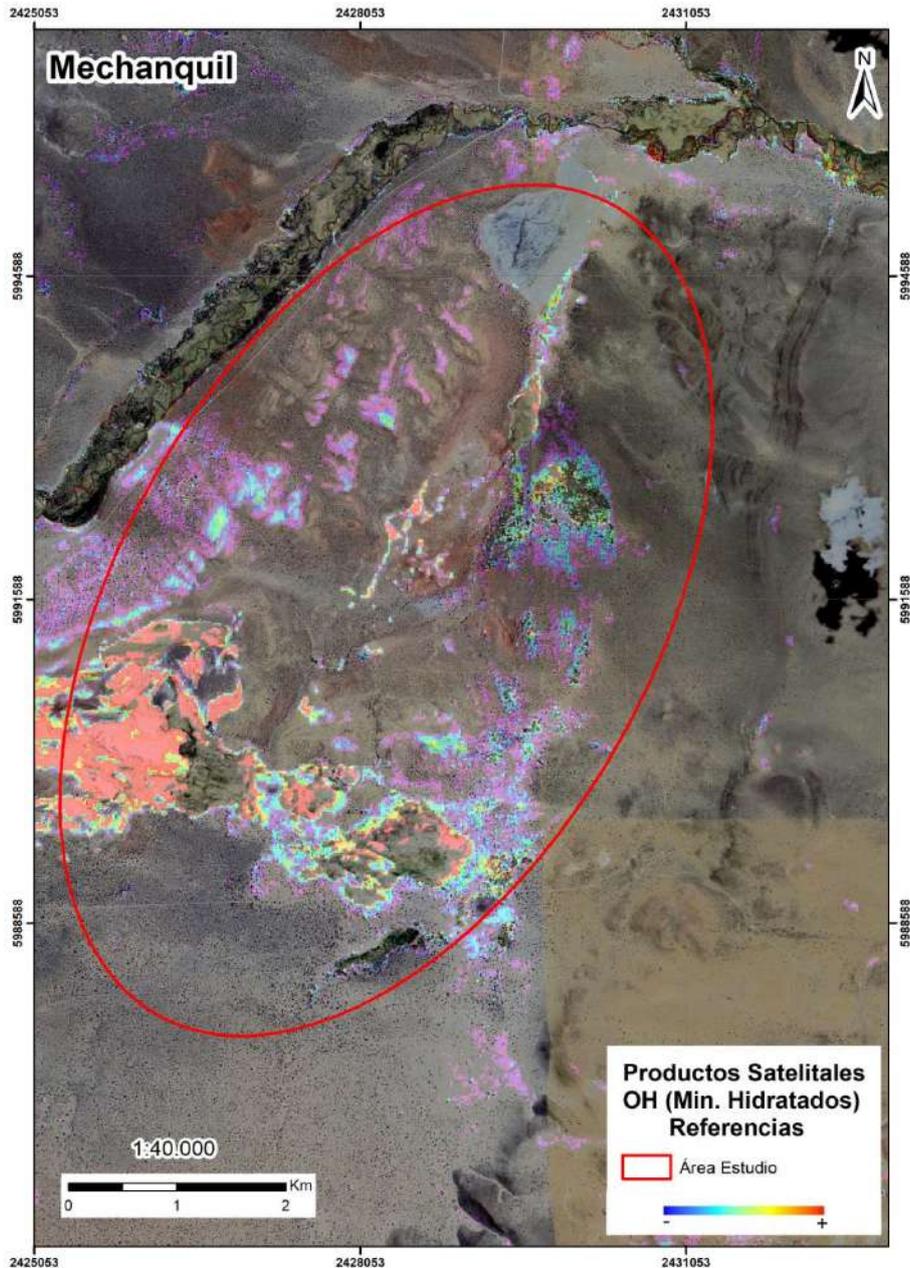


Figura VIII.2.34. Proyecto Mechanquil: Producto satelital “OH” resaltando la alteración hidrotermal en el proyecto, a partir de la presencia de minerales hidratados.

Por otro lado, los sectores con minerales de alteración presentes en este proyecto se evidencian a partir del proceso de Clasificación Supervisada (Figura VIII.2.35).

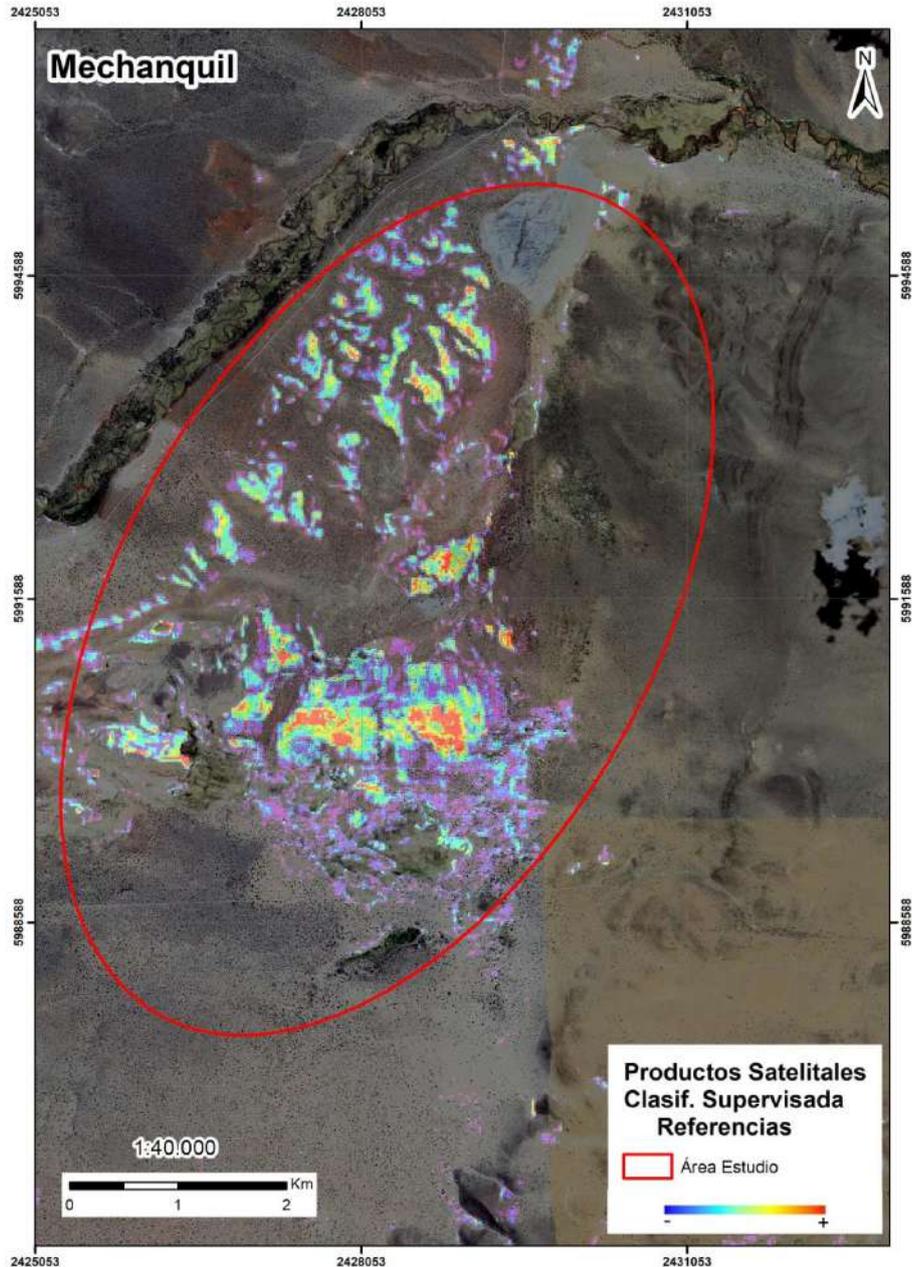


Figura VIII.2.35. Proyecto Mechanquill: Identificación de zonas con minerales de alteración a partir del proceso de Clasificación Supervisada.

• MINERALOGÍA

Una buena parte de la superficie del Proyecto Mechanquil se encuentra cubierta por material moderno, lo que dificultó el reconocimiento de afloramientos con mineralización de interés económico.

Sin embargo, en la zona central del proyecto se pudieron identificar estructuras tipo vetas, muy oxidadas con jarosita y limonita, con mineralización de cobre y baritina y abundante presencia de yeso y cuarzo segregado.

Por otro lado, en el sector norte del proyecto, sobre una laguna actualmente seca, se detectaron fuertes anomalías radimétricas de uranio. Las características de dicho ambiente lagunar no permitieron la toma de muestras de mano.

Los principales minerales reconocidos alojados en las areniscas del Grupo Neuquén en Mechanquil son principalmente minerales de cobre y uranio oxidados, tales como los indicados a continuación:

- Calcantita: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (color azul, muy soluble en agua)
- Azurita: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ (color azul intenso)
- Carnotita: $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (color amarillo brillante)
- Baritina: BaSO_4 (color blanco lechoso)

Estos minerales oxidados se forman por alteración de minerales primarios de cobre como son:

- Calcopirita: CuFeS_2 , (color amarillo latón o bronce, brillo metálico)
- Bornita: Cu_5FeS_4 (color va desde el cobre rojizo hasta tonos púrpura y azul iridiscente)

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto Mechanquil se tomaron un total de cuatro (4) muestras para análisis geoquímico, las que corresponden tres (3) a muestras de roca y la restante a sedimentos de corriente.

En la Figura VIII.2.36 se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

Dentro de los análisis químicos de las muestras, es de resaltar el alto valor de cobre en una de ellas (598,6 ppm Cu) y de bario en dos de ellas.

N° _muestra	Proyecto	Este	Norte	Elevacion	Tipo _muestra	Ag	Ba	Cu	Ga	Mo	Th	U	V
2042	Mechanquil	2428817	5995374	1363	Rock	0,37	777	33,8	10,94	5,91	5,63	1,7	17
2043	Mechanquil	2429204	5994409	1359	Sedi	0,25	515	26,6	18,1	2,74	9,56	2,4	173
2044	Mechanquil	2427241	5991727	1515	Rock	0,36	1203	598,6	6,05	1,89	0,13	0,4	6
2045	Mechanquil	2427147	5991470	1494	Rock	3,68	1510	31	4,33	5,54	0,17	4	13

Figura VIII.2.36. Proyecto Mechanquil: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos expresados en ppm.

En la Figura VIII.2.37 se puede observar la distribución de las muestras de rocas y de sedimentos de corriente correspondientes al Proyecto Mechanquil, así como los valores geoquímicos de cobre y de uranio de las mismas.

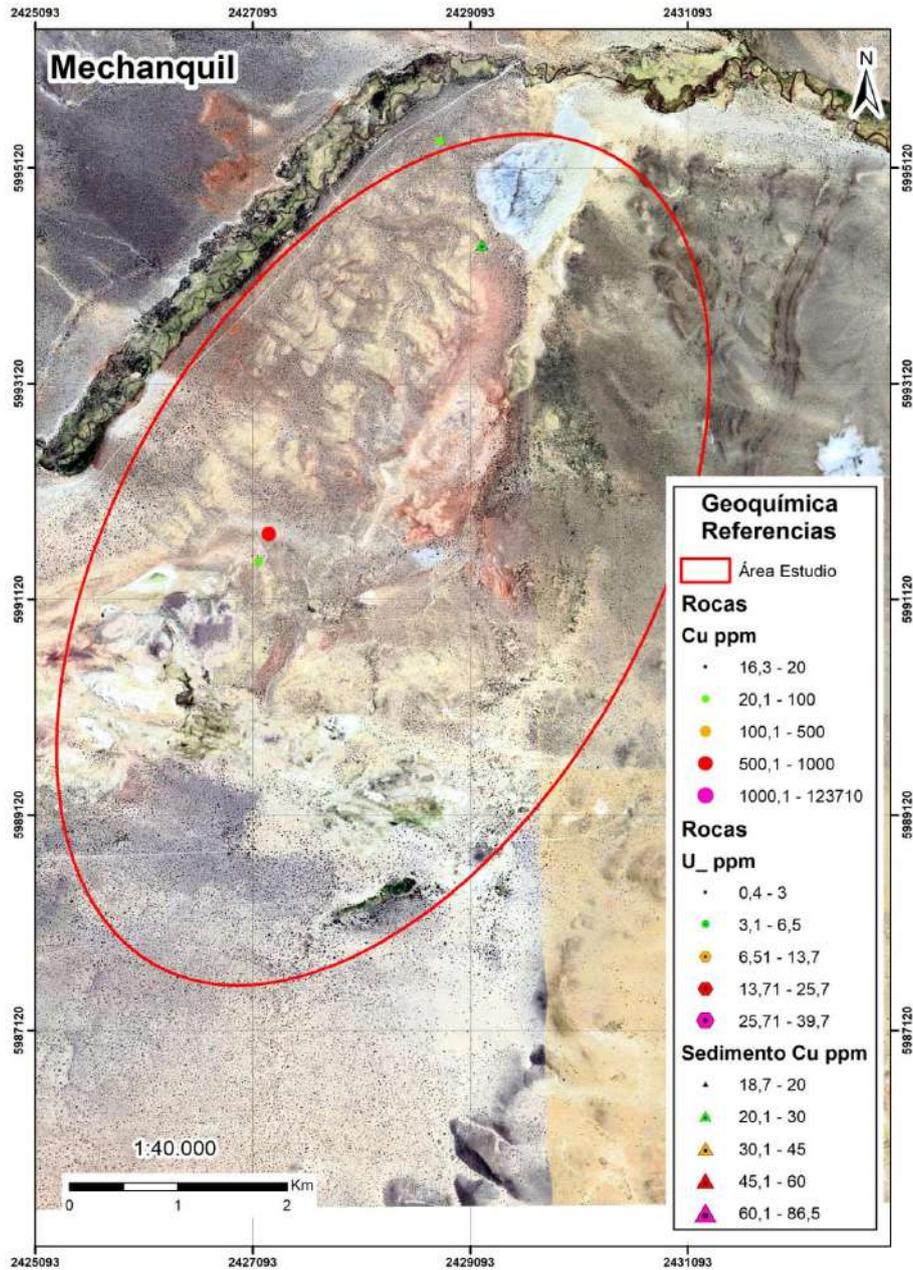


Figura VIII.2.37. Proyecto Mechanquil: Mapa geoquímico mostrando los principales resultados de cobre (Cu) y uranio (U).

- **RADIMETRÍA**

En el Proyecto Mechanquil se realizaron varias líneas de mediciones con el radiómetro de campo, principalmente en el sector norte y el central (Figura VIII.2.38).

Las mediciones obtenidas en este relevamiento en el sector norte, dentro de los materiales modernos de una laguna seca, detectaron una fuerte señal radimétrica, donde se midieron leyes de uranio de 40,5 ppm. Como se comentara anteriormente, las características del suelo de dicho ambiente lagunar no permitieron la toma de muestras de mano.

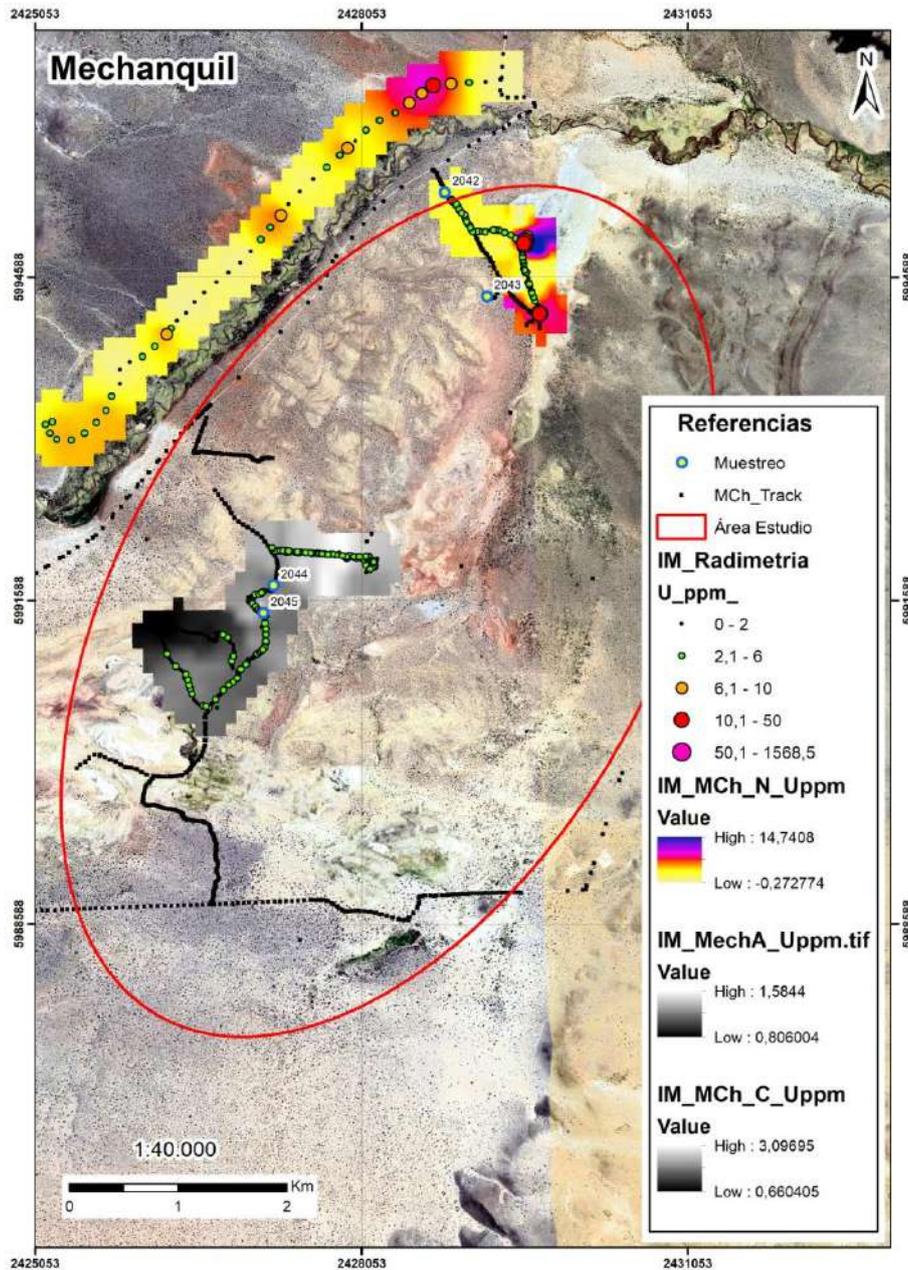


Figura VIII.2.38. Proyecto Mechanquil: Mapa radimétrico.

PROYECTO LA PUNTILLA

- **GEOLOGÍA**

Las rocas más antiguas identificadas en el Proyecto La Puntilla pertenecen a los sedimentos continentales y marinos del Grupo Rayoso del Cretácico medio. Sobre estos materiales se depositaron sedimentos que pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior, sobre las que se encuentran los sedimentos marinos del Grupo Malargüe, cuya edad va del Cretácico superior al Paleógeno inferior. Todos estos materiales se encuentran intruidos por traquitas terciarias, posiblemente de la Formación Collipilli. Por encima de la secuencia, se depositaron materiales modernos (Figura VIII.2.39 y Figura VIII.2.40).



Figura VIII.2.39. Proyecto La Puntilla: Foto con vista al este, mostrando las principales unidades geológicas presentes. En la parte media de la foto se aprecian los sedimentos rojos del Grupo Neuquén y en gris, los intrusivos alterados de la Fm Collipilli.

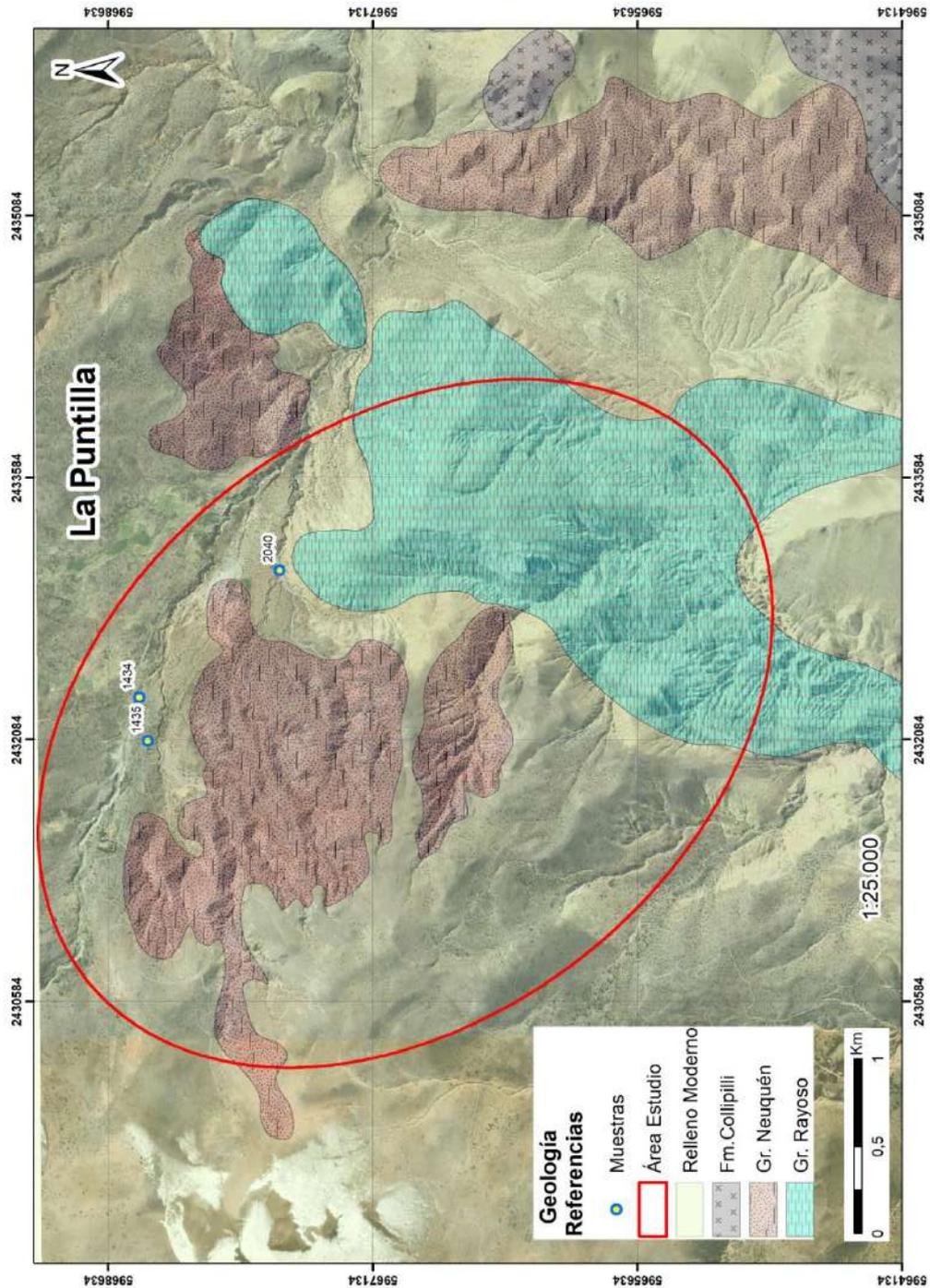


Figura VIII.2.40. Proyecto La Puntilla: Mapa Geológico.

- **SENSORES REMOTOS.**

En el Proyecto La Puntilla, las areniscas y conglomerados del Grupo Neuquén de edad Cretácico superior, se remarcan muy bien con el producto satelital que muestra los óxidos férricos (Figura VIII.2.41).

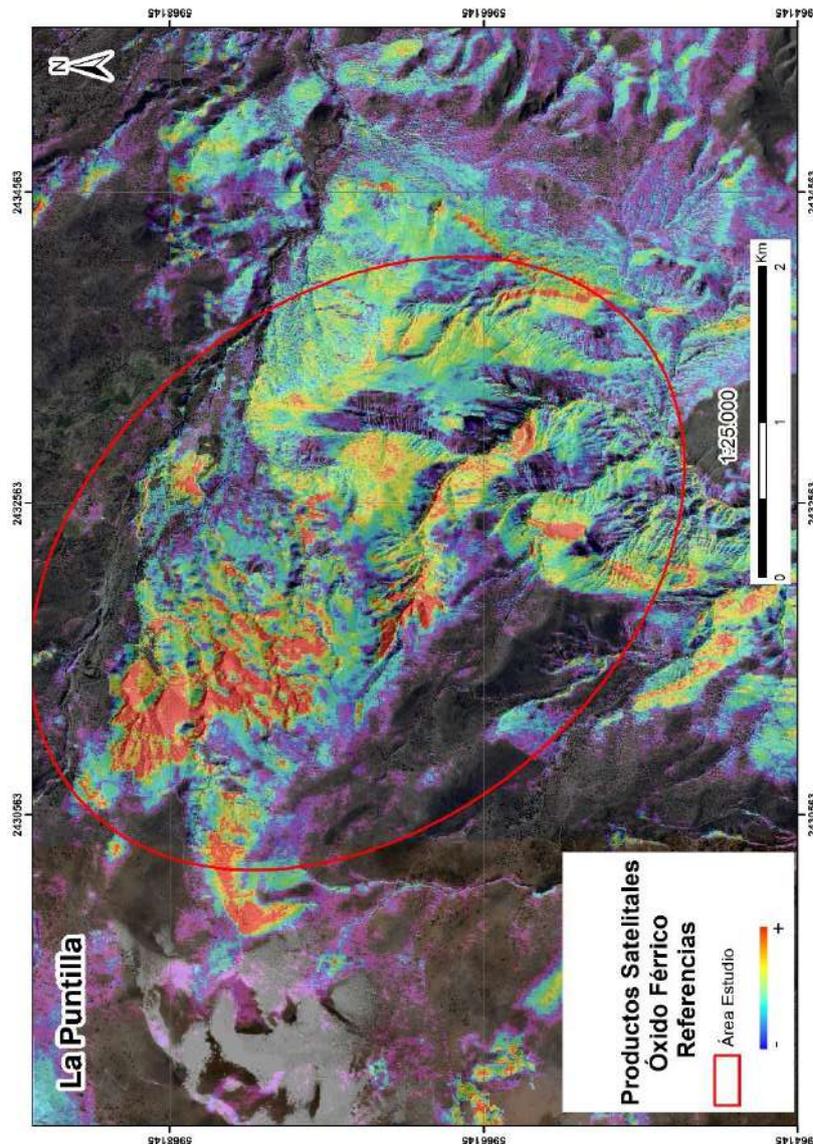


Figura VIII.2.41. Proyecto La Puntilla: Producto Satelital donde se resaltan los óxidos férricos.

El producto satelital “OH” evidencia la alteración hidrotermal a partir de minerales hidratados dentro de las areniscas en el sector sur del Proyecto La Puntilla (Figura VIII.2.42).

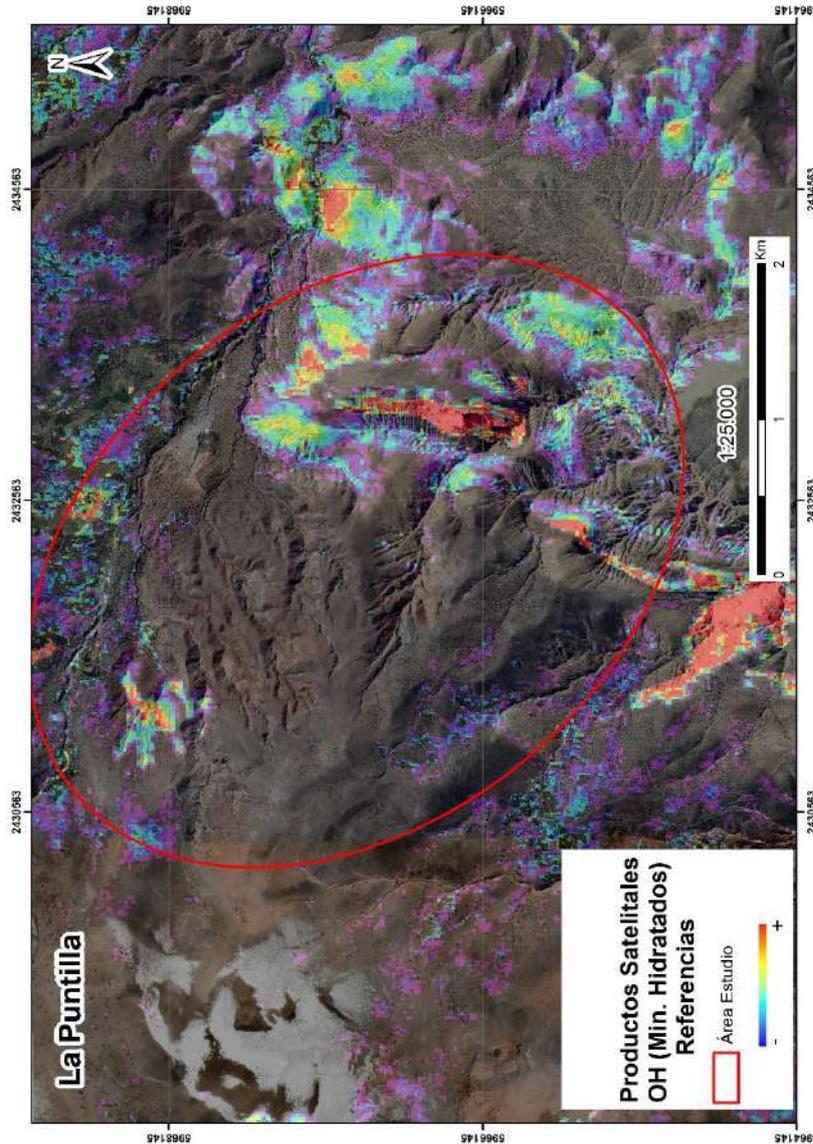


Figura VIII.2.42. Proyecto La Puntilla: Producto satelital “OH” resaltando la alteración hidrotermal en el proyecto, a partir de la presencia de minerales hidratados.

Por otro lado, los sectores con minerales de alteración presentes en este proyecto se evidencian a partir del proceso de Clasificación Supervisada (Figura VIII.2.43).

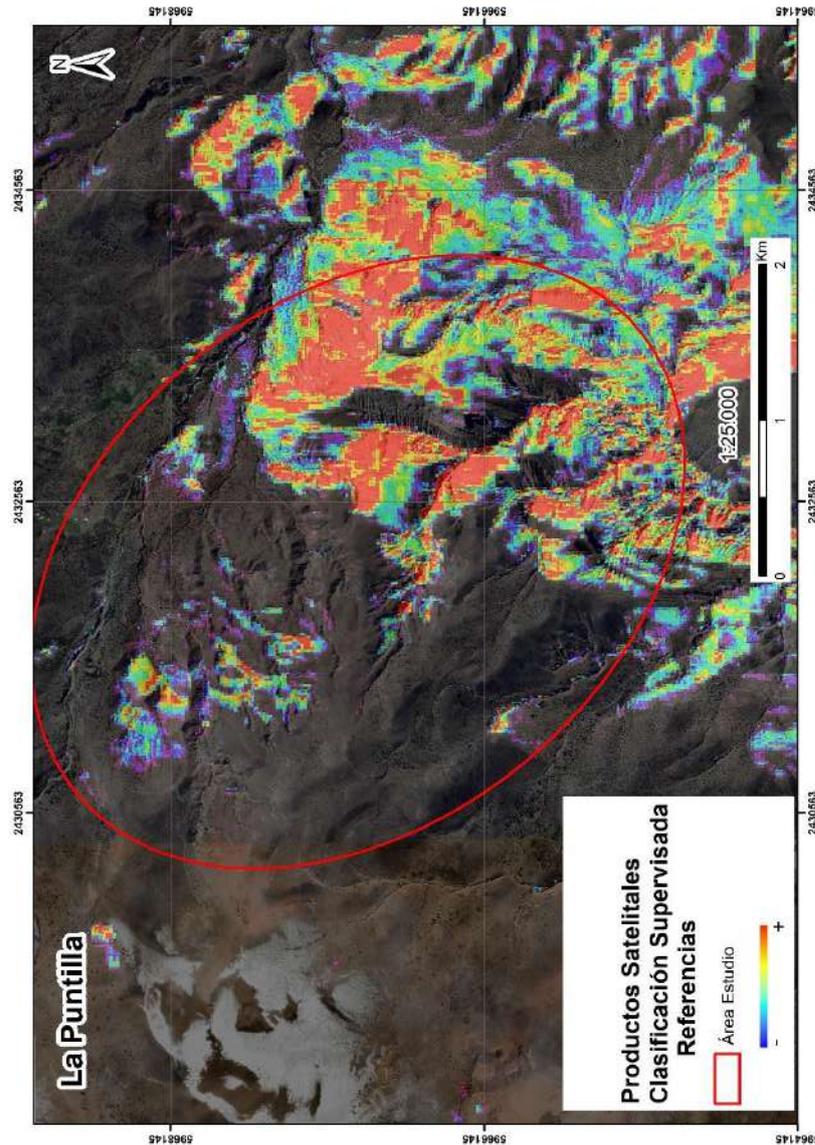


Figura VIII.2.43. Proyecto La Puntilla: Identificación de zonas con minerales de alteración a partir del proceso de Clasificación Supervisada.

- **MINERALOGÍA**

Gran parte de la superficie del Proyecto La Puntilla se encuentra cubierta por material moderno, lo que dificultó el reconocimiento de afloramientos con mineralización de interés económico durante el presente estudio. Se prestó particular atención a los sedimentos de corriente en los cauces de arroyos, los que indicaron ciertos indicios químicos de presencia de mineral de cobre, si bien no se los reconocieron visualmente en las muestras tomadas.

De acuerdo a información recabada localmente, se pudo saber de la existencia de una antigua mina de cobre ubicada al sur del área explorada, de donde probablemente se extrajera dicho elemento a partir de azurita y malaquita. La existencia de esta labor no pudo ser corroborada durante este trabajo.

La probable mineralización dentro del Proyecto La Puntilla sería la de minerales oxidados de cobre alojados en las areniscas Grupo Neuquén, que estarían aflorando en el sector sur del proyecto y representados por azurita, malaquita o crisocola. Como ya se mencionara, los mismos se forman a partir de minerales primarios como la calcopirita, la calcosina o la bornita.

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto La Puntilla se tomaron un total de tres (3) muestras para análisis geoquímico, las que corresponden una (1) a muestra de roca y las restantes a sedimentos de corriente (Figura VIII.2.44 y Figura VIII.2.45).

En la misma figura se puede observar una tabla con los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

Los análisis químicos de las muestras de sedimentos de corriente indican valores de 63,1 ppm y 51 ppm de Cu, probablemente en azurita y crisocola, indicando un cierto interés prospectivo del proyecto.

N° muestr	Proyecto	Este	Norte	Tipo muestr	Ba	Co	Cu	Mo	Nb	Ni	Th	U	V
1434	La Puntilla	2432326	5968459	Sedi	530	15,1	41,5	3,51	11,6	21,5	9,74	3	142
1435	La Puntilla	2432077	5968410	Rock	606	12,4	56,3	3,36	11	5	4,3	1,6	164
2040	La Puntilla	2433055	5967663	Sedi	697	16	37,4	3,11	9,9	25,6	9,19	2,5	121

Figura VIII.2.44. Proyecto La Puntilla: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos expresados en ppm.



Figura VIII.2.45. Proyecto La Puntilla: Toma de muestra de sedimentos de corriente. Se puede observar que una gran parte de la superficie del proyecto se encuentra cubierta por material moderno.

En la Figura VIII.2.46 se puede observar la distribución de las muestras de rocas y de sedimentos de corriente correspondientes al Proyecto La Puntilla, así como los valores geoquímicos de cobre de las mismas.

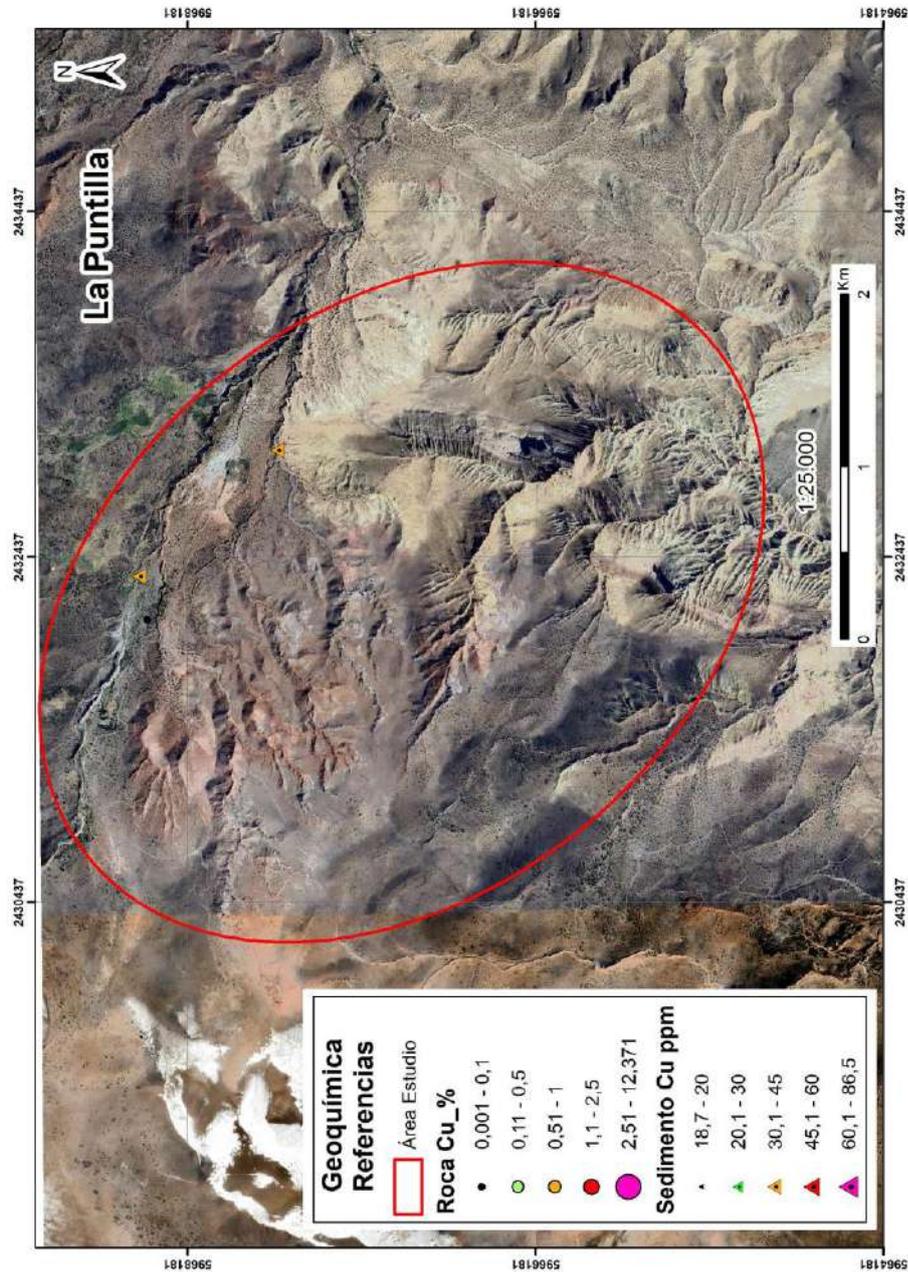


Figura VIII.2.46. Proyecto La Puntilla: Mapa geoquímico mostrando los principales resultados de cobre (Cu).

- **RADIMETRÍA**

Se realizaron varias mediciones radimétricas en particular en el sector noreste del Proyecto La Puntilla. No se detectó ningún valor mayor a los 10 ppm de uranio, considerado como límite inferior de anomalía de dicho elemento (Figura VIII.2.47).

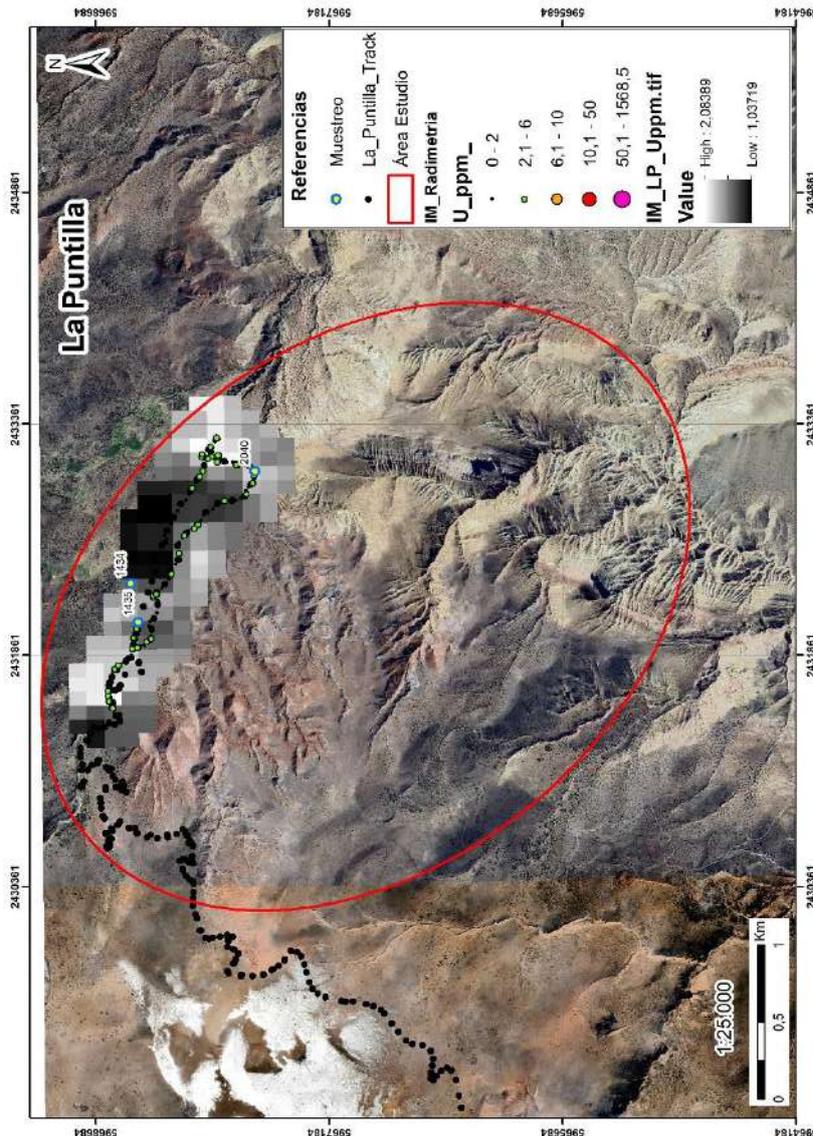


Figura VIII.2.47 Proyecto La Puntilla: Mapa radimétrico.

PROYECTO LAS COLORADAS

- **GEOLOGÍA**

Las rocas más antiguas reconocidas en Las Coloradas pertenecen al Grupo Neuquén. Se trata de areniscas y conglomerados continentales de edad Cretácica superior, sobre las que se encuentran los sedimentos marinos del Grupo Malargüe, cuya edad van del Cretácico superior al Paleógeno inferior. Por encima de la secuencia, se depositan los materiales volcánicos del Grupo Palauco de edad Paleocena y sobre éstos, materiales modernos (Figura VIII.2.48 y Figura VIII.2.49).



Figura VIII.2.48. Proyecto Las Coloradas: Foto con vista al este, mostrando las principales unidades geológicas presentes en Las Coloradas. En la foto se aprecia tanto la vergencia de las areniscas del Grupo Neuquén hacia el sureste, como la intercalación entre las arenas grises y las rojas.

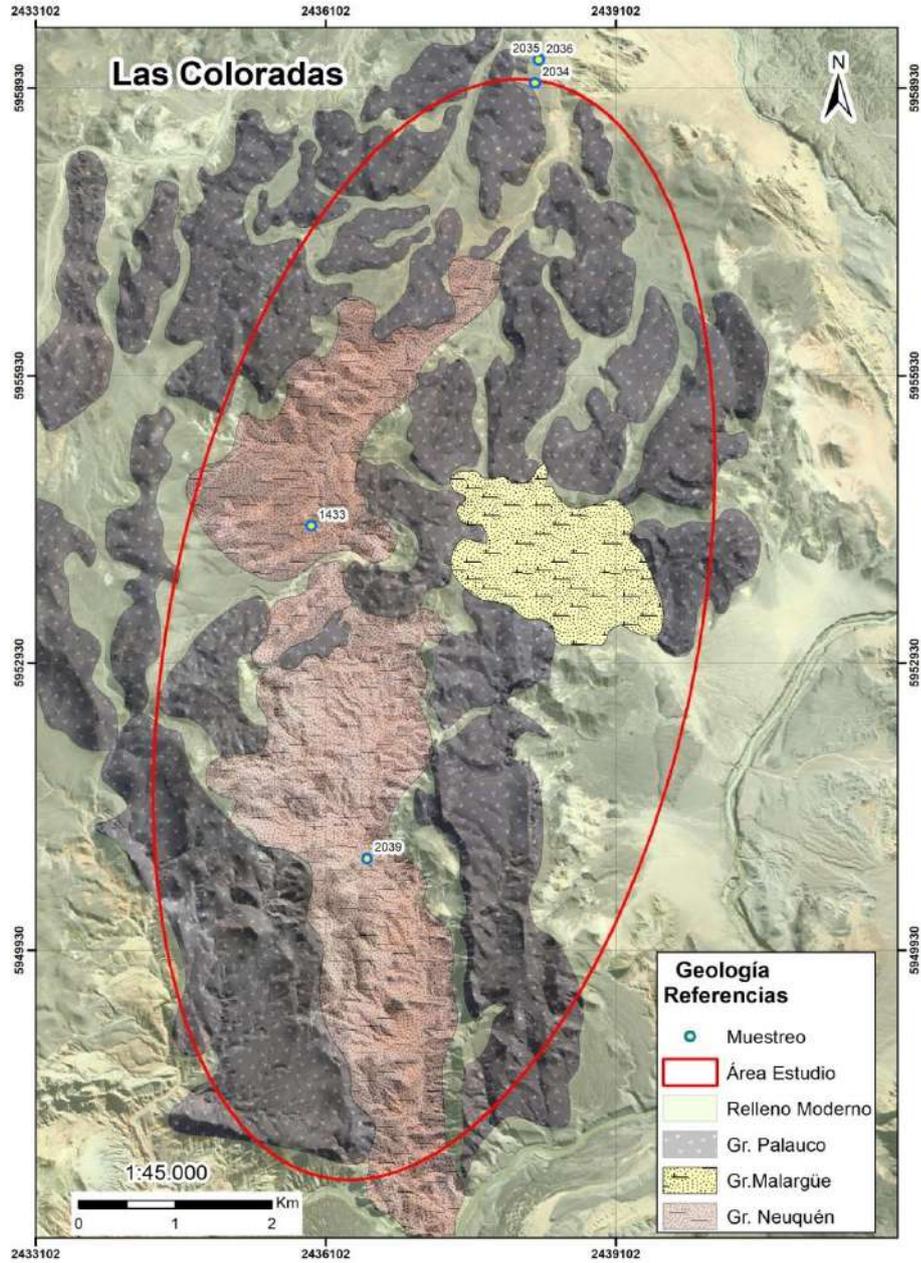


Figura VIII.2.49. Proyecto Las Coloradas: Mapa geológico.

- **SENSORES REMOTOS**

Las areniscas y conglomerados del Grupo Neuquén de edad cretácico superior del Proyecto Las Coloradas se remarcan muy bien con el producto satelital que resalta los óxidos férricos (Figura VIII.2.50).

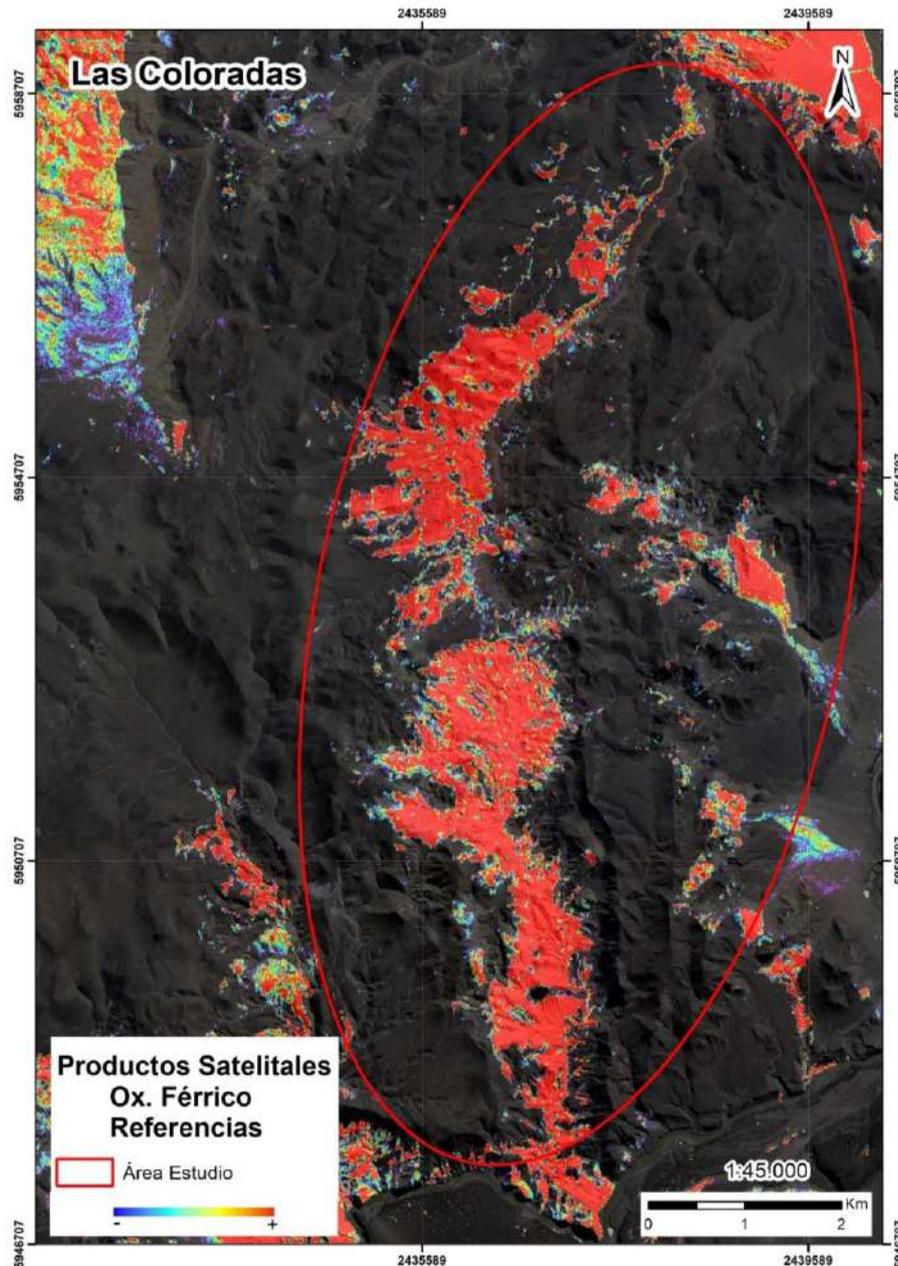


Figura VIII.2.50. Proyecto Las Coloradas: Producto Satelital resaltando los óxidos férricos.

El producto satelital “OH” evidencia la alteración hidrotermal a partir de minerales hidratados dentro de las areniscas en el Proyecto Las Coloradas (Figura VIII.2.51).

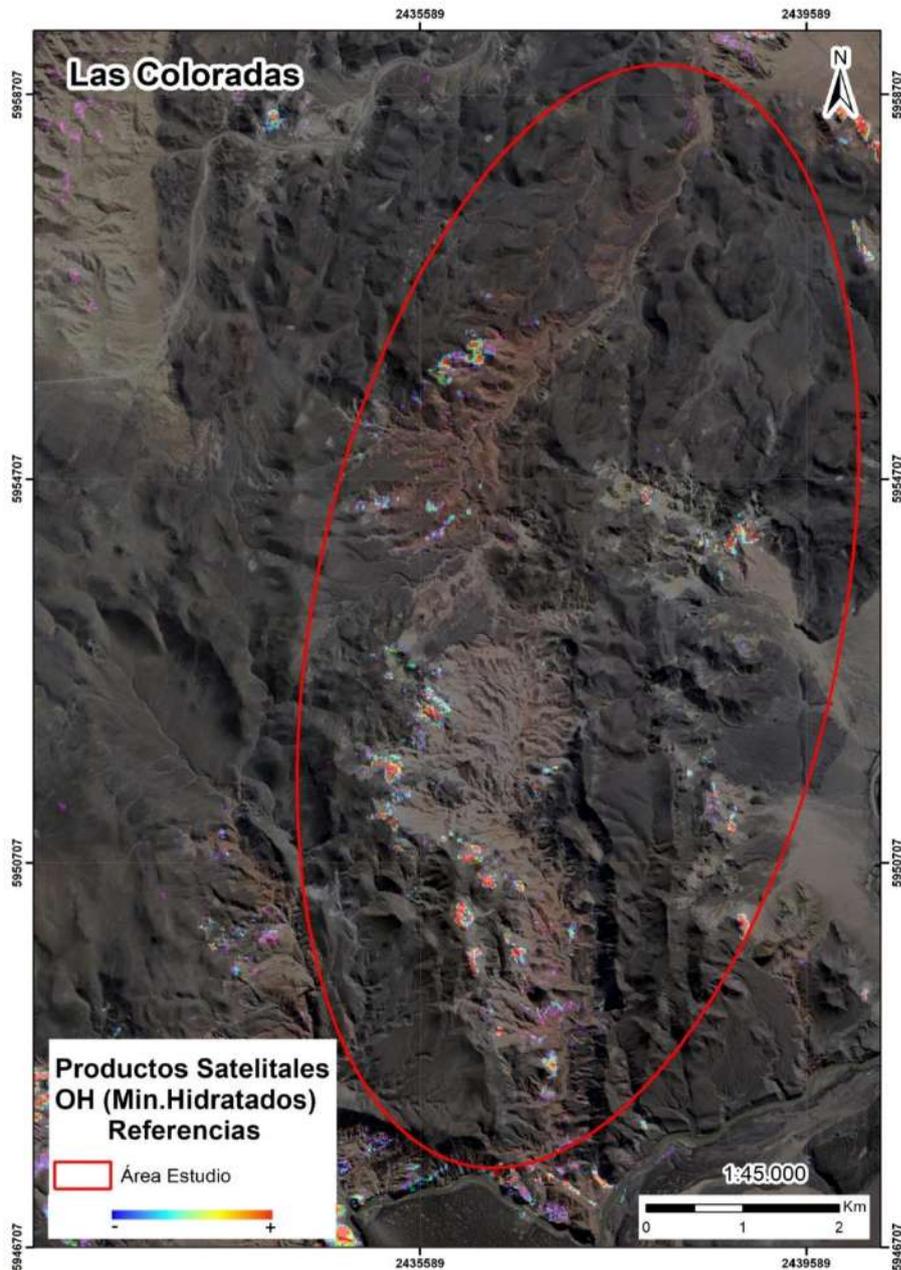


Figura VIII.2.51 Proyecto Las Coloradas: Producto satelital “OH” resaltando la alteración hidrotermal en el proyecto, a partir de la presencia de minerales hidratados.

Por otro lado, las áreas de alteración dentro del proyecto se resaltan a partir de la aplicación denominada Técnica Crosta a partir del análisis de los componentes principales de los datos satelitales (Figura VIII.2.52).

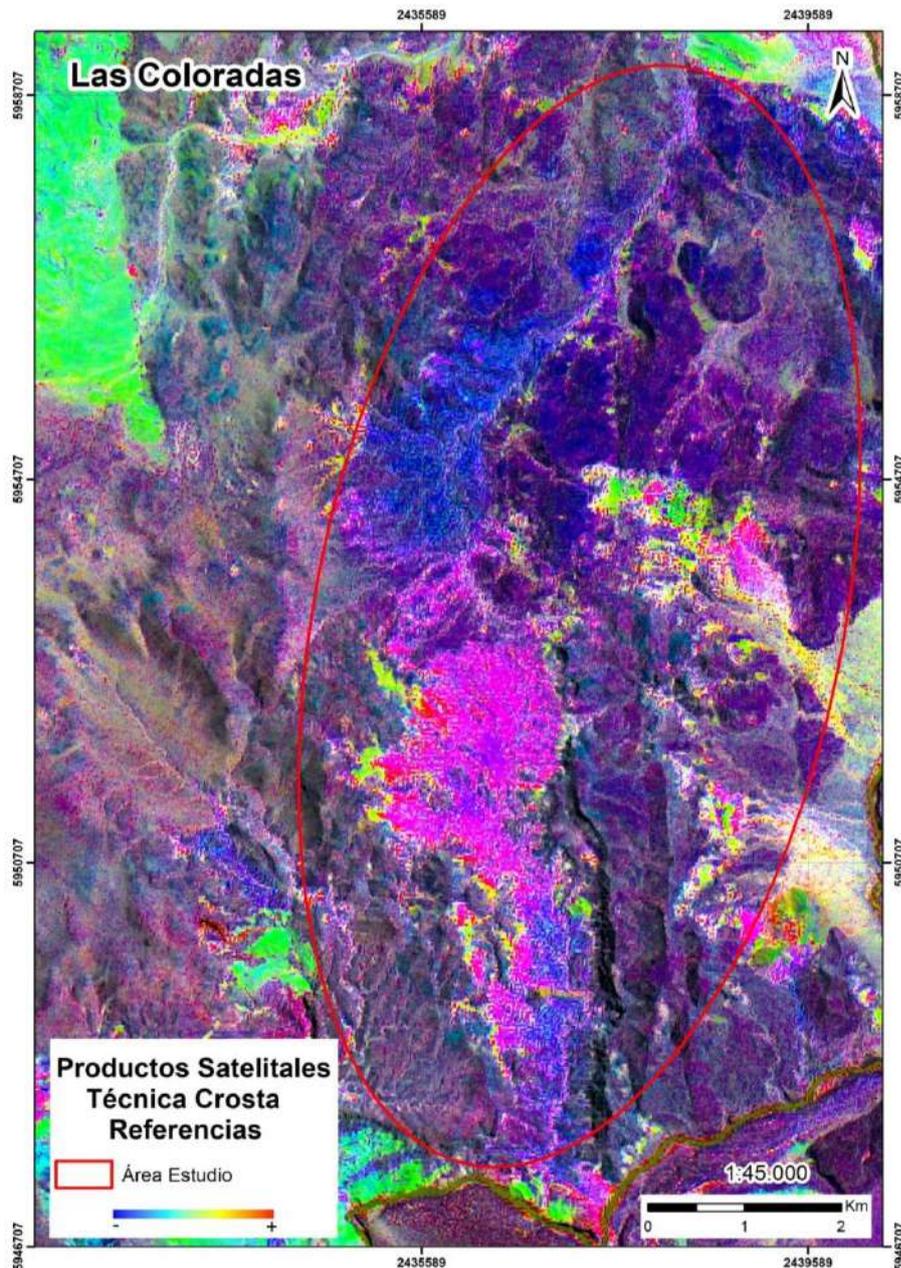


Figura VIII.2.52. Proyecto Las Coloradas: Producto satelital resaltando las diferentes áreas de alteración obtenidas a partir de la Técnica Crosta.

- **MINERALOGÍA**

Durante los trabajos de campo, si bien se identificaron distintos tipos de rocas sedimentarias, en principio no se encontraron sectores mineralizados de gran interés. La excepción fue una muestra en el sector norte del proyecto, donde en un clasto de sedimento del material retenido por encima del tamiz #10, se detectó la presencia de azurita y algo de crisocola.

Estos minerales reconocidos en este sector, alojados en las areniscas del Grupo Neuquén, son minerales de cobre oxidados, tales como se indica a continuación:

- Azurita: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ (color azul intenso)
- Crisocola: $(\text{Cu},\text{Al})_4\text{H}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ (color verde claro a celeste)

Estos minerales oxidados se forman por alteración de minerales primarios de cobre, como ser:

- Calcopirita: CuFeS_2 , (color amarillo latón o bronce, brillo metálico)
- Calcosina: Cu_2S (color gris oscuro a negro, brillo metálico)
- Bornita: Cu_5FeS_4 (color va desde el cobre rojizo hasta tonos púrpura y azul iridiscente)

- **GEOQUÍMICA**

En el Proyecto Las Coloradas se tomaron un total de cinco (5) muestras para análisis geoquímico, las que corresponden a sedimentos de corriente.

Las muestras de sedimento de corriente se tomaron en los cauces con actividad reciente y sin depósitos eólicos modernos. La toma se realizó en más de 5 puntos de recolección por muestra, todas tamizadas a malla #10 recolectando el material pasante (Figura VIII.2.53 y Figura VIII.2.54).



Figura VIII.2.53. Proyecto Las Coloradas: Toma de muestra de Sedimento de Corriente.



Figura VIII.2.54 Proyecto Las Coloradas: Perfil sedimentario en uno de los cauces revisados. Los materiales son del Grupo Neuquén y el Grupo Malargüe. En la foto se pueden observar los niveles de yeso (de color blanco).

La Figura VIII.2.55 muestra los resultados de una selección de elementos químicos -expresados en ppm- correspondientes a las muestras tomadas en este proyecto.

En la misma, se destaca una muestra de 63,1 ppm de cobre y otras dos por encima de los 50ppm, que si bien no alcanzan a considerarse totalmente anómalas, indican la presencia de cobre en el proyecto. Todos estos valores se dan en azurita y crisocola.

Nro_muestra	Proyecto	Este	Norte	Tipo_muestra	Ba	Cu	Pb	Sr	Th
1433	Las Coloradas	2435950	5954358	Sedi	671	54	19,9	798,6	6,71
2034	Las Coloradas	2438265	5958980	Sedi	623	39,9	8,9	1018,2	7,24
2035	Las Coloradas	2438307	5959227	Sedi	662	38,9	17,3	970	7,53
2036	Las Coloradas	2438302	5959220	Sedi	673	63,1	3,2	931,8	3,21
2039	Las Coloradas	2436531	5950886	Sedi	582	51	9,4	815,1	7,4

Figura VIII.2.55. Proyecto Las Coloradas: Muestras con el contenido de los principales elementos químicos expresados en ppm.

En la Figura VIII.2.56 se puede observar la distribución de las muestras de sedimentos de corriente correspondientes al Proyecto Las Coloradas, para los valores geoquímicos de cobre de las mismas.

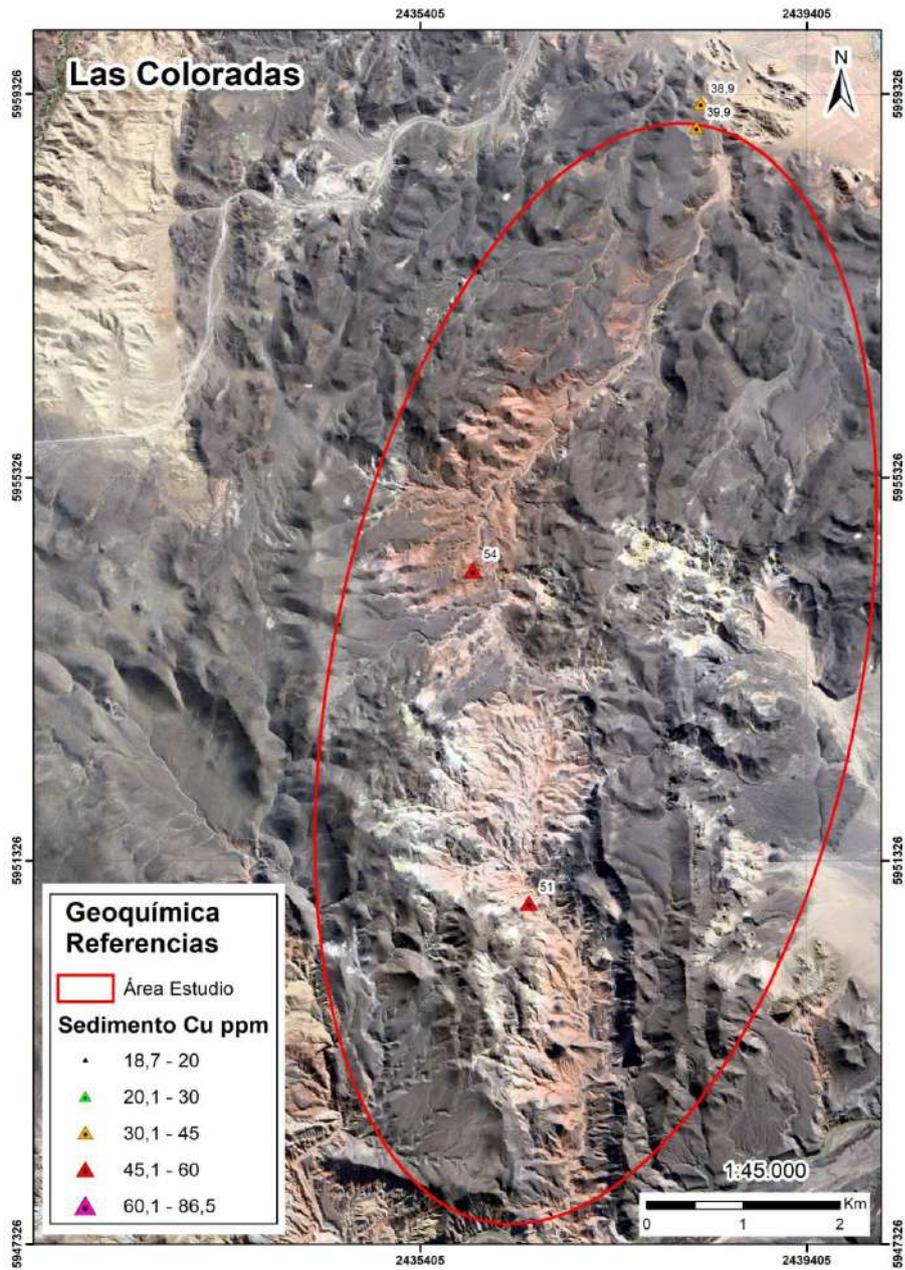


Figura VIII.2.56. Proyecto Las Coloradas: Mapa geoquímico.

- **RADIMETRÍA**

Se realizaron varias mediciones radimétricas en el Proyecto Las Coloradas. No se detectó ningún valor mayor a los 10 ppm de uranio, considerado como límite inferior de anomalía de dicho elemento (Figura VIII.2.57.).

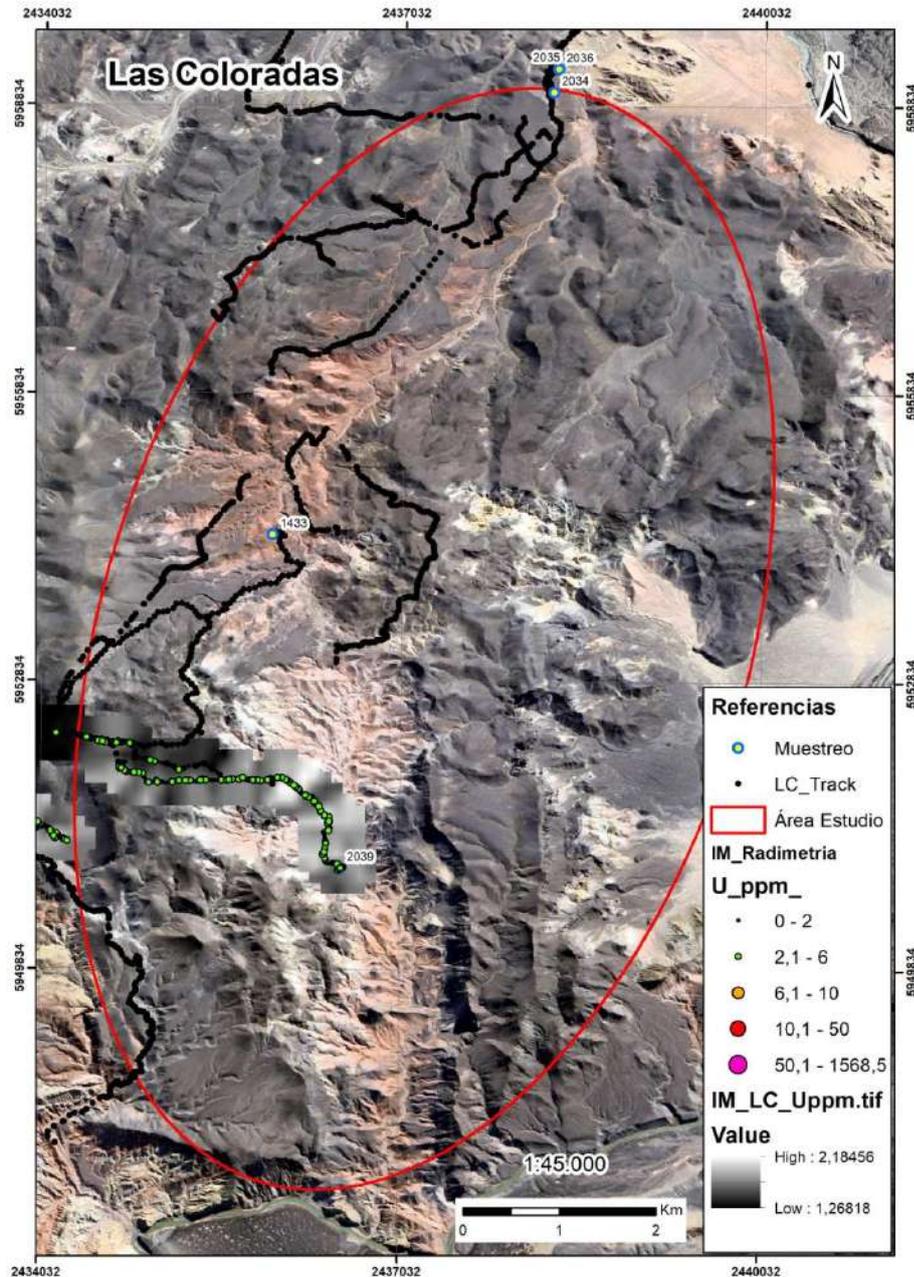


Figura VIII.2.57. Proyecto Las Coloradas: Mapa radimétrico.

IX. REFERENCIAS

- **ANGELELLI, V. 1942.** El Yacimiento de Calcopirita del Cerro La Virgen. Los Depósitos de Magnetita y Hematina de Vegas Peladas y los de Baritina y Mineral Manganésífero del Arroyo Las Minas, Distrito de Malargüe, Dirección de Minas y Geología, Carpeta 101, Buenos Aires.
- **ARAUJO, V. 2013.** Tesis Doctoral. Emplazamiento de Cuerpos Ígneos Cenozoicos en el Frente Montañoso de la Cordillera Principal: Mecanismos y Relación Espacial-Temporal con las Estructuras Tectónicas Andinas. Universidad Nacional del Sur.
- **ATKINSON, W. W. Jr., SOUVIRON, A., VEHR, T. I., FAUNES, A., 1996.** Geology and Mineral Zoning of the Los Pelambres Porphyry Copper Deposit, Chile. In: CAMUS, F., SILLITOE, R.H., and PETERSEN, R., Eds. Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny. Society of Economic Geologists, Special Publication Number 5, pp. 131-155.
- **BISSIG, T., CLARK, A., LEE, J., VON QUADT, A. 2003.** Petrogenetic and Metallogenetic Responses to Miocene Slab Flattening: New Constraints From the El Indio-Pascua Au–Ag–Cu Belt, Chile/Argentina, Mineralium Deposita, Vol. 38, No. 7, p. 844-862.
- **BOURDON, E., EISSEN, J-P., MONZIER, M., ROBIN, C., MARTIN, H., COTTON, J. and HALL, M. 2002.** Adakite-like Lavas from Antisana Volcano (Ecuador): Evidence for Slab Melt Metasomatism Beneath the Andean Northern Volcanic Zone, Journal of Petrology, 43(2): 199-217.
- **CABRERA, J., RABBIA, O. y PARRA, A. 2010.** Caracterización Petrológica de la Fuente Magmática del Depósito Radomiro Tomic, Jornadas Bianuales de Geociencias de CODELCO Norte, Calama, Chile.
- **CARRASQUERO, S., RUBINSTEIN, N., FONTIGNIE, D. 2011.** Adakite-Like Signature in Volcanic Rocks Associated with the Oro Del Sur Au – (Cu) Epithermal Deposit, Southern Precordillera, Argentina, Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Vol. 261, No. 3, p. 309–320.
- **CAZAU, L. Y ULIANA, M.A. 1973.** El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. 5º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 131-163. Carlos Paz.
- **CEVALLOS, M., GIUSIANO, A., FRANCHINI, M., RAINOLDI, A., MARTINEZ, R., CARBONE, O. Y. ALAIMO, A. 2014.** Evidencias de migración Terciaria de hidrocarburos en el Dorso de los Chihuidos, Cuenca Neuquina, Argentina. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, TT.: p133-154, Mendoza. ISBN: 978-987-9139-72-1.
- **CHIARADIA, M., FONTBOTÉ, L., BEATE, B. 2004.** Cenozoic Continental Arc Magmatism and Associated Mineralization in Ecuador, Mineralium Deposita, Vol. 39, p. 204-222.

- **COBBOLD, P. R., DIRAISON, M. AND ROSSELLO, E. A., 1999.** Bitumen veins and Eocene transpression, Neuquén basin, Argentina. *Tectonophysics*, 314(4), p. 423-442.
- **COLDWELL, B., PETFORD, N., MURPHY, P., SMITH, M. 2005.** Adakitic Rocks of the Yungay Formation, Peru: Problems with Tectonic Setting and Origin. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 02656.
- **CORBETT, G., LEACH, T. 1998.** Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization, *Society of Economic Geologist*, Special Publication Number 6, p. 237.
- **COSTA, C.H., CISNEROS, H., SALVARREDI, J. Y GALLUCCI, A., 2004.** Nuevos Datos y Reconsideraciones Sobre la Neotectónica del Margen Oriental del Bloque de San Rafael, 12° Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural (Cafayate), Resúmenes p. 7.
- **CRÓSTA A. P., SOUZA FILHO C. R., AZEVEDO F. y BRODIE C., 2003.** Targeting Key Alteration Minerals in Epithermal Deposits in Patagonia, Argentina, Using ASTER Imagery and Principal Components Analysis, *International Journal of Remote Sensing* 24 (21): 4233-4240.
- **DEFANT, M.; DRUMMOND, M. 1990.** Derivation of Some Modern Arc Magmas by Melting of Young Subducted Oceanic Lithosphere, *Nature*, Vol. 347, p. 662-665.
- **DILLES, J., H.,** Oregon State University, College of Earth, Oceanic and Atmospheric Sciences, 104 CEOAS Administrative Building, Corvallis, OR 97331, United States, and Tosdal, R., M., PicachoEx LLC, 21 Quince Mill Court, North Potomac, MD 20878, United State.
- **FERNÁNDEZ-MORT, A., RIQUELME, R., ALONSO-ZARZA, A. M., CAMPOS, E., BISSIG, T., MPODOZIS, C., & MUÑOZ, S. (2018).** A Genetic Model Based On Evapoconcentration for Sediment-Hosted Exotic-Cu Mineralization in Arid Environments: The Case of the El Tesoro Central Copper Deposit, Atacama Desert, Chile. *Mineralium Deposita*, 53, 775-795.
- **FRANCHINI, M. B., DE BARRIO, R. E., RÍOS, F. J., SCHALAMUK, I. B., LANFRANCHINI, M., PONS, M. J. 2005.** Petrología, Química Mineral y Paragénesis del Depósito Hierro Indio, Mendoza. Guías para la Exploración de Fe, En CABALERI N., CINGOLANI, C.A., LINARES, E.,
- **GÓMEZ-TUENA, A., OROZCO-ESQUIVEL, M. T. Y FERRARI, L. 2005.** Petrogénesis Ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Tomo LVII (3): 227-283.*
- **GONZÁLEZ DÍAZ, E.F., 1964.** Rasgos geológicos y Evolución Geomorfológica de la Hoja 27 d (San Rafael) y Zona Occidental Vecina (Provincia de Mendoza), *Asociación Geológica Argentina, Revista 19(3): 151-188, Buenos Aires.*

- **GROEBER, P., 1939.** Mapa geológico de Mendoza. 2da. Reunión Ciencias Naturales (Mendoza), Physis XIV (46): 171-220, Buenos Aires.
- **GUSTAFSON, L. B., 1979.** Porphyry Copper Deposits and Calc-Alkaline Volcanism. In: MC ELHINI, M.W. (Editor), The Earth Its Origin, Structure and Evolution, Acad. Press., London, pp. 427-468.
- **GUSTAFSON, L. B., and HUNT, J. P., 1975.** The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile, Economic Geology, V. 70, N°5, pp. 857-912.
- **GUSTAFSON, L. B., and QUIROGA, J., 1995.** Patterns of Mineralization and Alteration Below the Porphyry Copper Orebody at El Salvador, Chile, Economic Geology, V. 90, pp.2-16.
- **HEDENQUIST J.W., AND SHINOHARA, H., 1997,** K-silicate to Sericite-Stage Transition in Porphyry Cu Deposits: Collapse of Magmatic Plume, or Overprint by Meteoric Water? [abs.]: Geological Society of America, Abstracts with Programs, v. 29, A-359.
- **HEDENQUIST, J. W. and LOWENSTERN, J. B., 1994.** The Role of Magmas in the Formation of Hydrothermal Ore Deposits, Nature, V. 370, pp. 519-526.
- **HIDALGO, S., MONZIER, M., MARTIN, H., CHAZOT, G., EISSEN, J. P. and COTTON J. 2007.** Adakitic Magmas in the Ecuadorian Volcanic Front: Petrogenesis of the Illiniza Volcanic Complex (Ecuador), Journal of Volcanology and Geothermal Research. 159: 366-392.
- **KAY, S.M. AND MPODOZIS, C. 2001,** Central Andean Ore Deposits Linked to Evolving Shallow Subduction System and Thickening Crust, GSA Today, 11: 4-9.
- **KLEMM, L. M., PETTKE, T., and HEINRICH, C. A.** Hydrothermal Evolution of the El Teniente Deposit (Chile): Porphyry Cu-Mo Ore Deposition From Low-Salinity Magmatic Fluids, Isotope Geochemistry and Mineral Resources, ETH Zentrum NO, CH-8092 Zurich, Switzerland.
- **KOJIMA, S., TRISTA-AGUILERA, D., & HAYASHI, K. I. 2009.** Genetic aspects of the manto-type copper deposits based on geochemical studies of North Chilean deposits. *Resource Geology*, 59(1), 87–98.
- **KOZLOWSKI, E. y VILLAR, H. 1993.** Agrío (Neocomian) petroelum systems. Main target in the Neuquen Basin thrust belt. Argentina. IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, IAPG. Tomo I: 891-892.
- **KOZLOWSKI, E., CRUZ, C., CONDAT, P., & MANCEDA, R. 1989.** Informe Geológico Malargüe Occidental, Cuenca Neuquina, provincia de Mendoza.
- **LEANZA, H., 2003.** Las sedimentitas Huitrinianas y Rayosianas (Cretácico Inferior) en el ámbito central y meridional de la Cuenca Neuquina, Argentina, Servicio Geológico Minero Argentino, Serie Contribuciones Técnicas, Geología 2, p. 1-31, Buenos Aires

- **LEWAN, M.D. AND MAYNARD, J., 1982.** Factors controlling enrichment of vanadium and nickel in the bitumen of organic sedimentary rocks. *GeochimCosmochimActa* 46: 2547–2560.
- **LLAMBÍAS, E. J. 2003.** Geología de los Cuerpos Ígneos, Asociación Geológica Argentina, Serie B, Didáctica y Complementaria N° 27, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 15: 182 pp., Buenos Aires.
- **LÓPEZ DE LUCHI, M. G., OSTERA, H. A. y PANARELLO, H.O. (Eds.)** 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 303-310.
- **MOSQUERA, A., RAMOS, V. A. AND KAY, S. M., 2006.** Intraplate deformation in the Neuquén Embayment. *Special Papers-Geological Society of America*, p. 407, 97.
- **NULLO, F. E., STEPHENS, G., COMBINA, A., DIMIERI, L., BALDAUF, P. Y BOUZA, P. 2005** SEGEMAR, Hoja Geológica 3569-III/3572-IV Malargüe.
- **OLAVARRÍA, D. V. y CANTALLOPTS ARAYA, J. 2016** Franjas Metalogénicas de los Andes Centrales: Blancos Clave para la Exploración Minera, Comisión Chilena del Cobre.
- **OYARZUN, R., MARQUEZ, A., LILLO J., LÓPEZ, I., RIVERA, S. 2001** Giant Versus Small Porphyry Copper Deposits of Cenozoic Age in Northern Chile: adakitic Versus Normal Calc-Alkaline Magmatism. *Miner Deposita* 36:794–798.
- **PEACOCK, S., RUSHMER, T., THOMPSON, A. 1994.** Partial Melting of Subducting Oceanic Crust, *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 121, No. 1–2, p. 227–244.
- **PENSADO, G., TESTI, A., BERIZZO, J., THORSON, J., 2018.** Ivana Uranium-Vanadium Deposit a New Resource for Argentina: 15th Quadrennial IAGOD International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium, A 159
- **PISCIONE, C., 1946.** Algunas asfaltitas y pirobitúmenes asfálticos argentinos: territorio de Neuquén y Provincia de Mendoza. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- **POLANSKI, J. 1963.** Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno Pedemontano, entre los Ríos Diamante y Mendoza, Asociación Geológica Argentina, *Revista* 17(3-4) (1962): 127-349, Buenos Aires.
- **PONS, J., FRANCHINI, M., GIUSIANO, A., MAYDAGAN, L., RAINOLDI, A., 2014.** Mineralización de Cu (V-U) en la Formación Huincul, Prospecto Tordillos, Cuenca Neuquina, *Revista Asociación Geológica Argentina* 71 (4), p. 537-552

- **PONS, J., RAINOLDI, A., FRANCHINI, M., GIUSIANO, A., 2018.** Hydrocarbons linked to stratiform sediment hosted lead, zinc and copper mineralization in Lajas Formation, Neuquén Basin Argentina. 15th Quadrennial IAGOD International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium, A 167, Salta, Argentina.
- **PONS, M. J., FRANCHINI, M., GIUSIANO, A., MAYDAGÁN, L., & RAINOLDI, A. L., 2014.** Mineralización de Cu (V-U) en la formación Huincul, prospecto Tordillos, cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 71(4), 537-552. Recuperado en 11 de agosto de 2024, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222014000400007&lng=es&tlng=es.
- **RABBIA O. and HERNÁNDEZ, L. 2000.** Quartz diorite trend in Porphyry Copper Deposits: Underlying Petrological Processes and Implications in Copper Metallogenesis. Mineral Metal, No. 6, p. 416-423.
- **RABBIA, O., HERNANDEZ, L., CABRERA, J., ULRICH, T., BISSIG, T., and PARRA, A. 2013.** Evidencias de movilidad de las REE en Depósitos Tipo Pórfido de Cobre Durante la Alteración Hidrotermal, In: Congreso Geológico Chileno, No. 13, p. 90-92. Antofagasta.
- **RAINOLDI, A., FRANCHINI, M., BEAUFORT, D., PATRIER, P., GIUSIANO, A., IMPICCINI, A. AND PONS, J., 2014.** Large-scale bleaching of red beds related to upward migration of hydrocarbons: Los Chihuidos High, Neuquén Basin, Argentina. Journal of Sedimentary Research, 2014, v. 84, p. 373–393. Research Article. DOI: <http://dx.doi.org/10.2110/jsr.2014.31>
- **RAINOLDI, A., FRANCHINI, M., BEAUFORT, D., PATRIER, P., GIUSIANO, A., PONS, J., AND CESARETTI, N., 2018.** Vanadium mineralization at Los Chihuidos sediment-hosted stratiform Cu deposit. 15th Quadrennial IAGOD International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium, A 173, Salta, Argentina.
- **RAMOS, V., 1981.** Descripción de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte. Servicio Geológico Nacional. Boletín 182: 103 p. Buenos Aires.
- **RAMOS, V.A. y FOLGUERA, A. 2005.** Tectonic Evolution of the Andes of Neuquén: Constraints Derived from the magmatic arc and Foreland Deformation. In SPALLETTI, L. *et al.* (Eds.) The Neuquén Basin: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics. The Geological Society, Special Publication, London.
- **RAMOS, V.A., CRISTALLINI, E. y PÉREZ, D.J., 2002.** The Pampean Flat- Slab of the Central Andes, Journal of South American Earth Sciences 15 (1): 59-78.

- **REICH, M., PARADA, M., PALACIOS, C., DIETRICH, A., SCHULTZ, F., and LEHMANN, B. 2003.** Adakite-like Signature of late Miocene Intrusions at the Los Pelambres Giant Porphyry Copper Deposit in the Andes of Central Chile: Metallogenic Implications, *Mineralium Deposita*, Vol. 38, No. 7, p. 876-885.
- **SILLITOE, R. 1973.** The Tops and Bottoms of Porphyry Copper Deposits, *Economic Geology*, Vol.68, p. 799–815.
- **SILLITOE, R. 1988.** Epochs of Intrusion-Related Copper Mineralization in the Andes, *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 1, No. 1, p. 89–108.
- **SILLITOE, R. 2010.** Porphyry Copper Systems, *Economic Geology*, Vol. 105, p. 3–41.
- **SILLITOE, R., PERELLÓ, J. 2005.** Andean Copper Province: Tectonomagmatic Settings, Deposit Types, Metallogeny, Exploration, and Discovery, *Economic Geology*, 100th Anniversary Volume, p. 845–890.
- **SILLITOE, R.H., and MCKEE, E.H., 1996.** Age of Supergene Oxidation and Enrichment in the Chilean Porphyry Copper Province. *Economic Geology*, V. 91, pp. 164-179.
- **THIÉBLEMONT, D., STEIN, G., LESCUYER, J. 1997.** Gisements Epithermaux et Porphyriques: la Connexion Adakite Epithermal and Porphyry Deposits: the Adakite Connection. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science*, Vol. 325, No. 2, p. 103–109.
- **TORO J., ORTÚZAR J., MAKSAEV V., BARRA F., ZAMORANO J. 2006.** Cronología de un Nuevo Clúster en la Franja de Pórfidos Cupríferos del Mioceno de Chile Central. En: *Congreso Geológico Chileno*, No. 11, Actas 2, p. 367–370. Antofagasta.
- **TORO, J., ORTÚZAR, J., MAKSAEV, V., BARRA, F. 2009.** Nuevos Antecedentes Geo-Cronológicos franja de Pórfidos Cu-Mo del Mioceno-Plioceno, Chile central: Implicancias Metalogénicas. En: *Congreso Geológico Chileno*, No. 12, Actas 4. Santiago.
- **VERA, M., TORRES, W., GALLI, C., CHAGNES, A., & FLEXER, V. 2023.** Environmental impact of direct lithium extraction from brines. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(3), 149-165.
- **ZAPPETTINI, E. O., SEGAL, S. J., GODEAS, M. C., BRODTKORB, M. K. DE y SCHALAMUK, I. A., 1999.** Recursos Minerales de la República Argentina. *Anales*; XXXV. Buenos Aires, Subsecretaría de Minería de la Nación, Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales.

EXPLORACIÓN – ETAPA I

**PROYECTOS SAN ROMELEO Y SIERRA AZUL
SEDIMENTARIOS DE COBRE
DEPARTAMENTO DE MALARGÜE PROVINCIA DE MENDOZA**

ANEXO I

ANÁLISIS QUÍMICOS

**ENTREGA EN
FORMATO DIGITAL**