



PROVINCIA DE LA RIOJA

CFI  
PROSPECCIÓN INICIAL EN LA  
SIERRA DEL VELASCO

INFORME FINAL

Contrato de Obra EX-2025-00070667- -CFI-GES#DC

MARZO DE 2026

## ÍNDICE

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN EJECUTIVO .....                                    | 1  |
| METODOLOGÍA DE TRABAJO .....                               | 3  |
| TAREAS DE GABINETE PREVIAS A LAS TAREAS DE CAMPO.....      | 3  |
| TAREAS DE CAMPO .....                                      | 3  |
| TAREAS DE GABINETE POSTERIORES A LAS TAREAS DE CAMPO ..... | 4  |
| MARCO GEOLÓGICO .....                                      | 5  |
| UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO .....                           | 8  |
| VINCULO COMUNITARIO.....                                   | 9  |
| GESTIÓN AMBIENTAL .....                                    | 11 |
| CLIMA.....                                                 | 12 |
| IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS .....         | 13 |
| RESULTADOS DE PROSPECCIÓN .....                            | 14 |
| CACHIYUYAL .....                                           | 14 |
| SUYANA .....                                               | 16 |
| AÑAY .....                                                 | 19 |
| RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS.....                    | 21 |
| CONCLUSIONES.....                                          | 23 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                          | 24 |

## PROSPECCIÓN INICIAL SIERRA DEL VELASCO

### PROVINCIA DE LA RIOJA - REPÚBLICA ARGENTINA

#### RESUMEN EJECUTIVO

Se llevaron a cabo las campañas de prospección geológica y geoquímica previstas en la Sierra de Velasco, provincia de La Rioja, dentro de las zonas de cateo denominadas Cachiyuyal, Suyana y Añay, con resultados satisfactorios y alentadores.

Los trabajos incluyeron reconocimiento geológico de superficie, identificación de alteraciones hidrotermales y muestreo de roca y sedimentos de corriente con el objetivo de evaluar la presencia de anomalías geoquímicas asociadas a posibles sistemas mineralizantes.

Desde el punto de vista geológico, en el área predominan granitoides ordovícicos del Complejo Magmático Velasco (Miembro Mazán) y rocas metamórficas del Complejo Metamórfico La Cébila. Durante el relevamiento se identificaron evidencias de alteración hidrotermal tales como alteración potásica, alunitización, greisenización y presencia de vuggy silica, además de vetas de cuarzo con óxidos de hierro, jarosita y goethita.

Cabe destacar que resultado de las observaciones geológicas en campo, se observaron evidencias de existencia de anomalías de **Oro y Plata** asociadas a un sistema epitermal de alta sulfuración, por lo que se decidió incluir en forma adicional estos 2 elementos a la lista inicial de ensayos químicos de multielementos.

Asimismo, se recolectaron muestras en la zona de cateo denominada Markay (cuyo titular es Kallpa SAPEM), vecina a Cachiyuyal hacia el N, ya que a partir del procesamiento de imágenes satelitales se observó una zona con una fuerte presencia de óxidos y se consideró relevante estudiarla ampliando el área de prospección.

Desde el punto de vista prospectivo y al tratarse de un territorio blanco, casi inexplorado, nos encontramos con oportunidades y desafíos para el cateo que fue necesario procesar y tomar decisiones durante la marcha para obtener los resultados buscados, que aportaron mayor certeza y valor para el objetivo final.

De tal forma, resultó más beneficioso para el Proyecto ejecutar una prospección del tipo selectiva para el abordaje de los puntos de muestreo antes que uno regional disperso en forma de grilla o redes, que lo hubiese tornado más ineficiente para esta etapa.

De esta manera, logramos optimizar los recursos asignados al priorizar la búsqueda de blancos positivos.

**En total, 32 muestras fueron sometidas a análisis geoquímicos multielemento incluyendo Oro y Plata, obteniéndose 21 puntos de muestreo con al menos 1 anomalía de algún elemento.**

**El detalle de anomalías determinadas comprende: 12 de Oro, 5 de Plata, 2 de Cobre, 3 de Molibdeno, 2 de Niquel y 5 de Litio.**

**Total de anomalías geoquímicas encontradas: 29.**

Las anomalías de Plata se concentran principalmente en las zonas de Markay y Suyana, mientras que las anomalías de Oro se registran en Cachiyuyal y Suyana, coincidiendo espacialmente con sectores donde se reconocieron vetas de cuarzo y alteración hidrotermal.

La integración de la información geológica y geoquímica sugiere que las anomalías identificadas podrían estar asociadas a un sistema magmático-hidrotermal que incluiría manifestaciones de tipo epitermal de alta sulfuración y posibles expresiones de sistemas mesotermales, que podrían ser del tipo pórfido argentífero.

## OBJETIVO

El objetivo del presente informe final es dar a conocer los resultados de estudios prospectivos llevados a cabo en la Sierra de Velasco, provincia de La Rioja. Estos estudios están comprendidos por el mapeo de las unidades litológicas del área de estudio, caracterización de las unidades litológicas y recolección de muestras de roca y de sedimentos de corriente que posteriormente fueron sometidas a análisis geoquímicos.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

El presente documento es producto del desarrollo de un trabajo geológico-minero clásico, que involucra: (I) Tareas de gabinete previas a los trabajos de campo; (II) Trabajos de campo; y (III) Tareas de gabinete posteriores a los trabajos de campo.

### TAREAS DE GABINETE PREVIAS A LAS TAREAS DE CAMPO

Estas tareas involucraron la recopilación de los antecedentes bibliográficos y cartográficos publicados e inéditos hasta la fecha de este informe (artículos en revistas científicas, nacionales e internacionales, libros, actas de congresos y hojas geológicas) y su lectura crítica. Posteriormente se procesaron, analizaron e interpretaron imágenes satelitales Landsat obtenidas del USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos), con el fin de delimitar las distintas unidades litológicas, estructurales y posibles alteraciones hidrotermales para poder planificar el trabajo de campo, teniendo en cuenta la topografía, accesos y caminos.

También se realizaron tareas de relevamiento territorial con el propósito de identificar comunidades y asentamientos presentes en zonas de interés. Toda la información recabada es útil como insumo para la planificación responsable de los estudios de prospección, en el marco de los principios de transparencia, participación y desarrollo sostenible que guían la gestión de Kallpa SAPEM.

### TAREAS DE CAMPO

Se llevaron a cabo tres campañas de prospección en las áreas de interés, las cuales consistieron en el mapeo de las unidades litológicas y medición de los rasgos estructurales que estas presentan. Se utilizó un navegador de GPS para geoposicionar los afloramientos, estructuras, alteraciones hidrotermales reconocidas y lugares de muestreo, y brújula tipo Brunton para realizar la medición de los rasgos estructurales.

Se tomaron muestras de roca y de sedimentos de corriente, con la finalidad de realizar análisis geoquímicos.

## TAREAS DE GABINETE POSTERIORES A LAS TAREAS DE CAMPO

A partir de los datos obtenidos en las campañas de prospección se confeccionaron mapas geológicos y perfiles en los que se representa la geología del área de estudio.

En terreno encontramos que el Área de estudio presenta zonas muy escarpadas, de mucha pendiente y vegetación densa, que impide realizar mapeos en escala reducida.

En cumplimiento de lo planeado, elaboramos mapas que exhiben información de la litología, estructuras, alteraciones hidrotermales y red hidrográfica.

Lo accidentado de la topografía queda evidenciado en los perfiles, en menos de 1 km pasamos de alturas de 750m a alturas de 1500m, con zonas de acceso complicado y dificultad para hacer un mapa de detalle.

Los perfiles geológicos fueron elaborados en escala de mayor detalle (1:2500), en zonas dónde el tránsito resultó accesible.

Respecto a la cantidad de muestras analizadas, la hipótesis de la prospección básica original fue la búsqueda de un Pórfido de Cobre y no estaba contemplada la determinación analítica de los elementos Oro y Plata en forma directa sino mediante elementos guía indicadores.

Sin embargo, durante el desarrollo de las campañas de campo se observaron indicios geológicos emparentados a un sistema epitermal. Ante este nuevo escenario, resultó de interés para el proyecto la incorporación de estos 2 elementos en las determinaciones analíticas a realizar.

Los costos unitarios asociados a las técnicas de caracterización y cuantificación para Oro y Plata son sustancialmente más altos, razón por la cual acotamos a 32 muestras los puntos analizados en Laboratorio para quedar dentro de los márgenes del presupuesto.

Esto nos permitió confirmar la presencia de anomalías de los elementos preciosos e incluso valores de mineralización en el caso de la Plata.

El plan original contemplaba análisis petrográfico de zonas con alteraciones hidrotermales o con presencia de minerales de interés, ya sea en cristales o venillas. Sin embargo, en campo la mineralización aparece de forma diseminada, por lo cual no se alcanzaría a observar en un análisis petrográfico.

Además, las zonas donde se observan alteraciones hidrotermales no son extensas en la zona superficial.

Por estas razones, lo recolectado se destinó para realizar los análisis geoquímicos a fin de conocer la concentración de los elementos de interés.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis geoquímicos se realizaron las correspondientes interpretaciones para lograr comprender con mayor detalle cuales fueron los procesos que originaron las anomalías identificadas en campo y así poder vincularlas a un tipo de yacimiento en particular.

## MARCO GEOLÓGICO

Las zonas prospectadas, se encuentran en el sector oriental y nor-oriental de la Sierra de Velasco y en la Sierra de Mazán, ubicadas en el centro-norte de la provincia de La Rioja (Fig. 1) y forman parte de la provincia geológica de Sierras Pampeanas Occidentales.

Las sierras de Velasco y Mazán están compuestas fundamentalmente por rocas ígneas plutónicas y rocas metamórficas que evolucionaron durante dos episodios tectónicos principales delimitados claramente en el tiempo: la Orogenia Famatiniana (Cámbrico superior - Silúrico inferior a medio) y el evento tectonomagmático carbonífero (Misisipiano Inferior - Medio) (Larrovere et al. 2016). La Orogenia Famatiniana está caracterizada por un metamorfismo regional y abundante magmatismo coetáneos (Pankhurst et al. 2000) desarrollados desde el Cámbrico tardío al Ordovícico Temprano-Medio, y por fajas de cizalla dúctil que habrían actuado hasta el Silúrico temprano-medio (López et al. 2000; Castro de Machuca et al. 2008; Wegmann et al. 2008; Steenken et al. 2010).

En las sierras de Velasco y Mazán el metamorfismo está representando por el Complejo Metamórfico La Cébila (Fig. 1), compuesto por metacuarcitas, filitas, esquistos, gneises y migmatitas de edad ordovícica que afloran en forma discontinua sobre el flanco oriental de la sierra, relacionadas a un metamorfismo regional progradante de baja presión (Espizúa y Caminos 1979; Verdecchia 2010; Vila Tello 2018).

Por otro lado, el magmatismo Famatiniano está representado por granitoides tipo S, tipo I, y transicionales I/S indicativo de mezcla en proporciones variables de fuentes corticales de origen metasedimentario y fuentes máficas provenientes de la corteza inferior/manto litosférico (Fig. 1) (Pankhurst et al. 2000; Grosse et al. 2011).

Tanto las unidades ígneas como las unidades metamórficas fueron afectadas por fajas de cizalla dúctil (Fig. 1), los protolitos están representados mayormente por monzogranitos y granodioritas (López y Toselli 1993) de edad ordovícica. Aquí se diferenciaron las siguientes fajas de cizalla: 1) Asha, 2) Señor de la Punta-Cantadero, 3) Antinaco-Sanagasta, 4) La Horqueta, 5) La Puerta, 6) Paluqui La Aguadita, 7) Pinchas y 8) El Potrero (Toselli et al. 2005; López et al. 2007; Vila Tello et al. 2019; Arnoletto et al. 2024). Estas fajas presentan un rumbo NNO e inclinación alta hacia el ENE (Larrovere et al. 2016).

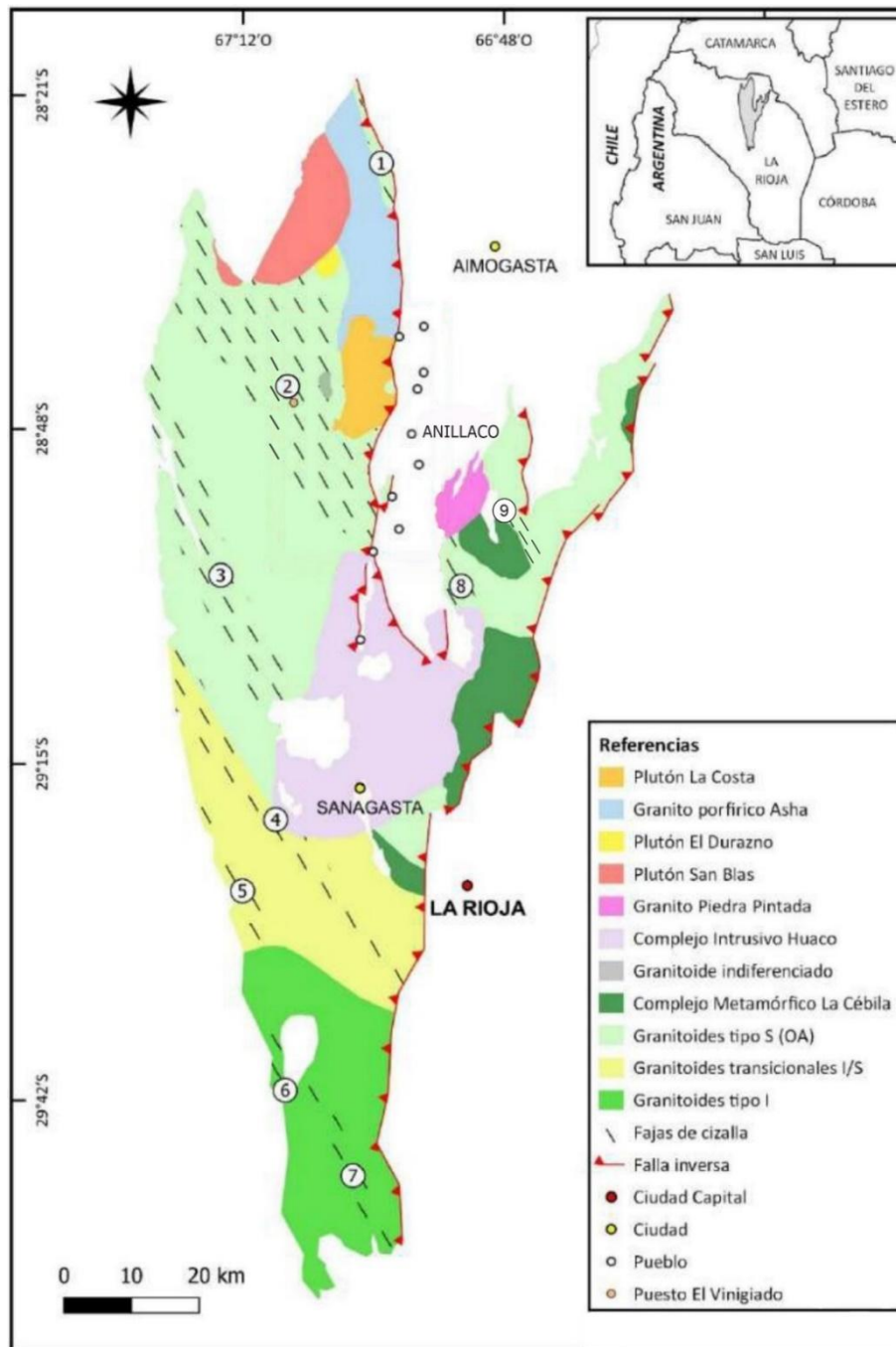


Figura 1. Mapa geológico simplificado del basamento ígneo – metamórfico de las Sierras de Velasco y de Mazán, mostrando la ubicación de las fajas de cizalla. 1) Asha, 2) Señor de la Punta-Cantadero, 3) Antinaco-Sanagasta, 4) La Horqueta, 5) La Puerta, 6) Lineamientos El Tigre, Paluqui y La Aguadita, 7) Faja Milonítica Sur, 8) Pinchas y 9) El Potrero (modificado de Uran 2023).

El evento tectonomagmático carbonífero se encuentra representado por varios plutones de formas sub-elípticas y composiciones sien- a monzograníticas (Fig. 1) (Báez y Basei 2005; Grosse et al. 2009; Alasino et al. 2017; Macchiolli Grande et al. 2019). Éstos no presentan deformación interna y cortan la foliación milonítica existente en las rocas que intruyen (Dahlquist et al. 2004; Grosse et al. 2009). Los mismos muestran principalmente signatures geoquímicas de magmatismo tipo-A y su origen ha sido relacionado a un

ambiente geotectónico post-Orogénico (Dahlquist et al. 2004; Grosse et al. 2009), anOrogénico (Dahlquist et al. 2010) o extensional de retro-arco relacionado a subducción (Alasino et al. 2012). También fueron reconocidos algunos cuerpos ígneos con signatura geoquímica tipo-S (Alasino et al. 2006).

En el sector oriental y nor-oriental de la Sierra de Velasco y en la Sierra de Mazán, el metamorfismo está representado por el mencionado **Complejo Metamórfico La Cébila** (Ordovícico) (Fig. 2), consiste en sucesiones metasedimentarias constituidas por bancos de filitas y esquistos (ricos en filosilicatos) que alternan con bancos de metapsamitas (cuarzo feldespáticas), esquistos cuarzo micáceos y cuarcitas. Estas rocas presentan una foliación metamórfica penetrativa (S1) más evidente en los niveles filosilicáticos, con blastesis localizada y reconocida sólo en las filitas (Verdecchia y Baldo, 2010).

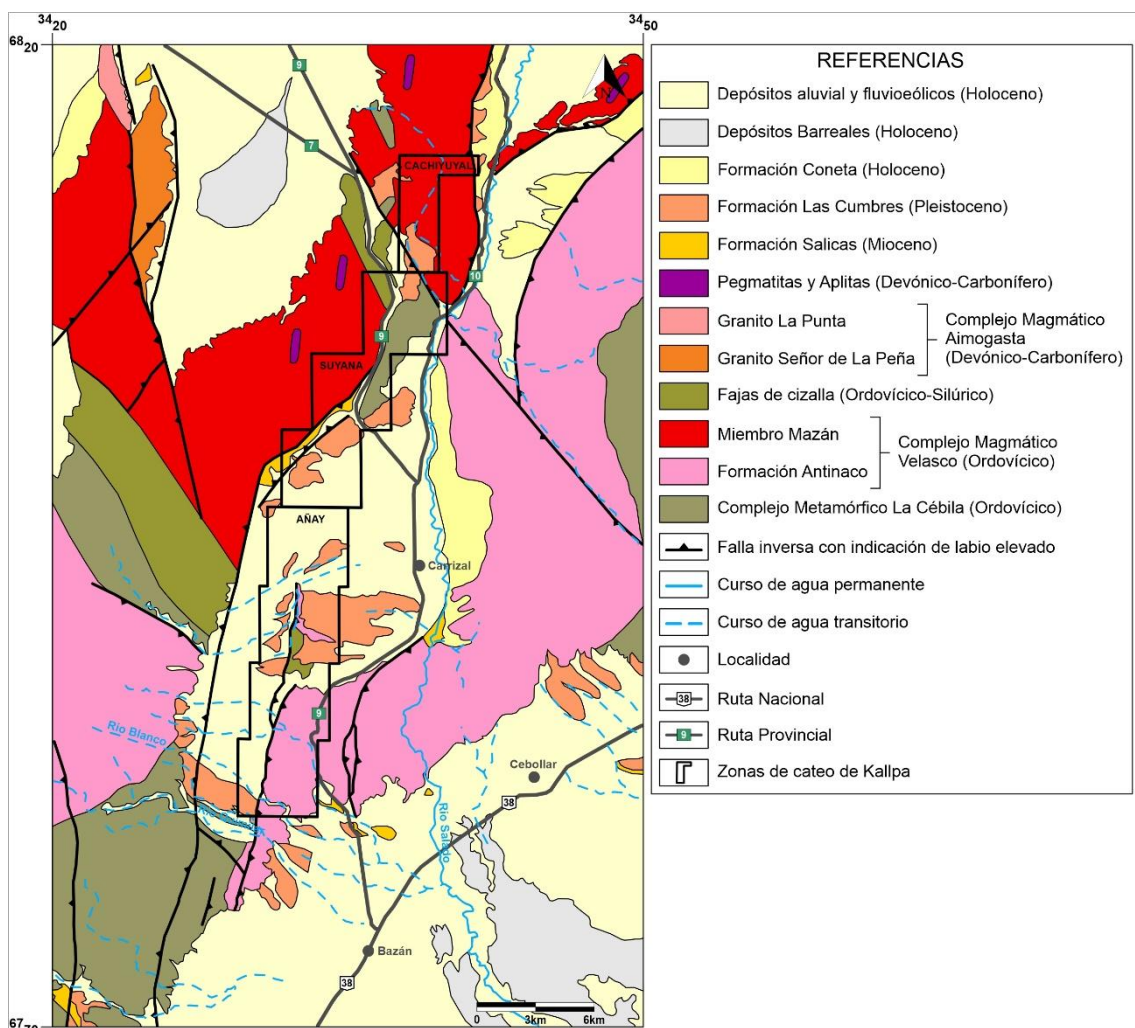


Figura 2. Mapa geológico de las zonas prospectadas (basado en Candiani et al. 2017 y Miró et al. 2018).

El magmatismo relacionado a la Orogenia Famatiniana está representado por el **Complejo Magmático Velasco** (Ordovícico) (Fig. 2), el cual está constituido por granitos peraluminosos, tipo S de acuerdo a Grosse et al. (2011). Los sienogranitos porfíricos son las facies más abundantes, mientras que los

monzogranitos y granodioritas están subordinados. Tienen una textura porfírica y una granulometría media a gruesa (Candiani et al. 2017).

El evento tectonomagmático carbonífero se encuentra representado por el **Complejo Ígneo Aimogasta**, donde se destacan los plutones La Punta y Señor de la Peña (Fig. 2). Se han reconocido además granitoides cordieríticos de extensión menor. Dentro del mismo ciclo se ubican cuerpos de pegmatitas y aplitas. En general corresponden a monzogranitos, con variaciones a sienogranitos y granodioritas, de coloraciones grises a rosadas de composición generalmente peraluminosa (granitos S).

Además, en la zona se encuentran sedimentitas correspondientes a la Formación Salicas (Neógeno) (Fig. 2) compuesta por areniscas finas, limolitas y escasas arcillitas y tobas, de color grisáceo claro, naranja, castaño y amarillo, que se intercalan con areniscas gruesas y conglomerados finos, castaño grisáceos (Candiani 2017). También está la Formación Las Cumbres (Pleistoceno) (Fig. 2) representada por conglomerados y areniscas gruesas conglomerádicas que componen cuatro secuencias depositacionales, separadas por tres discordancias progresivas de primer orden (Candiani 2017).

También se exhiben depósitos modernos del Holoceno, representados por barreales (Fig. 2) compuestos por arena fina, limo y arcilla (Candiani 2017), y por depósitos aluviales y fluvioeólicos (Fig. 2), comprendidos por arena y limo.

### UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

Las zonas prospectadas se denominan Cachiyuyal, Suyana y Añay (Fig. 3) y en total suman una superficie de 12.919,36 hectáreas. Cachiyuyal se ubica en la Sierra de Mazán, Suyana se localiza principalmente en la Sierra de Velasco, excepto una pequeña porción de su área que forma parte de la Sierra de Mazán y Añay se encuentra en la Sierra de Velasco.

La mayor parte de Cachiyuyal se ubica en el departamento Capital y una menor porción en el departamento Arauco. Existen dos vías de acceso para llegar al sitio de interés, una de ellas es desde la Ciudad de La Rioja a través de Ruta Nacional N°38 en dirección noreste hasta la localidad de Bazán, realizando 34km. Posteriormente se empalma hacia la Ruta Provincia N°9 en dirección nOroeste y se realizan aproximadamente 38km. Todo el trayecto se hace por caminos pavimentados, luego para llegar al área de interés hay que recorrer a pie al menos 2km en dirección noreste.

La otra vía de acceso se logra desde la Ciudad de La Rioja hasta la localidad de Bazán, siguiendo la ruta antes mencionada. Luego empalmar con la Ruta Provincial N°9 y transitar 27km hasta llegar al cruce con la Ruta Provincial N°10. Allí se toma dicha ruta en dirección nor-noreste y se recorren 10km. Este trayecto también es pavimentado, posteriormente hay que caminar al menos 2,5km en dirección nOroeste para llegar al área a prospectar.

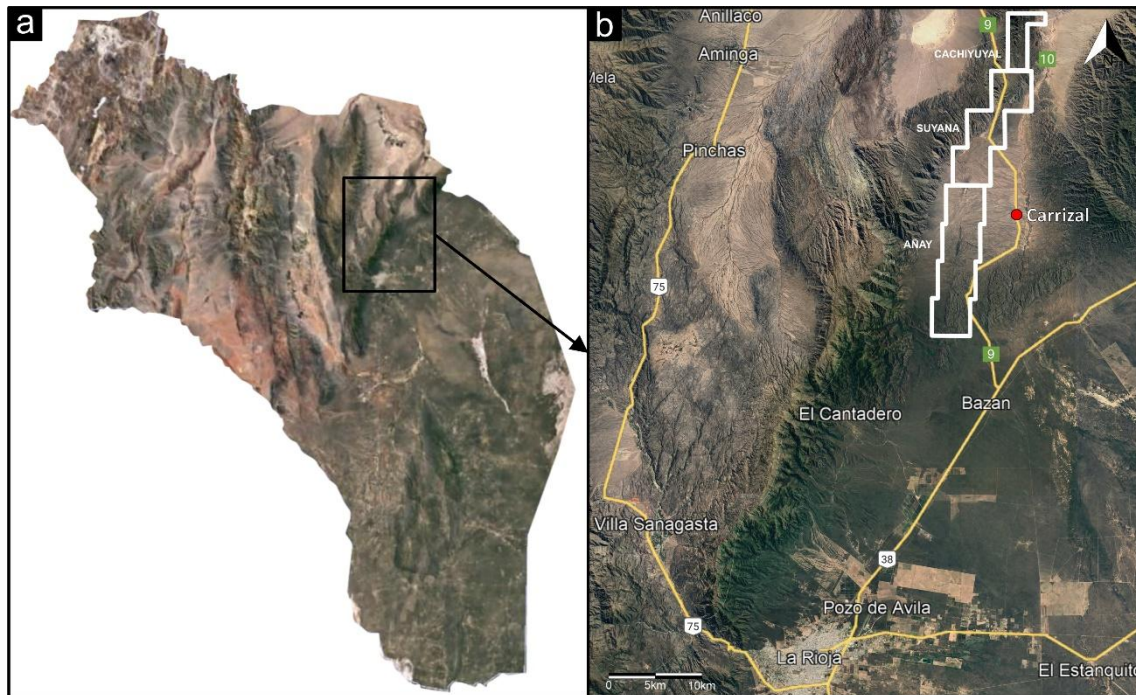


Figura 3. a) Imagen satelital de la provincia de La Rioja, se remarca ubicación de las áreas de interés. b) Zonas a prospeccionar dentro de las Sierras de Velasco y de Mazán.

Suyana se ubica principalmente en la Sierra de Velasco, excepto una pequeña porción de su área que forma parte de la Sierra de Mazán. El sitio de interés se localiza en el departamento Capital y su vía de acceso es desde la Ciudad de La Rioja a través de Ruta Nacional N°38 en dirección noreste hasta la localidad de Bazán. Posteriormente se empalma hacia la Ruta Provincia N°9 en dirección noroeste y se realizan aproximadamente 31km. Para llegar al norte del área, todo el trayecto hasta el área a prospectar se realiza por caminos pavimentados. Sin embargo para hacer muestreos en el sur del sitio de interés se deberán realizar 0,5km en vehículo con doble tracción y al menos 2km a pie.

Añay se ubica en la Sierra de Velasco y en el departamento Capital. La vía de acceso al área a prospectar es desde la Ciudad de La Rioja a través de Ruta Nacional N°38 en dirección noreste hasta la localidad de Bazán. Posteriormente se empalma hacia la Ruta Provincia N°9 en dirección noroeste y se realizan aproximadamente 11km. Todo este trayecto se realiza por caminos pavimentados, luego hay que circular con vehículo doble tracción por 0,4km y a pie unos 6,5km para llegar a los afloramientos que se desean muestrear.

### VINCULO COMUNITARIO

Se realizaron dos viajes de relevamiento territorial en las áreas circundantes a las zonas de cateo con el objetivo de obtener información sobre la población residente, actividades productivas, vías de acceso, infraestructura básica y referentes comunitarios.

El acompañamiento del equipo técnico permitió georreferenciar los sectores de posible interés para la empresa, articulando la dimensión técnica con la dimensión social y comunitaria. Toda la información recabada se utilizó como

insumo para la planificación responsable de las etapas de prospección, en el marco de los principios de transparencia, participación y desarrollo sostenible que guían la gestión de Kallpa S.A.P.E.M.

El trabajo se desarrolló en un clima de cooperación y trabajo interdisciplinario, cumpliendo con el objetivo de fortalecer la articulación entre las áreas técnicas y sociales de la empresa, y garantizando un enfoque territorial integral en las acciones vinculadas a la prospección minera.

El primer viaje de relevamiento territorial fue realizado en conjunto por el Equipo de Relaciones con la Comunidad (RRCC) de Kallpa SAPEM y el Geólogo del Proyecto. Aquí se identificaron las comunidades y asentamientos presentes en las zonas de interés, representadas por la localidad de Carrizal (Fig. 4a, 4b y 4c), ubicada sobre la Ruta Provincial N°9 y a 59 km de la Ciudad de La Rioja (Fig. 3), y un asentamiento (Fig. 4d) ubicado en el cruce entre la Ruta Nacional N°38 y la Ruta Provincial N°9, a 36 de km de la Ciudad de La Rioja (Fig. 3).

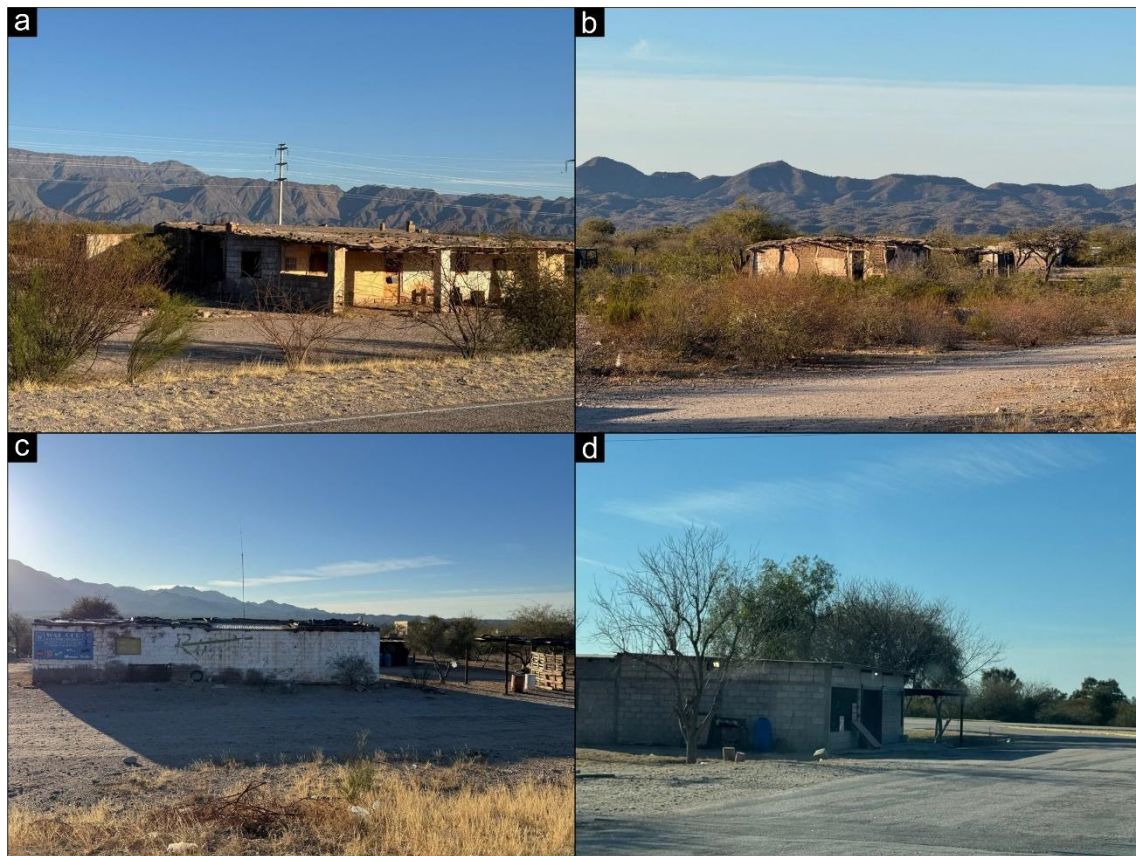


Figura 4. a, b y c) Viviendas de la población de Carrizal. d) Asentamiento en el cruce de la Ruta Nacional N°38 y la Ruta Provincial N°9.

El segundo viaje de relevamiento territorial fue realizado por el Equipo de Relaciones con la Comunidad (RRCC) de Kallpa SAPEM y se llevó a cabo en la localidad de Carrizal. El objetivo de la visita fue mantener un contacto directo con el vecino local, Sr. Fernando Quevedo, único residente permanente del área, con el fin de brindar información general sobre la empresa y las tareas que desarrolla, así como comunicar las campañas de prospección que se iban a llevar a cabo. Se destaca que el Sr. Fernando Quevedo cuenta con una venta de pan casero y otros productos a la par de la ruta, por lo cual se le ofreció la posibilidad de

proveer desayuno y almuerzo al Equipo de Geología durante las jornadas de trabajo, sin embargo el vecino declinó la propuesta debido a compromisos previos vigentes. Asimismo se dejó a disposición un canal de comunicación directo con el Área de RRCC para atender cualquier inquietud o requerimiento relacionado con el trabajo en el territorio. La visita se desarrolló en un clima de respeto, cumpliendo con el propósito de fortalecer los vínculos comunitarios y promover la comunicación transparente entre la empresa y los habitantes de la zona.

## GESTIÓN AMBIENTAL

Se confeccionaron los Estudios Ambientales correspondientes de cada una de las Áreas de estudio para la realización del proyecto.

Para la elaboración de los Informes de Impacto Ambiental (IIA) de los cateos que comprenden el Proyecto, se ha seguido una metodología técnico-legal, estructurada bajo los estándares exigidos por la normativa minero-ambiental vigente en Argentina y la provincia de La Rioja.

### Marco Normativo

El informe adopta el modelo estandarizado por la Ley Nacional N° 24.585 (Protección Ambiental para la Actividad Minera) en su Anexo I. Asimismo, se ajusta a la normativa provincial, incluyendo la Ley N° 7.801 (General del Ambiente) y el Código de Procedimientos Mineros de La Rioja (Ley N° 7.277).

### Caracterización de la Línea de Base

Se realizó una descripción exhaustiva del área de influencia mediante:

Geolocalización: Delimitación por coordenadas Gauss-Krüger (POSGAR 2007) y mapeo de vías de acceso.

Análisis Biofísico: Estudio del clima (clasificación Köppen BWh), geología regional (Sierras Pampeanas) y verificación de áreas protegidas.

Diagnóstico Socioeconómico: Evaluación de los centros poblados cercanos (Estación Bazán y Carrizal) y estadísticas demográficas/laborales del Departamento Capital basadas en el Censo 2022 y proyecciones a 2025.

### Evaluación de Impactos Ambientales (EIA)

La herramienta técnica central utilizada fue la Matriz de Leopold Simplificada. Este método cualitativo permitió:

Identificación: Cruce de las actividades del proyecto (circulación, mapeo, muestreo) con los factores ambientales (aire, agua, suelo, flora, fauna, paisaje y socioeconomía).

Valoración: Asignación de valores de Magnitud (escala 1-10) e Importancia (escala 1-10) para cada interacción.

Jerarquización: Clasificación de los impactos en niveles Bajo, Medio o Alto.

### Plan de Gestión Ambiental

A partir de los resultados de la matriz, se definieron medidas de mitigación específicas para la etapa de prospección:

Medidas Preventivas y Manejo de Residuos.

## Conclusión Técnica

La metodología aplicada concluye con un valor global, lo que determina si el proyecto es ambientalmente viable. Los impactos negativos son identificados y categorizados, mientras que se proyectan los beneficios en el dinamismo económico local.

De esta manera se dio cumplimiento con la normativa aplicable realizando las presentaciones pertinentes de la documentación ante los organismos provinciales de aplicación.

Se informa que el Informe de Impacto Ambiental de cada Área fue analizado por la autoridad competente.

Al momento del presente Informe, la autoridad ha otorgado las Declaratorias de Impacto Ambiental (DIAs) de Cachiyual, Suyana y Añay; al haberse cumplimentado los trámites de rito y al contar con dictamen favorable de la Unidad Evaluadora.

En Anexos se adjuntan los estudios ambientales y resoluciones correspondientes.

## CLIMA

La región presenta un clima continental seco y semiárido, caracterizado por escasas precipitaciones y una marcada amplitud térmica. De acuerdo con la clasificación de Köppen, pertenece a un tipo de clima **BWh** (Fig. 5), donde B se refiere a cantidad de precipitación inferior al límite de sequía (evapotranspiración), W características hidrometeorológicas de desierto; y h cálido temperatura media anual superior a 18°C e inviernos secos no rigurosos.

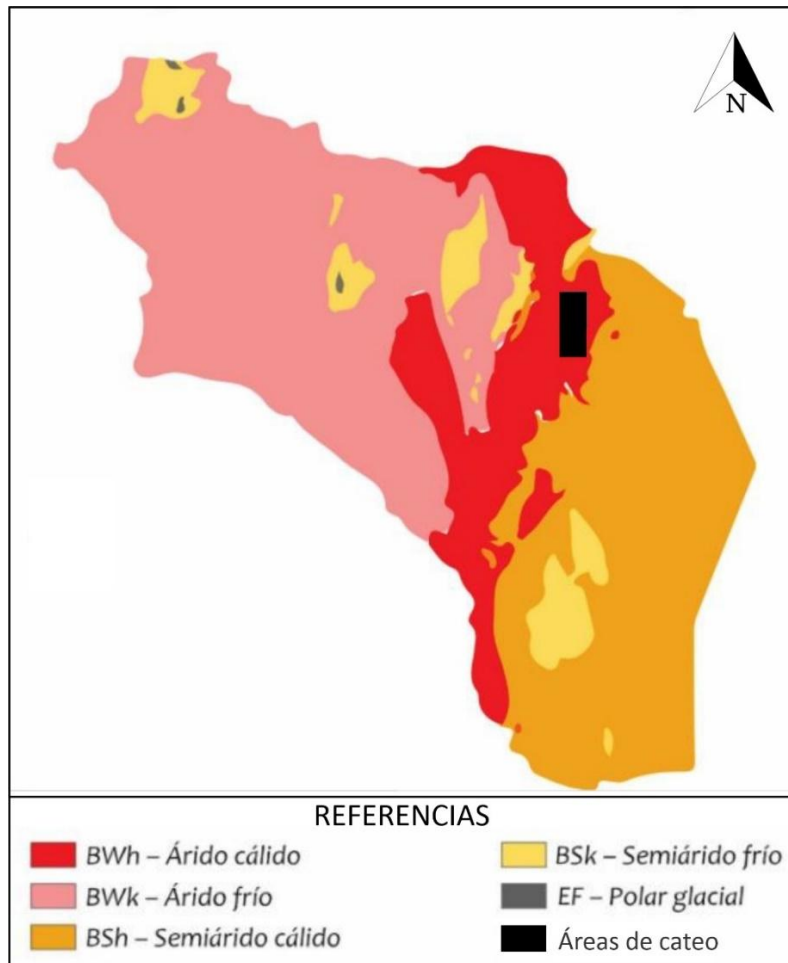


Figura 5. Mapa de clima de la provincia de La Rioja (modificado de Beck et al. 2018.)

En la provincia, las precipitaciones oscilan entre los 200 y 300 mm anuales, de régimen estacional ocurriendo las mismas durante el verano. La provincia sufre de déficit hídrico todo el año, las lluvias son escasas, estacionales e irregular y generalmente en forma de aguaceros breves y torrenciales. En el resto del año son poco significativas.

En época de invierno, la baja térmica está posicionada más al norte, los vientos se producen del sur, y en verano, la posición más al sur de la baja térmica, centrada en la zona de piedemonte de las Sierras Pampeanas, conduce a vientos del noreste y este sobre el Chaco argentino. También, son frecuentes los vientos del NOroeste y del Oeste tipo Zonda que, por el efecto "foehn", sus temperaturas son elevadas y con contenidos de humedad reducida, estos notables en los valles, muy molestos por la cantidad de polvo que arrastran en suspensión.

### IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

De acuerdo a la verificación espacial efectuada (Fig. 6), las zonas de Cachiuyal, Suyana y Añay se localizan fuera de los límites de áreas con algún tipo de figura de conservación o protección ambiental reconocida por la legislación nacional, Ley N°22.351 de Parques Nacionales, Monumentos

Naturales y Reservas Nacionales, así como de las Áreas Naturales Provinciales reconocidas por la legislación vigente en la provincia de La Rioja.

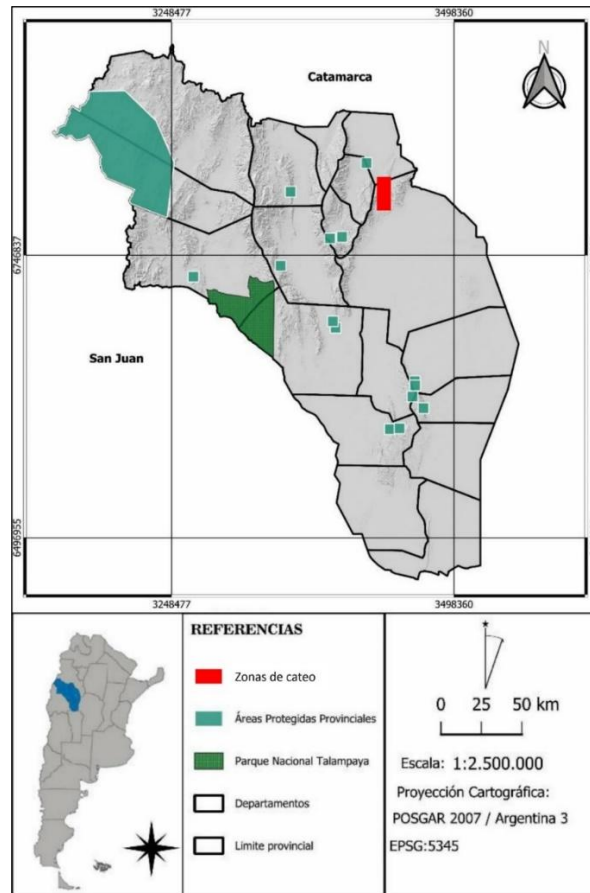


Figura 6. Mapa de áreas protegidas y monumentos naturales de la provincia de La Rioja.

## RESULTADOS DE PROSPECCIÓN

### CACHIYUYAL

En Cachiyuyal predominan granitos porfídicos y equigranulares que se agrupan en el denominado Miembro Mazán del Complejo Magmático Velasco, de edad ordovícica (Fig. 7). Estas rocas presentan coloración rojiza y su mineralogía está comprendida por cuarzo, feldespatos, plagioclasa, moscovita y biotita (Fig. 8a).

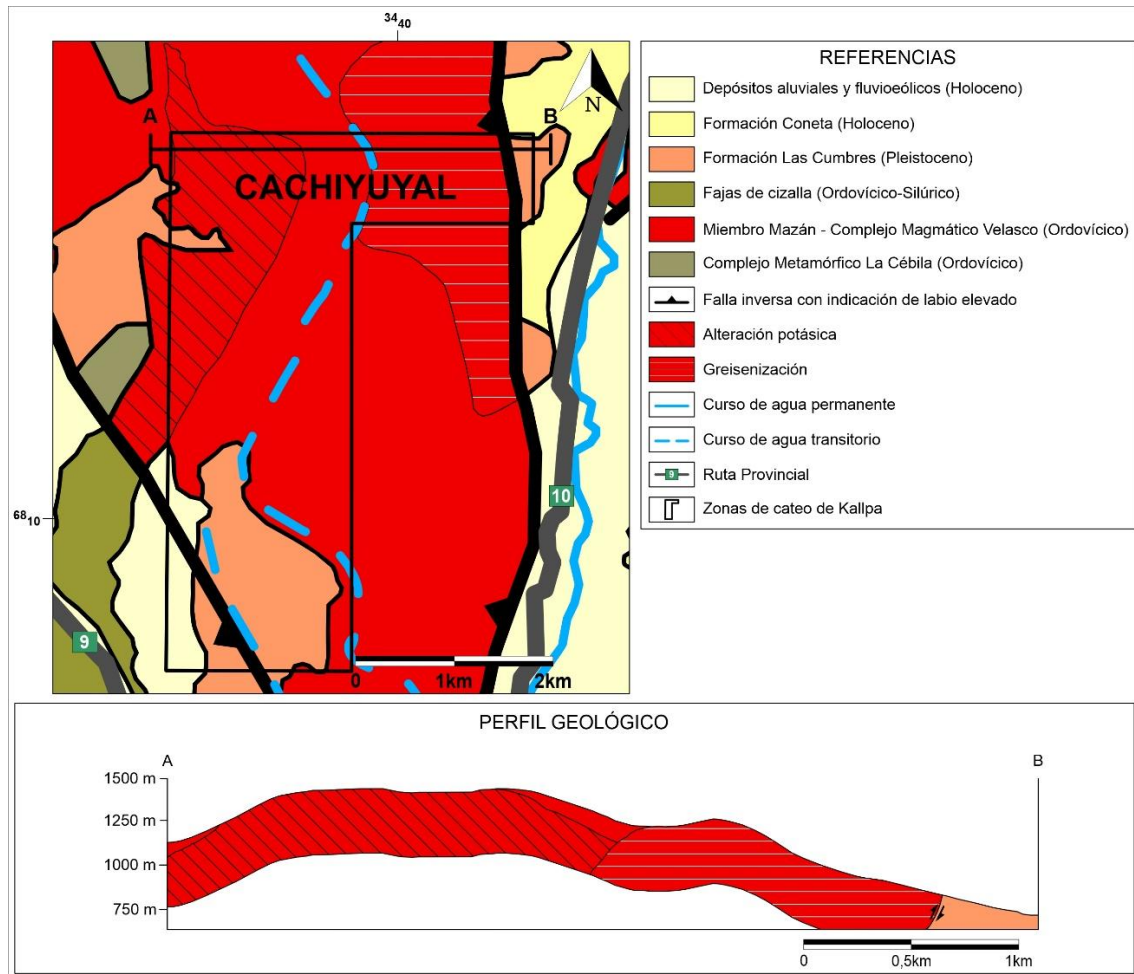


Figura 7. Mapa y perfil geológico de Cachiuyal.

En el sector occidental de la zona de cateo se exhibe la presencia de alteración potásica afectado a las rocas del Miembro Mazán (Fig. 7), en algunos casos acompañada por pequeños cristales de turmalina (Fig. 8a). En esta zona también se encontraron rodados silíceos que probablemente provengan de una veta de cuarzo, dichos rodados cuentan con jarosita, gohetita, hematita, minerales de color violáceo y verdoso y un grano que parece ser electrum (Fig. 8b), se trata de un muy buen ejemplo de “Viraje al rojo”, un proceso que indica el grado de avance (o “Maduración”) del proceso de lixiviación de cuerpos de sulfuros (en especial los piritosos) durante la meteorización. En este caso indica una maduración muy avanzada, las cuales suelen tener buenas u óptimas perspectivas de enriquecimiento para Cu-Ag en profundidad y Au en afloramiento (Peralta 2023).

En el sector oriental de Cachiuyal se observan rocas del Miembro Mazán greisenizadas (Fig. 7), caracterizadas por la presencia de cuarzo, moscovita, turmalina, clorita y epidota (Fig. 8c).

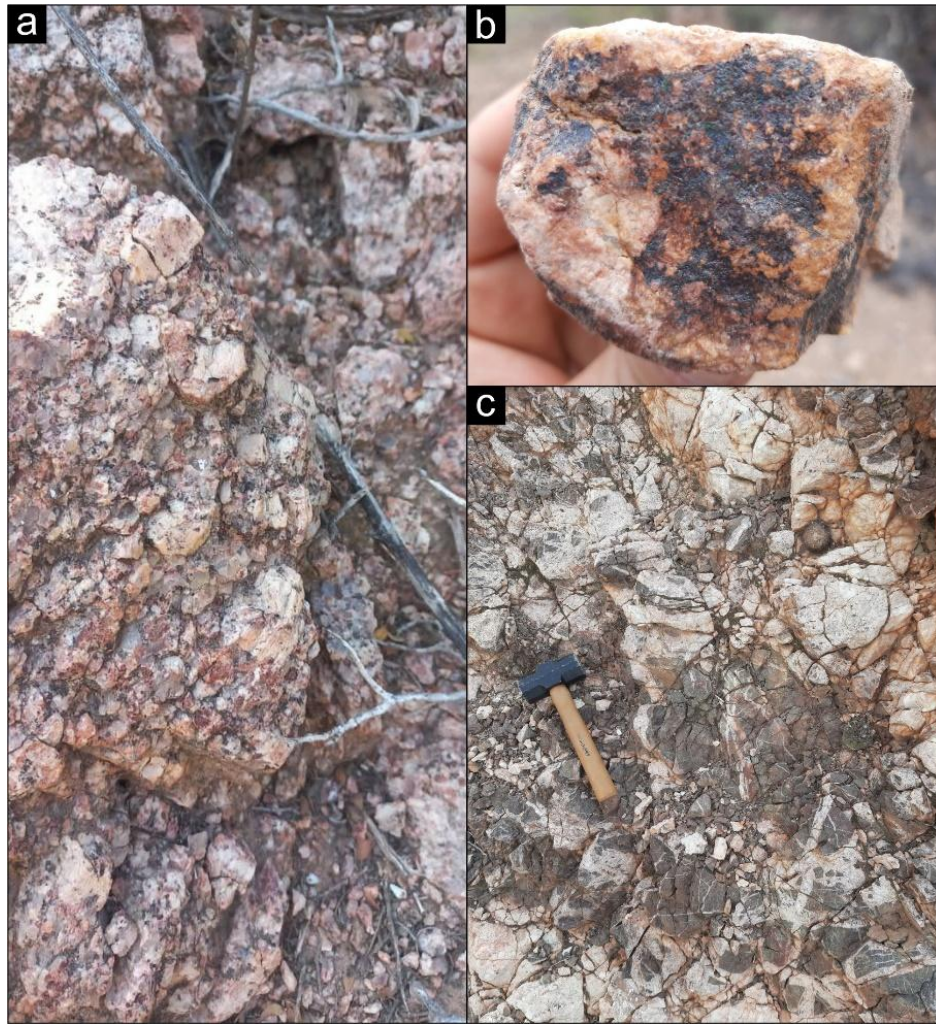


Figura 8. a) Granito porfídico con leve alteración potásica. b) Rodado proveniente de veta de cuarzo. c) Granito greisenizado.

## SUYANA

En Suyana se encuentran afloramientos del antes mencionado Miembro Mazán (Fig. 9 y 8a) y de filitas, metacuarcitas y pizarras del Complejo Metamórfico La Cébila, también de edad ordovícica (Fig. 9). Estas rocas metamórficas son la caja de los granitos, presentan una coloración grisácea a verdosa y se disponen de forma alternada (Fig. 10a). Esta alternancia litológica estaría representando el registro relíctico de la estratificación primaria  $S_0$  (Alasino 2024). En muestra de mano se observa que generalmente son de grano fino, sin embargo se logra reconocer la presencia de cuarzo, filosilicatos y la foliación metamórfica ( $S_1$ ). Dicha foliación metamórfica cuenta con un rumbo general NO y buzamientos de alto a muy alto ángulo hacia el O y E.

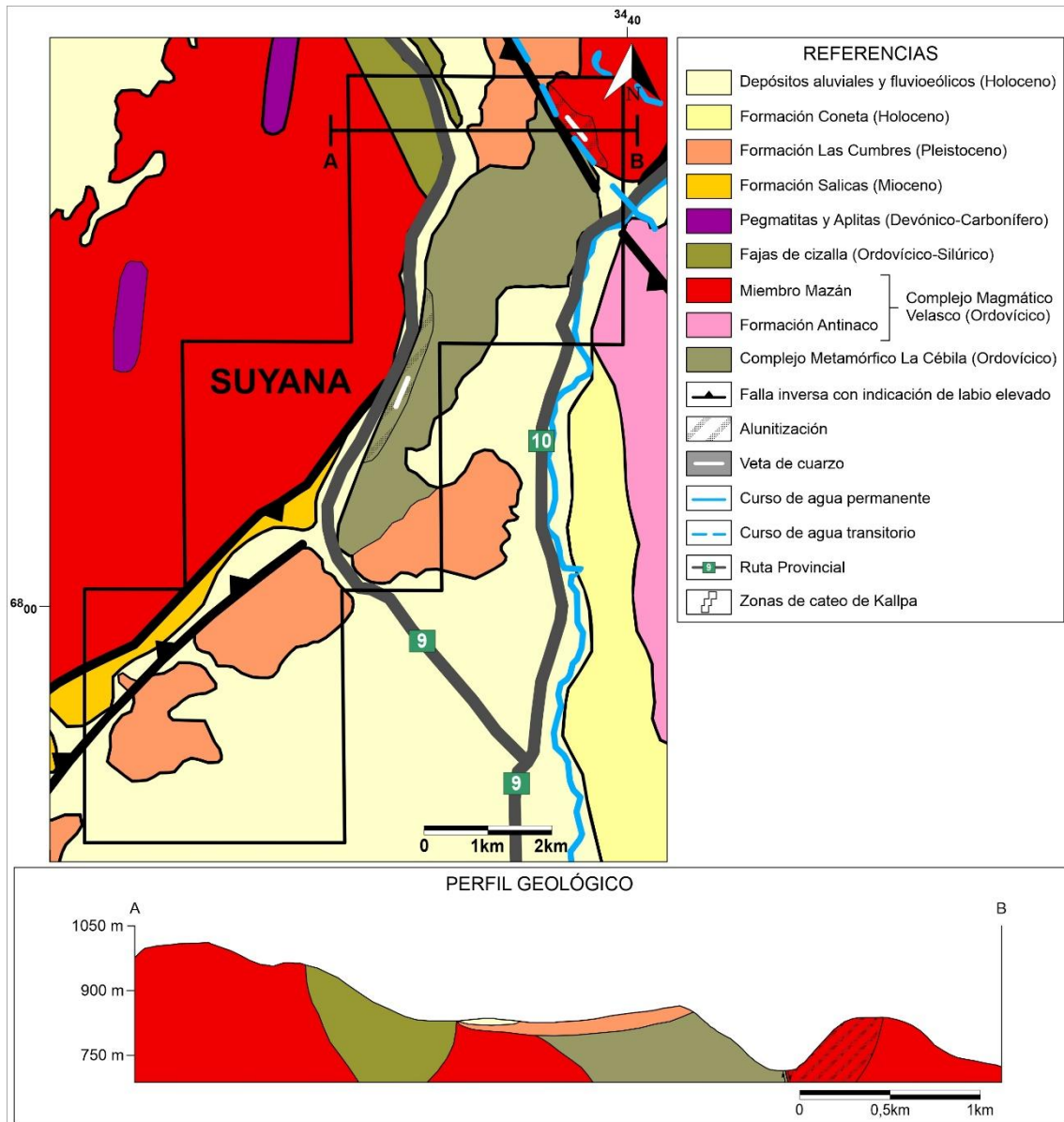


Figura 9. Mapa y perfil geológico de Suyana.

En el sector septentrional de la zona de cateo, se encontraron vetas de cuarzo en afloramientos del Miembro Mazán, las cuales cuentan con alunita, goethita y jarosita (Fig. 10b y 10c). Estas vetas tienen una potencia de 50 cm, una longitud de 50 m y un rumbo de 290°. También se encontraron rodados del granito con venillas de cuarzo y rodados silíceos con presencia de Vuggy Sílica (Fig. 10d). Se trata de una zona con alunitización, probablemente relacionada a un epitermal de alta sulfuración. Además las rocas del Complejo Metamórfico La Cébila que se encuentran en contacto, presentan pequeños cristales de pirita y se encuentran muy oxidadas.

En la zona central de la zona de cateo también se observan afloramientos del Complejo Metamórfico La Cébila que presentan vetas de cuarzo con alunita, goethita y jarosita (Fig. 10e).

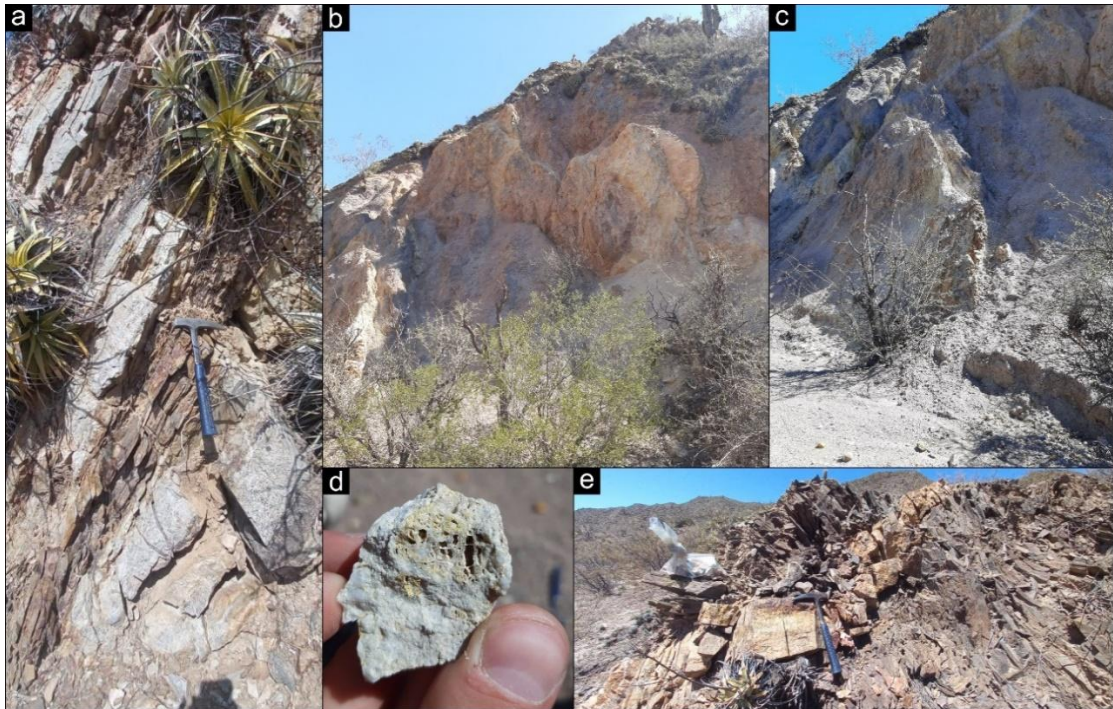


Figura 10. a) Filitas y metacuarcitas. b y c) Vetas de cuarzo y alunitización del granito. d) Rodado con Vuggy Silica. e) Veta de cuarzo en filitas.

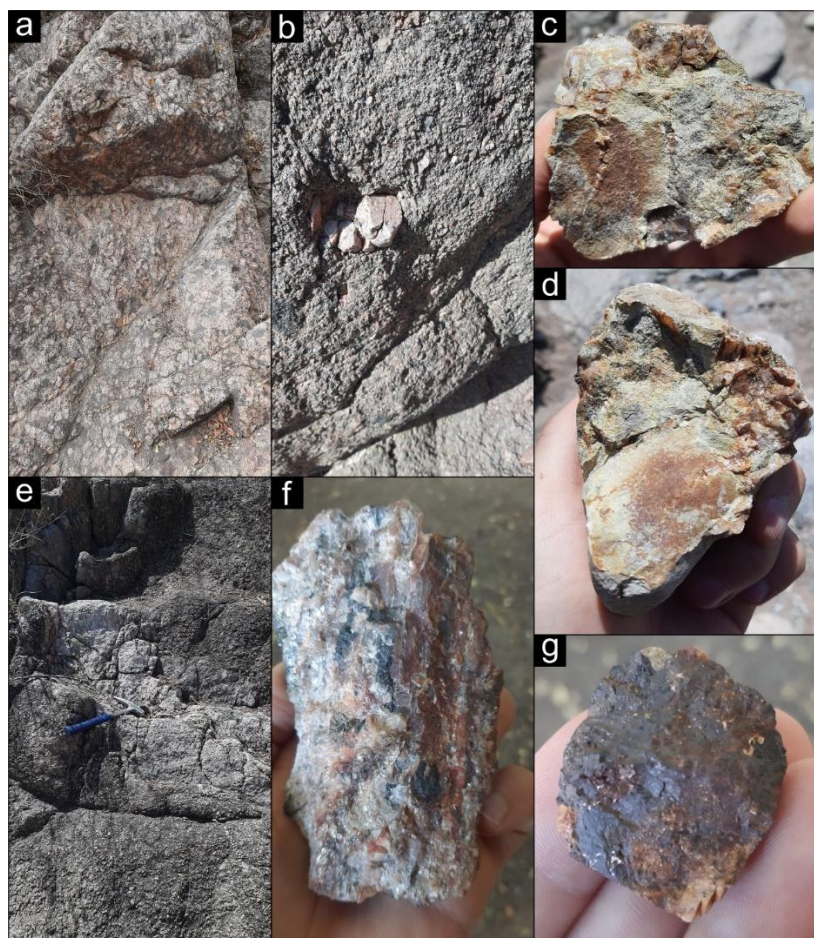


Figura 11. a) Granito porfídico. b) Protomilonita. c y d) Rodado alunitizado proveniente de una veta. e) Dique de granito félsico. f) Muestra de mano de granito félsico alunitizado y con hematita. g) Rodado fuertemente oxidado.

## AÑAY

En Añay predominan los granitoides de grano grueso de la Formación Antinaco, de edad ordovícica (Fig. 12). Están compuestos por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita (Fig. 11a). En el sector central de la zona de cateo estas rocas se encuentran levemente deformadas, dando origen a protomilonitas (Fig. 11b).

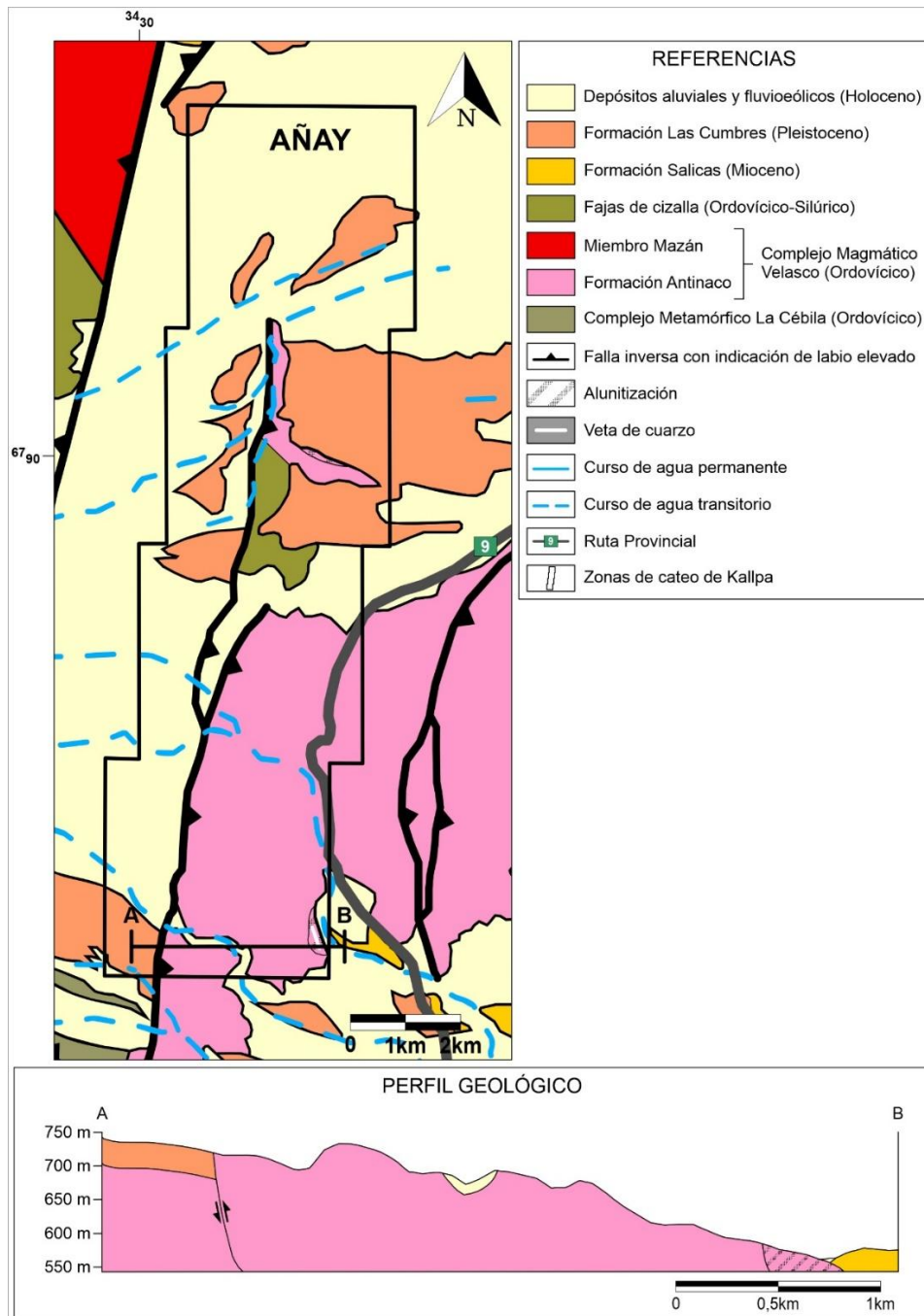


Figura 12. Mapa y perfil geológico de Añay.

En el sector sur se observa la presencia de tres diques de granitos más félsicos que intruyen a granitoides con una composición menos félsica (Fig. 11e). Estos diques cuentan con un rumbo de  $50^\circ$  y un buzamiento de  $49^\circ$  al SW y su

mineralogía está representada por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, moscovita, biotita, turmalina, alunita y hematita (Fig. 11f).

En el sector central de la zona de cateo se exhiben pequeños afloramientos que se encuentran alunitizados (Fig. 11c y 11d) y existen rodados fuertemente oxidados (Fig. 11g).

## RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS

La tabla siguiente presenta datos de las muestras (rocas y sedimentos de corriente) enviadas a Laboratorio para análisis químico total, resumiendo los valores analíticos de algunos elementos de interés.

Los resultados completos son adjuntados en el Anexo Informes de Laboratorio.

Los valores obtenidos indican la presencia de **anomalías francas** en **Plata** y valores anómalos de **Oro, Litio y Cobre**, entre otros:

- Valores entre 49 g/t y 316 g/t de Ag
- Valores entre 0,09 g/t y 0,29 g/t de Au
- Valores entre 203 ppm y 600 ppm de Li
- Valores entre 127 ppm y 187 ppm de Cu
- Valores de hasta 542 ppm de Mo

Las muestras anómalas en **Plata** se encuentran en las zonas de cateo denominadas **Markay** y **Suyana**. En Markay las muestras se recolectaron en un sector donde predominan rocas del Complejo Metamórfico La Cébila, las cuales se encontraban fuertemente oxidadas y con presencia de vetas de cuarzo. Para Suyana coincide con el sector donde se reconocieron vetas de cuarzo, alunitización (alunita, goethita y jarosita) en las rocas encajonantes de las vetas y la presencia de Vuggy Sílica, ubicado en el noreste de dicha zona en las rocas del Miembro Mazán.

Para el caso de las muestras anómalas en **Oro**, se concentran en las zonas de cateo llamadas **Cachiyuyal** y **Suyana**. Para el caso de Cachiyuyal coincide con el sector donde se detectó la presencia de alteración potásica con turmalina, localizado en el nOroeste de la zona, en las rocas del Miembro Mazán. Mientras que para Suyana se encuentran principalmente en los sectores central y norte de la misma, donde se identificó la presencia de vetas de cuarzo y alunitización en las rocas del Complejo Metamórfico La Cébila.

# Tabla de Resultados Resumida

| Muestra N° | N-S          | E-W          | X           | Y           | Cota | Material                                                                          | Observaciones                                          | Ag (mg/kg) | Au (mg/kg) | As (mg/kg) | B (mg/kg) | Ba (mg/kg) | Cd (mg/kg) | Co (mg/kg) | Cr (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Li (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Mo (mg/kg) | Ni (mg/kg) | Pb (mg/kg) |
|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| CA-001     | 28°50'32.9"  | 66°39'11.9"  | 3436245.600 | 6809980.567 | 913  | Granito rojo con venas delgadas de cuarzo.                                        | Feldespatos, plagioclasa, cuarzo y muscovita.          | <0.1       | 0.09       | <3.8       | <3.0      | 219        | 0.7        | 53         | 3.3        | 21         | 166        | 189        | <1.0       | <1.5       | 33         |
| CA-002     | 28°50'33.7"  | 66°39'03.6"  | 3436470.733 | 6809957.172 | 999  | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de quebradas, sin evidencia de mineral a la lupa. | <0.1       | 0.09       | <3.8       | <3.0      | 255        | <0.65      | 47         | 1.7        | 49         | 111        | 252        | <1.0       | <1.5       | 10         |
| CA-003     | 28°48'53.1"  | 66°38'25.3"  | 3437492.284 | 6813060.085 | 1089 | Rodados de rocas silíceas oxidadas con presencia de jarosita goethita y hematita. | Rodados en lecho de quebrada.                          | <0.1       | 0.07       | <3.8       | <3.0      | 158        | 5.3        | 30         | 11         | 187        | 203        | 109        | 1.3        | <1.5       | <6.0       |
| CA-004     | 28°48'54.4"  | 66°38'08.6"  | 3437945.325 | 6813022.492 | 1130 | Rodados de rocas silíceas oxidadas con presencia de jarosita goethita y hematita. | Rodados en lecho de quebrada.                          | <0.1       | 0.29       | <3.8       | 21        | 197        | 24         | 34         | 13         | 127        | 149        | 330        | <1.0       | <1.5       | <6.0       |
| CA-005     | 28°48'54.8"  | 66°38'08.0"  | 3437961.660 | 6813010.264 | 1127 | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de granitos en roca metamórfica.                  | <0.1       | 0.09       | <3.8       | <3.0      | 241        | 3.9        | 43         | 11         | 70         | 89         | 367        | <1.0       | <1.5       | <6.0       |
| CA-006     | 28°48'52.4"  | 66°38'55.1"  | 3437497.591 | 6813081.666 | 1097 | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de granitos en roca metamórfica.                  | <0.1       | <0.05      | <3.8       | <3.0      | 218        | 4.6        | 45         | 8.6        | 68         | 76         | 399        | <1.0       | <1.5       | 6.5        |
| CA-007     | 28°49'38.2"  | 66°38'07.1"  | 3441246.657 | 6811691.137 | 698  | Vetas de cuarzo en granitos.                                                      | En Granito Mazán.                                      | <0.1       | 0.07       | <3.8       | 11        | 249        | <0.65      | 65         | 178        | 21         | 136        | 559        | 181        | 602        | 8.9        |
| CA-008     | 28°52'16.9"  | 66°37'08.0"  | 3439620.999 | 6806796.601 | 639  | Rodados silíceos con linonitas.                                                   | Rodados en lecho de quebrada.                          | <0.1       | 0.07       | <3.8       | <3.0      | 85         | 6.4        | 37         | 28         | 24         | 156        | 89         | 16         | 60         | <6.0       |
| CA-009     | 28°51'56.6"  | 66°37'24.4"  | 3439173.264 | 6807419.272 | 691  | Cuarzo oxidado en veta.                                                           | Rumbo N 290 en granito.                                | 308        | 0.05       | <3.8       | <3.0      | 70         | 2.2        | 57         | 12         | 14         | 366        | 67         | <1.0       | <1.5       | <6.0       |
| CA-010     | 28°51'56.6"  | 66°37'24.4"  | 3439173.264 | 6807419.272 | 691  | Disgregado fino de veta.                                                          | Rumbo N 290 en granito.                                | <0.1       | <0.05      | <3.8       | 10        | 147        | 12         | 34         | 28         | 10         | 600        | 44         | <1.0       | <1.5       | 15         |
| CA-011     | 28°51'30.57" | 66°37'51.13" | 3438444.564 | 6808216.658 | 777  | Lutita oxidada, con pirrotinos.                                                   | R M59 Inc. Sub vertical.                               | <0.1       | 0.06       | <3.8       | <3.0      | 237        | 7          | 28         | 23         | 47         | 56         | 186        | <1.0       | <1.5       | 133        |
| CA-012     | 28°51'48.15" | 66°37'31.72" | 3438973.506 | 6807678.388 | 722  | Cuarzo oxidado en vetas.                                                          | Rumbo N 300 en granito.                                | <0.1       | <0.05      | <3.8       | 16        | 63         | 11         | 42         | 14         | 12         | 270        | 70         | <1.0       | <1.5       | <6.0       |
| CA-013     | 28°51'20.73" | 66°37'11.31" | 3439522.264 | 6808525.498 | 729  | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de granitos.                                      | <0.1       | 0.11       | <3.8       | <3.0      | 270        | 5.3        | 46         | 13         | 68         | 125        | 386        | <1.0       | <1.5       | 17         |
| CA-014     | 28°52'28.81" | 66°38'32.43" | 3437334.873 | 6806417.753 | 801  | Lutita metamorfozada y levemente oxidada.                                         | Rumbo N-S.                                             | 61         | 0.22       | <3.8       | <3.0      | 744        | <0.65      | 18         | 65         | 30         | 72         | 333        | <1.0       | <1.5       | 31         |
| AN-001     | 29°2'4.30"   | 66°41'47.44" | 3432154.394 | 6786669.334 | 730  | Protomilitaria de proclito granito biotítico.                                     | Coloración oscura. Biotita, cuarzo y feldespatos.      | <0.1       | <0.05      | <3.8       | <3.0      | 306        | <0.65      | 39         | 58         | 16         | 85         | 421        | <1.0       | <1.5       | 29         |
| AN-002     | 29°2'5.67"   | 66°41'47.44" | 3432154.643 | 6786627.153 | 725  | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de granitos, algunos levemente deformados.        | <0.1       | 0.05       | <3.8       | <3.0      | 303        | <0.65      | 35         | 31         | 12         | 51         | 315        | 14         | 19         | 18         |
| AN-003     | 29°1'18.68"  | 66°41'2.50"  | 3433362.261 | 6790081.039 | 642  | Granito equigranular.                                                             | Zona de granitos.                                      | <0.1       | 0.09       | <3.8       | <3.0      | 308        | <0.65      | 46         | 21         | 61         | 52         | 298        | <1.0       | 7.3        | 18         |
| AN-004     | 29°6'3.81"   | 66°39'57.02" | 3435183.818 | 6781312.270 | 516  | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de metapelitas.                                   | 49         | 0.07       | <3.8       | <3.0      | 876        | <0.65      | 52         | 24         | 11         | 39         | 275        | <1.0       | 7          | 25         |
| AN-005     | 29°6'10.99"  | 66°39'50.10" | 3435172.187 | 6781092.259 | 530  | Granito con Vuggy?                                                                | Zona de granitos.                                      | 8.8        | 0.08       |            |           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| CA-015     | 28°48'7.55"  | 66°39'47.67" | 3435250.963 | 6814450.230 | 929  | Granito equigranular con oxidos.                                                  | Rodados en lecho de quebrada.                          | <0.1       | 0.05       | <3.8       | <3.0      | 72         | <0.65      | 52         | 51         | 9          | 56         | 463        | <1.0       | 37         | 13         |
| CA-016     | 28°48'11.74" | 66°39'43.30" | 3435370.190 | 6814321.889 | 933  | Venillas de cuarzo lechoso en granito equigranular.                               | Zona de granitos.                                      | <0.1       | 0.1        | <3.8       | 13        | 53         | <0.65      | 118        | 9.1        | 14         | 210        | 174        | <1.0       | 3.1        | 6.3        |
| CA-017     | 28°48'19.28" | 66°39'22.54" | 3435934.450 | 6814092.868 | 1015 | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de granitos.                                      | <0.1       | 0.09       | <3.8       | <3.0      | 264        | <0.65      | 22         | 41         | 22         | 109        | 579        | <1.0       | 9.1        | 26         |
| CA-018     | 28°48'11.74" | 66°39'43.30" | 3435370.190 | 6814321.889 | 933  | Granito equigranular (caja de venillas de cuarzo).                                | Zona de granitos.                                      | <0.1       | <0.05      | <3.8       | <3.0      | 61         | <0.65      | 44         | 16         | 3.5        | 59         | 330        | 2.1        | 11         | 7.5        |
| CA-019     | 28°47'16.57" | 66°39'6.62"  | 3436355.585 | 6816025.590 | 1030 | Veta de cuarzo en metapelitas.                                                    | Zona de metapelitas.                                   | 61         | 0.06       | <3.8       | <3.0      | 88         | <0.65      | 55         | 10         | 9.1        | 10         | 78         | <1.0       | 1.8        | <6.0       |
| CA-020     | 28°47'25.75" | 66°38'57.69" | 3436399.330 | 6815744.442 | 1054 | Vetas de cuarzo en metapelitas.                                                   | Zona de metapelitas.                                   | <0.1       | <0.05      | <3.8       | 33        | 733        | <0.65      | 20         | 50         | 47         | 64         | 280        | 1.9        | 36         | 35         |
| CA-021     | 28°47'25.19" | 66°38'35.39" | 3437204.051 | 6815765.169 | 1101 | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de metapelitas.                                   | 316        | <0.05      | <3.8       | <3.0      | 223        | <0.65      | 37         | 28         | 25         | 68         | 364        | 5.7        | 28         | <6.0       |
| CA-022     | 28°47'22.61" | 66°38'37.93" | 3437134.732 | 6815844.229 | 1096 | Vetas de cuarzo en metapelitas.                                                   | Zona de metapelitas.                                   | <0.1       | <0.05      | <3.8       | <3.0      | 94         | <0.65      | 69         | 21         | 13         | 143        | 116        | 9          | 19         | 11         |
| CA-023     | 28°54'12.78" | 66°39'8.28"  | 3436380.949 | 6803211.396 | 755  | Vetas de cuarzo en metapelitas.                                                   | Zona de metapelitas.                                   | 5.9        | 0.14       | <2.5       | 17        | 1210       | <0.43      | 55         | 565        | 8.4        | 3          | 87         | 542        | 1970       | 13         |
| CA-024     | 28°43'43.57" | 66°34'41.41" | 3435116.836 | 6822622.400 | 656  | Veta de cuarzo en granito.                                                        | Zona de granitos intruyendo metapelitas.               | 3          | 0.08       | <2.5       | 14        | 248        | <0.43      | 96         | 71         | 1          | <1.6       | 40         | 65         | 240        | <4.0       |
| CA-025     | 28°44'52.86" | 66°39'9.10"  | 3436264.070 | 6820450.086 | 946  | Granito equigranular.                                                             | Zona de granitos intruyendo metapelitas.               | 8.3        | <0.05      | <2.5       | <6.6      | 621        | <0.43      | 42         | 15         | 5.7        | 6          | 151        | 1.1        | 10         | 6.8        |
| CA-026     | 28°44'45.31" | 66°39'10.90" | 3436213.957 | 6820682.265 | 936  | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de granitos intruyendo metapelitas.               | 5.6        | 0.1        | <2.5       | <6.6      | 113        | 6.2        | 42         | 34         | 14         | 68         | 690        | 5.3        | 49         | <4.0       |
| CA-027     | 28°44'39.10" | 66°39'25.15" | 3435826.253 | 6820871.330 | 906  | Sedimento de corriente.                                                           | Zona de granitos intruyendo metapelitas.               | 5.3        | 0.13       | <2.5       | 7.2       | 110        | 6.8        | 38         | 25         | 15         | 59         | 567        | 1          | 20         | 12         |

## CONCLUSIONES

La información obtenida en las campañas de prospección y los resultados de los análisis geoquímicos permiten mantener la hipótesis de la existencia de anomalías que se podrían vincular a un **sistema mesotermal**, principalmente en el sector occidental de Cachiyuyal y el sector suroccidental de Markay, debido a la existencia de alteración potásica y la presencia de anomalías de Plata, Oro y Cobre, pudiendo tratarse de la presencia de un **Pórfido argentífero**.

Por otro lado, las vetas de cuarzo, las rocas afectadas por alunitización, la presencia de Vuggy Silica y las anomalías de Plata y Oro observadas en Suyana, sugieren que estarían más emparentadas a un **sistema epitermal de alta sulfuración**.

Además, cabe mencionar que en el sector oriental de Cachiyuyal se hallaron rocas greisenizadas. Esto significa que en estas tres zonas de cateo prospectadas se encontraron indicios de que existen anomalías que podrían haber sido generadas por sistemas epitermales (de alta sulfuración), mesotermes (pórfido argentífero) e hipotermes (greisen).

Es habitual encontrar indicios de yacimientos de tipo pórfido y epitermales de alta sulfuración en una misma zona porque constituyen partes integradas de un mismo sistema magmático-hidrotermal. Sin embargo se diferencian principalmente por su nivel estructural de emplazamiento, condiciones físico-químicas de formación y estilo de mineralización. La relación genética radica en que muchos sistemas epitermales representan la expresión superficial de un sistema porfírico presente en profundidad.

Es muy posible que esto pueda estar ocurriendo en el Distrito prospectado y explicaría la razón por la cual en algunos sectores se tienen indicios de la existencia de un yacimiento del tipo epitermal y en otros sectores se encuentran señales de un yacimiento de tipo pórfido. Donde posiblemente parte del epitermal se ha erosionado y en consecuencia el pórfido se encuentra aflorando en superficie.

En síntesis, se concluye que en la **Sierra de Velasco** existen **anomalías de Plata, Oro, Litio y Cobre** que han sido originadas por procesos magmático-hidrotermales asociados a **sistemas epitermales y mesotermes**.

Se recomienda densificar la cantidad de muestras en el Distrito para conocer con mayor detalle el origen de las anomalías y poder definir los límites de la misma y avanzar con perfiles geofísicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Galindo, C. y Casquet, C. 2006. Plutón La Costa, una expresión de magmatismo tipo-S en el sector noreste de la sierra de Velasco, Sierras Pampeanas, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61: 161-170.
- Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Galindo, C., Casquet, C., Rapela, C.W., Larrovere, M.A. y Fanning, C.M. 2012. Early Carboniferous sub- to mid-alkaline magmatism in the Eastern Sierras Pampeanas, NW Argentina: A record of crustal growth by the incorporation of mantle-derived material in an extensional setting. *Gondwana Research* 22: 992-1008.
- Alasino, P.H., Larrovere, M.A., Rocher, S., Dahlquist, J.A., Basei, M.A.S., Memeti, V., Paterson, S., Galindo, C., Macchioli Grande, M., Campos Neto, M.C. 2017. Incremental growth of an upper crustal, A-type pluton, Argentina: Evidence of a re-used magma pathway. *Lithos*, Volumes 284–285, 2017, Pages 347-366, ISSN 0024-4937.
- Alasino, V. 2024. Petrología y estructura del basamento metamórfico-ígneo del NE de la Sierra de Velasco, Provincia de La Rioja. Tesis de grado. Universidad Nacional de La Rioja.
- Arnoletto, A.C., Riveros, A.A., Cafieri, J., Alasino, V., Ríos, M.L., Carrión, A., Larrovere M.A., y Alasino P.H. "Caracterización petrográfica y estructural de la faja de cizalla El Potrero, NE de la Sierra de Velasco, La Rioja". XXII CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO. San Luis 2024.
- Báez, M.A. y Basei, M.A. 2005. El plutón San Blas, magmatismo posdeformacional Carbo-nífero en la sierra de Velasco. En: Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicken, M., Rossi, J.N. y Toselli, A.J. (eds.) Simposio Bodenbender. Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 19: 239- 246, San Miguel de Tucumán.
- Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T. 2018. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* 5, 180214.
- Candiani, J.C. 2017. Hoja Geológica 2966-III La Rioja. Provincias de La Rioja y Catamarca. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín N° 424. Buenos Aires.
- Castro de Machuca, B., Arancibia, G., Morata, D., Belmar, M., Previley, L. y Pontoriero, S. 2008. P-T-t evolution of an Early Silurian medium-grade shear zone on the west side of the Famatinian magmatic arc, Argentina: Implications for the assembly of the Western Gondwana margin. *Gondwana Research* 13: 216-226.
- Dahlquist, J.A. y Alasino, P.H. 2004. Segundo reporte de cordieritas ricas en Na-Be en Argentina, sierra de Velasco. 7º Congreso de Mineralogía y Metalogenia, 303-308, Rio Cuarto.
- Dahlquist, J.A., Alasino, P.H., Eby, G.N., Galindo, C. y Casquet, C. 2010. Fault controlled Carboniferous A-type magmatism in the proto-Andean foreland (Sierras Pampeanas, Argentina): Geochemical constraints and petro genesis. *Lithos* 115: 65-81.

- Espizúa, S.M. y Caminos, R. 1979. Las rocas metamórficas de la Formación La Cébila, sierra de Ambato, Provincias de Catamarca y La Rioja. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 53: 125-142.
- Grosse, P., Söllner, F., Baéz, M.A., Toselli, A.J., Rossi, J.N., de la Rosa, J.D., 2009. Lower Carboniferous post-Orogenic granites in central-eastern Sierra de Velasco, Sierras Pampeanas, Argentina: U–Pb monazite geochronology and Sr–Nd isotopes. *International Journal of Earth Sciences* 98: 1001-1025.
- Grosse, P., Bellos, L.I., de los Hoyos, C.R., Larrovere, M.A., Rossi, J., Toselli, A.J., 2011. Across-arc variation of the Famatinian magmatic arc (NW Argentina) exemplified by I-, S- and transitional I/S-type Early Ordovician granitoids of the Sierra de Velasco. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 110-126.
- Larrovere, M.A., Alasino, P.H., y Baldo, E.G. 2016. La faja de cizalla dúctil doble-vergente del nOroeste de la Sierra de Velasco, Argentina: Deformación de la corteza media durante la Orogenia Famatiniana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 73:117-133.
- Macchioli Grande, M., Alasino, P.H., Rocher, S., Larrovere, M.A., Uran, G.M., Reinoso Carbonell, V. y Moreno, G. 2019. Thermal evolution of upper crustal magmatic systems from the Sierra de Velasco, NW Argentina. *Journal of Structural Geology* 118: 1-20.
- Miró, R., Toselli, T., Durand, F., Rossi de Toselli, J., Cisterna, C., Bossi, G., Sesma, P., Guido, E., María Elena Puchulu, M.E., Ávila J.C. 2018. Hoja Geológica 2966-I Aimogasta. Provincias de La Rioja y Catamarca. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín N° 433 Buenos Aires.
- López, J.P. y Toselli, A.J. 1993. La faja milonítica TIPA: faldeo oriental del Sistema de Famatina, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 39-42, Mendoza.
- López, J.P., Sales de López, A. y Basei, M.A. 2000. Nueva edad K/Ar en la historia deformativa de la Faja Milonítica Tipa, en el NOroeste Argentino. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1: 895-902.
- López, J.P., Grosse, P. y Toselli, A.J. 2007. Faja de Deformación La Horqueta, sierra de Velasco, Sierras Pampeanas, NO de Argentina: petrografía, geoquímica, estructuras y significado tectónico. *Estudios Geológicos* 63: 5-18.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. y Fanning, C. 2000. Age and origin the Coeval TTG, I and S-Type granites in the Famatina belt of NW de Argentina. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* 91: 151-168.
- Steenken, A., Wemmer, K., Martino, R.D., López de Luchi, M.G., Guerreschi, A. y Siegesmund, S. 2010. Post-Pampean cooling and the uplift of the Sierras Pampeanas in the west of Córdoba (Central Argentina). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*.
- Toselli, A.J., Rossi, J.N., Miller, H., Báez, M.A., Grosse, P., López, J.P. y Bellos, L.I. 2005. Las rocas graníticas y metamórficas de la sierra de Velasco. En: Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F., Hünicken, M., Rossi, J.N. y Toselli, A.J. (eds.) *Simposio*
- Wegmann, M.I., Riller, U., Hongn, F.D., Glodny, J. y Oncken, O. 2008. Age and kinematics of ductile deformation in the Cerro Durazno area, NW Argentina:

- Significance for Orogenic processes operating at the western margin of Gondwana during Ordovician - Silurian times. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 78-90.
- Verdecchia, S.O., Baldo, E.G. 2010. Geoquímica y procedencia de los metasedimentos ordovícicos del complejo metamórfico La Cébila, Provincia de La Rioja, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 27: 97-111.
- Vila Tello, M. 2018. Petrología y estructura de las unidades metamórficas del sector nOoriental de la Sierra de Velasco (28°55'LS), provincia de La Rioja. Tesis de grado, Universidad Nacional de La Rioja.
- Vila Tello, M., Larrovere, M.A., Moreno, G.G., Rocher, S., Alasino, P.H. y Aciar R.H. 2019. Estructura, cinemática y condiciones de la deformación de la faja de cizalla Pinchas: evidencias de la fase tectónica Oclógica en la sierra de Velasco. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 76 (4): 403-412 (2019).

## ANEXO IIA

Estudios Ambientales y Resoluciones DIA otorgadas para cada uno de los 3 pedimentos comprendidos en el Área de investigación.

## ANEXO INFORMES DE LABORATORIO