



TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Título: Evaluación como prospecto del área Mina de Corrales, Departamento Rivera, una oportunidad para el desarrollo minero de la República del Oriental del Uruguay

Autor: Geol. Ernesto Javier Slavutsky

Directora: Dra. Liliana N. Castro

2024



RESUMEN

La República Oriental del Uruguay ha sido históricamente poco reconocida por su actividad minera metalífera, a pesar de registros que datan desde el siglo XIX en el norte del país. Sin embargo, en las últimas dos décadas, la región de Minas de Corrales se ha destacado por la producción aurífera, superando las 1.5 millones de onzas de oro. Este fenómeno está enmarcado en la Isla Cristalina de Rivera (ICR), una formación geológica con características particulares. La ICR, un horst estructural, ofrece una ventana geológica de rocas precámbricas que se extiende unos 110 km con orientación predominante E-O a NW-SE, atravesada por la Zona de Cizalla Rivera, con evidencias de deformación tanto frágil como dúctil. La mineralización aurífera en la ICR se relaciona con depósitos orogénicos, típicos de cinturones metamórficos profundos, denominados *Greenstone belt*. La formación de estos depósitos epigenéticos en la ICR se asocia con procesos metamórficos y la circulación de fluidos en zonas de fallas profundas durante la orogenia Brasiliana en rocas paleoproterozoicas. La composición de la roca de caja, especialmente rica en hierro, juega un papel crucial en la formación y distribución de los depósitos auríferos. Este estudio presenta un análisis de la ICR y propone un plan de prospección y exploración, enfocado especialmente en el lado este de la ICR. Se consideran aspectos sociales y ambientales, lo que constituye una contribución significativa al conocimiento minero de Uruguay y resalta el potencial exploratorio en esta región específica.

PALABRAS CLAVES: República Oriental del Uruguay – *Greenstone belt* – Oro orogénico-Minería sostenible

ABSTRACT

The Oriental Republic of Uruguay has historically been little recognized for its metallic mining activity, despite records dating back to the 19th century in the northern part of the country. However, in the last two decades, Minas de Corrales has stood out for its gold production, surpassing 1.5 million ounces of gold. This phenomenon is framed within the Isla Cristalina de Rivera (ICR), a geological formation with particular characteristics. The ICR, a structural horst, offers a geological window of Precambrian rocks that extends for about 110 km with a predominant orientation from E-O to NW-SE, traversed by the Rivera Shear Zone, with evidence of both brittle and ductile deformation. Gold mineralization in the ICR is related to orogenic deposits, typical of deep metamorphic belts, known as greenstone belts. The formation of these epigenetic deposits is associated with metamorphic processes and fluid circulation in deep fault zones during the Brasiliano orogeny in paleoproterozoic rocks. The host rock composition, especially rich in iron, plays a crucial role in the formation and distribution of gold deposits. This study presents an analysis of the ICR and proposes a prospecting and exploration plan, focused especially on the eastern side of the ICR. Social and environmental aspects are considered, constituting a significant contribution to the mining knowledge of Uruguay and highlighting the mining potential in this specific region.

KEY WORDS: República Oriental del Uruguay – Greenstone belt – Orogenic gold deposits-Sustainable mining

INDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	5
1.1 Ubicación y vías de acceso	8
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS	9
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS	10
CAPÍTULO 4: ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
4.1 Antecedentes geológicos regionales.....	11
4.2 Marco Geológico Local: Antecedentes de la Isla Cristalina de Rivera.....	13
4.3 Marco Geológico Estructural.....	16
CAPÍTULO 5: LA MINERALIZACIÓN DE LA ISLA CRISTALINA DE RIVERA- ANÁLISIS DE LOS DATOS	21
5.1 Aspectos genéticos de la mineralización.....	21
5.1 Geoquímica de la ICR y la prospección mineral	23
5.2.1 Muestreo geoquímico regional.....	24
CAPÍTULO 6: ÁREAS POTENCIALES EN LA ICR ESTE TRABAJOS EXPLORATORIOS PROPUESTOS	29
❖ Proyecto Vichadero	31
❖ Proyecto 7 Porteras.....	35
❖ Proyecto Cerro Chato	36
❖ Proyecto Rincón del Yaguarí.....	37
❖ Proyecto la Cerrillada	38
CAPÍTULO 7: MÉTODO DE EXPLOTACIÓN Y TRATAMIENTO	41
7.1 Método de explotación	41
CAPÍTULO 8: IMPACTOS DE LA MINERÍA EN LA SOCIEDAD, LA ECONOMÍA Y EL MEDIO AMBIENTE.....	45
8.1 Impactos de la minería	45
CAPITULO 9. ASPECTOS LEGALES Y AMBIENTALES	50
CAPITULO 10: OFERTA Y DEMANDA DE ORO	53
CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES	58
CAPÍTULO 12: AGRADECIMIENTOS	62
CAPÍTULO 13: BIBLIOGRAFÍA.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Isla Cristalina en Uruguay.	5
Figura 2. Estilos estructurales relacionados a las condiciones físico-químicas. En Uruguay predominan las zonas de transición frágil – dúctil que se asocian principalmente a los depósitos auríferos. Tomado de Colvine et al. 1998.	6

Figura 3. Estilo de mineralización del sector oeste de la Isla Cristalina.....	6
Figura 4. Ubicación y vías de acceso al área de estudio.	7
Figura 5. Esquema tectonoestratigráfico propuesto por Bossi et al. (2005).	10
Figura 6. Principales unidades tectónicas del Uruguay – Terrenos tectono-estratigráficos Piedra Alta y Nico Perez. (Tomado de Sanchez Bertucci et al, 2010b).....	11
Figura 7: Mapa geológico del Terreno Nico Pérez y continuidad del Cinturón Don Feliciano (tomado de Oyhantçabal et al., 2010).....	12
Figura 8. Unidad Rocas Intermedias milonitizada en zona de cizalla. Tomado de Furtado (2014).....	13
Figura 9. Mapa Geológico de la Isla Cristalina de Rivera mostrando las principales unidades geológicas y la nueva información geocronológica, tomado de Oyhantçabal et al. (2012).....	15
Figura 10. Imagen de radar con los lineamientos registrados. Tomado de Aboy (2016).	17
Figura 11. Interpretación estructural realizada sobre imagen satelital. Tomado de Aboy (2016).....	18
Figura 12. Marco de depósitos epigenéticos de oro de acuerdo a Groves et al. (2003)	20
Figura 13. Contorno de la Isla Cristalina con los diferentes trabajos realizados. Superior, perforaciones realizadas en la Isla Cristalina; medio, muestreo de suelos realizados en la ICR (filtro mayor a 25 ppb); inferior, radiometría aérea de potasio con los principales targets dentro de la Isla Cristalina.	23
Figura 14. Campaña regional de muestreo de sedimentos.	26
Figura 15. Superficie Au (ppb) y targets definidos a partir del análisis de las muestras de sedimento de corriente. Tomado de Rossini (2010)	27
Figura 16. A. Imagen radiométrica ternaria. B. Imagen radimétrica de potasio.C. Targets definidos a partir de los sedimentos de corrientes.	27
Figura 17. Imagen radiométrica de potasio del sector este de la ICR. Se destacan las anomalías principales y las estructuras transtensionales dentro de la zona de cizalla.	28
Figura 18. Ubicación geográfica del área analizada.....	29
Figura 19. Sistemas de fallas sigmoidales (en rojo) y ZCR (en negro). Interpretación de Baker (2006).....	30
Figura 20. Trabajos de detalle realizados en el proyecto Vichadero. Tomado de Cazaux (2011).....	31
Figura 21. Vichadero: Ubicación de las trincheras realizadas sobre mapa de afloramientos.	31
Figura 22. Ubicación de las muestras mineralizadas en trincheras 7 y 9.	32
Figura 23. Mapa geológico regional y muestreos de suelos de Vichadero (Campo Militar). Tomado de Cazaux (2011).	34
Figura 24. Infill de malla de suelos en proyecto Vichadero (Campo Militar).....	35
Figura 25. Imagen magnetométrica (RTP255) y foto-lineamientos (Baker 2006) de la zona de Cerros Blancos.	36
Figura 26. Afloramientos mapeados en 7 porteras. Zona de interés de estudio en fucsia. Tomado de Cazaux (2011).	36

Figura 27. Trabajos realizados en Proyecto Cerro Chato. Tomado de Cazaux (2011).	37
Figura 28. Imagen magnetométrica RTP con trabajos realizados en Rincón de Yaguarí.....	38
Figura 29. Zona a estudiar en La Cerrillada. Tomado de Cazaux (2011).	39
Figura 30. Trabajos realizados en Proyecto La Cerrillada. Tomado de Cazaux (2011).	39
Figura 31. a. Leyes promedio en función de la cantidad de depósitos. b. Toneladas en función de la cantidad de depósitos	41
Figura 32. Imagen de Google Earth. Se observa todas minas producidas a cielo abierto.....	42
Figura 33. Diseño de planta móvil.....	44
Figura 34. a) Entrada al pueblo de Minas de Corrales. b) Región histórica del pueblo. c) Fotografía aérea del pueblo de Minas de Corrales.	46
Figura 35. Fluctuación del precio y demanda del oro en relación a la utilización. Tomado de Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022.	53
Figura 36. Oferta global según procedencia. Tomado de Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022.	54
Figura 37. Principales países en oferta de oro. Tomado de Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022.	55

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Etapas del trabajo.....	10
Cuadro 2. Trabajos realizados en la ICR.....	22
Cuadro 3. Estadística descriptiva.	24
Cuadro 4. Propuestas de exploración en los diferentes proyectos y prioridades de trabajo.....	40
Cuadro 5. Matriz de correlación en los primeros años de producción.....	49
Cuadro 6. Matriz de correlación posterior al cierre de la mina.....	49
Cuadro 7. Clasificación de a los yacimientos y/o sustancias según la legislación uruguaya.....	51
Cuadro 8. Principales empresas en oferta de oro, en MOz, 2022. Tomado de Mercado del oro, actualizado a diciembre 2022.....	54

*How I wish,
how I wish you were here*

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Cuando se piensa en la República Oriental del Uruguay, surge la imagen de un país que comparte fronteras con Argentina y Brasil, ubicado geológicamente en un margen pasivo y cuyas principales actividades son la agricultura, ganadería y el turismo. Tiene una superficie territorial continental de 176.200 km², es decir 21 veces más pequeño que la República Argentina. Es difícil creer que en el norte de Uruguay existe un pueblo llamado Minas de Corrales donde una compañía minera produjo 1,5 millones de onzas de oro por aproximadamente 20 años.

Minas de Corrales está ubicado en el departamento de Rivera, sobre las costas del arroyo Corrales (Fig.1). Su nombre deriva de las minas que se encuentran en la zona y de los corrales de piedra creados en el siglo XIX utilizado para retener el ganado. La localidad surgió en 1878, cuando se instaló en la zona la Compañía Francesa de Minas de Oro del Uruguay. La presencia de oro en la región data desde 1820, pero las minas fueron explotadas a una escala pequeña desde 1879 hasta 1939 (<https://portalminasdecorrales.org/la-villa/>).

A partir de los años 90, programas de exploraciones sistemáticos en el terreno denominado como Isla Cristalina fueron desarrollados con el objetivo de reconocer la geología y definir los recursos existentes de la zona para continuar con una explotación mecanizada a gran escala.

La mineralización en esta región se relaciona a depósitos de oro orogénicos también denominados depósitos auríferos asociados a rocas metamórficas antiguas. Estos tipos de depósitos han sido ampliamente reconocidos y estudiados por Groves et al. (1998), Goldfarb et al. (1998, 2001), entre otros.

Generalmente, se encuentran asociados a cinturones metamórficos intensamente deformados, variando en su grado metamórfico desde facies de esquistos verdes (*Greenstone belts*) hasta facies de anfibolita. La formación de estos depósitos de oro se ubica temporalmente principalmente antecediendo al Neoproterozoico, con eventos importantes entre 2800 y 2550, y de 2100 a 1800 Ma (Goldfarb et al. 2001), aunque también se localizan en rocas más recientes del Fanerozoico, como ha sido indicado por Groves et al. (1998).

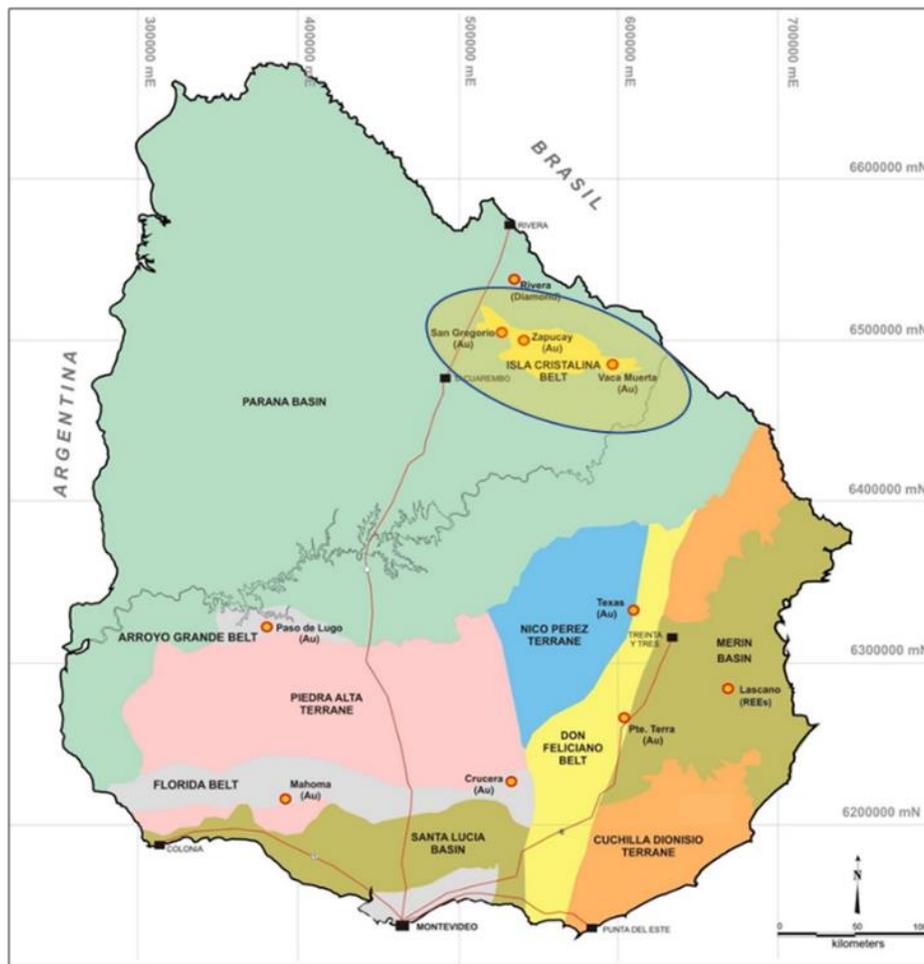


Figura 1. Ubicación de la Isla Cristalina en Uruguay.

En el norte de Uruguay se destacan los depósitos en zonas de transición dúctil – frágil con distintos estilos de mineralización (diseminados, brechas y vetiformes) (Fig. 2 y 3). El oro está asociado a la presencia de sulfuros, siendo el más abundante la pirita y en menor proporción galena, esfalerita y calcopirita.

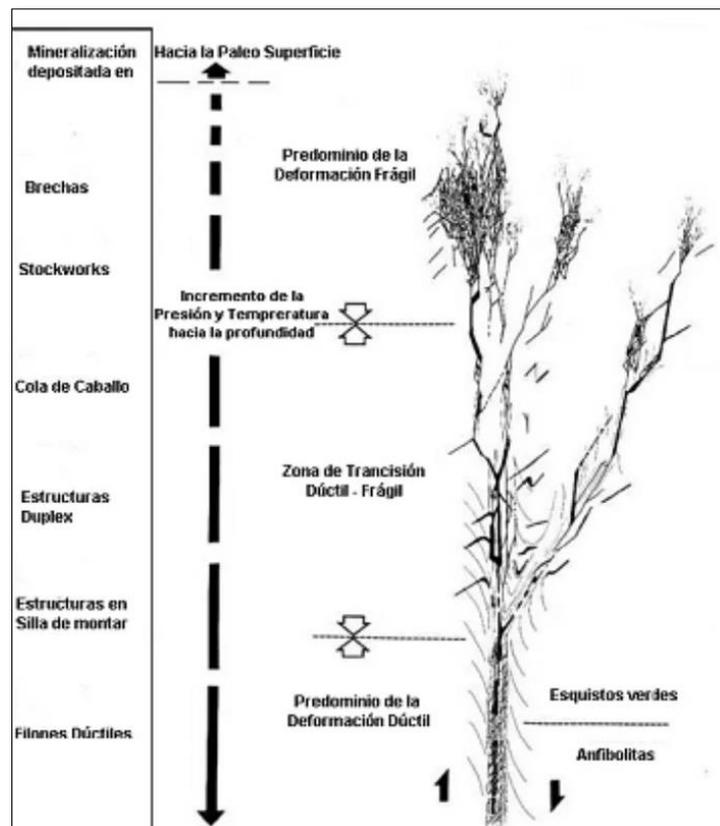


Figura 2. Estilos estructurales relacionados a las condiciones físico-químicas. En Uruguay predominan las zonas de transición frágil – dúctil que se asocian principalmente a los depósitos auríferos. Tomado de Colvine et al. 1988.



Figura 3. Estilo de mineralización del sector oeste de la Isla Cristalina.

En este trabajo, se propone describir los aspectos geológicos y los recursos existentes en la Isla Cristalina (haciendo foco en el sector Este), como así también, hacer un análisis integral socio - económico - ambiental y evaluar la situación actual desde el cierre de la mina.

1.1 Ubicación y vías de acceso

Minas de Corrales se ubica en el departamento de Rivera, en la porción centro-norte de Uruguay a aproximadamente 100 kilómetros al sur de la capital departamental (Fig. 4).

La Isla Cristalina de Rivera cubre aproximadamente 1811 km² y la coordenada (WGS84) del punto central de la Isla es: E: 672103; N: 6493766.

Desde Montevideo se accede por la Ruta Nacional Número 5, recorriendo 440 km en sentido norte hasta llegar al Paraje Manuel Díaz. En este punto se toma la ruta Nacional Número 29 hacia el este. Luego de recorrer aproximadamente 25 km se llega a la localidad de Minas de Corrales.

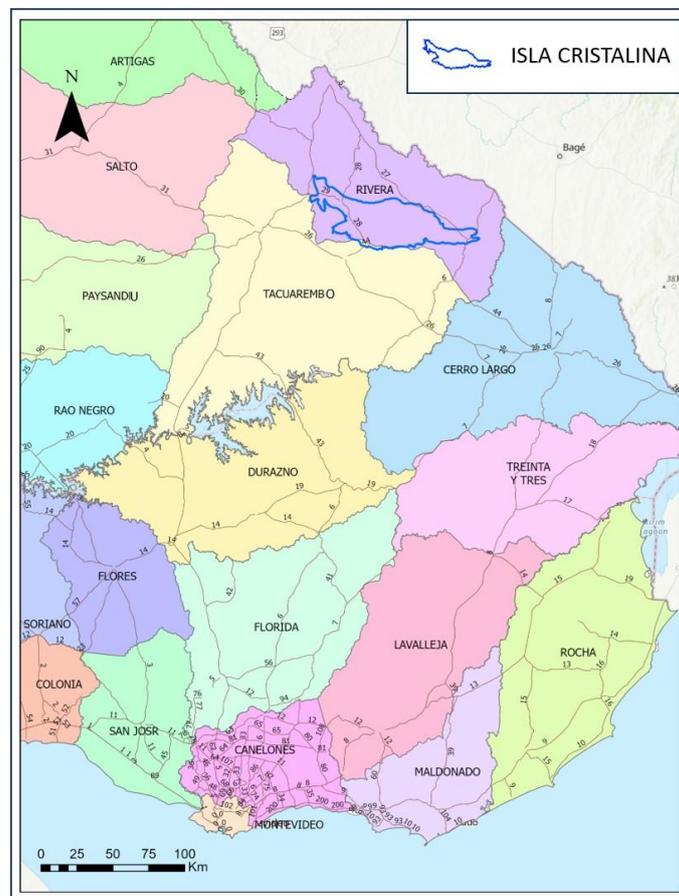


Figura 4. Ubicación y vías de acceso al área de estudio.

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS

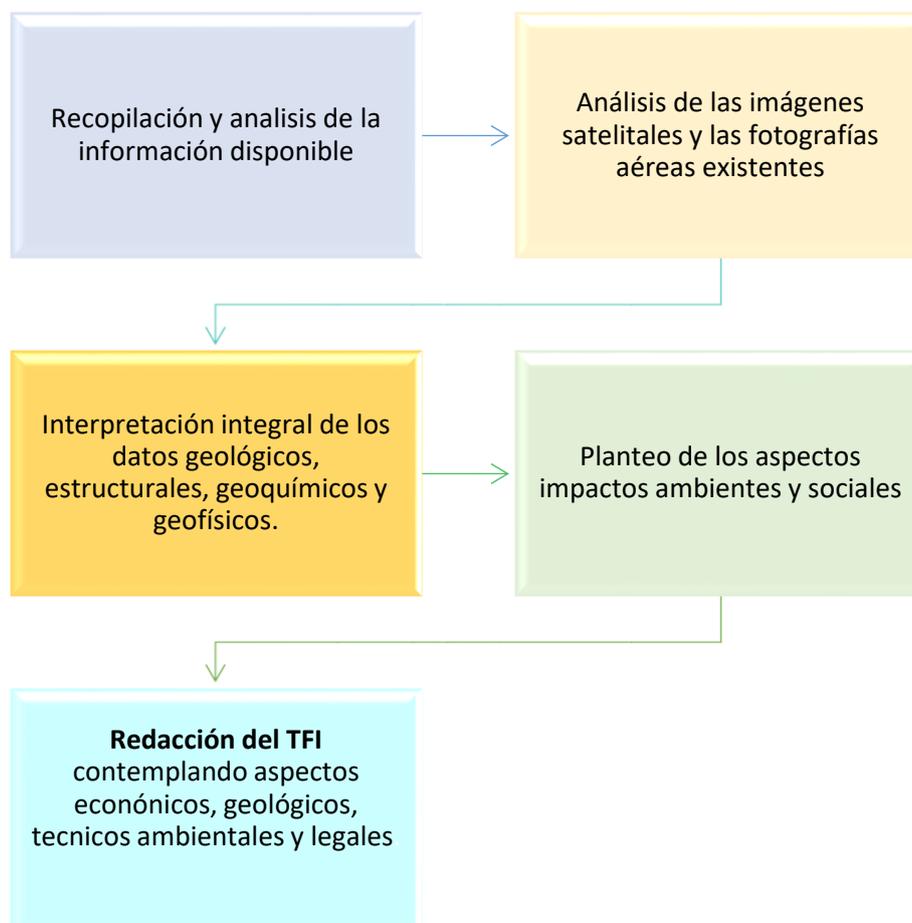
Los objetivos para este trabajo final integrador son:

- Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Especialización en Geología Minera.
- Realizar una revisión bibliográfica
- Analizar y describir de forma integral de la geología de Minas de Corrales en el norte de Uruguay.
- Contribuir al conocimiento de la minería de Uruguay.
- Establecer una metodología de prospección y exploración en las áreas subexploradas.
- Plantear las formas más adecuadas de explotación y tratamiento de la mineralización de Minas de Corrales.
- Considerar los impactos sociales, económicos y ambientales que se potencialmente generará en las comunidades próximas a partir de la presencia de la minería.

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

- Se realizó un análisis exhaustivo de la bibliografía existente incluyendo la revisión de antecedentes históricos de actividad minera en la región.
- Se analizaron las imágenes satelitales y las fotografías aéreas existentes.
- Se realizó una interpretación integral de los datos geológicos, estructurales, geoquímicos y geofísicos.
- Se consideraron los aspectos impactos ambientes y sociales a considerar
- Por último, se redactó un reporte final el cual incluyó la integración de toda la información adquirida y propuesta en los objetivos.
- Se aplicó la experiencia adquirida por más de 10 años de trabajo en la región.

Cuadro 1: Etapas del trabajo



CAPÍTULO 4: ASPECTOS GEOLÓGICOS

4.1 Antecedentes geológicos regionales

Según las investigaciones realizadas por Bossi et al. (1998), el territorio uruguayo se divide en tres unidades tectono-estratigráficas principales: Terreno Piedra Alta (TPA), Terreno Nico Pérez (TNP) y Terreno Cuchilla de Dionisio (TCD). Estas unidades están separadas por dos discontinuidades tectónicas clave: la Zona de Cizalla Sarandí del Yí (ZCSY) y la Zona de Cizalla Sierra Ballena (ZCSB). La ZCSY separa el TPA del TNP, mientras que la ZCSB separa el TNP del TCD. Bossi et al. (2005) plantean la existencia de una cuarta unidad denominada Terreno Tandilia (TT), ubicado al sur del TPA, separado por la Zona de Cizalla Colonia-Pavón y Zona de Cizalla Sarandí del Yí del TNP (Fig. 5).

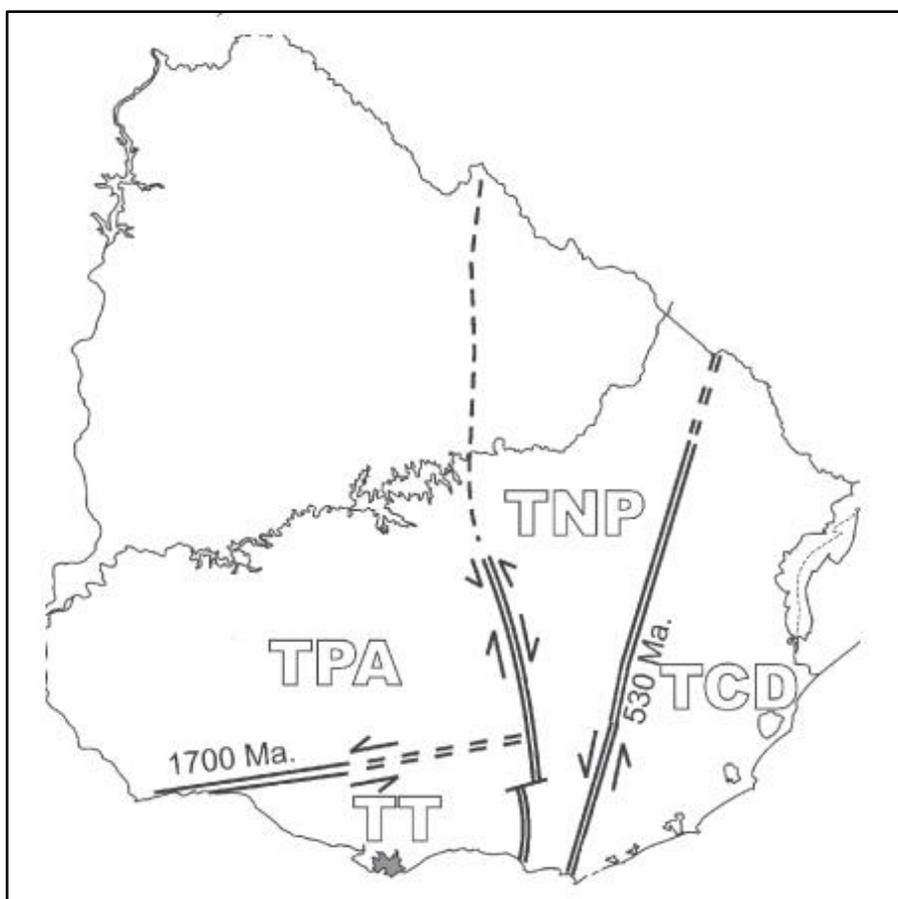


Figura 5. Esquema tectonoestratigráfico propuesto por Bossi et al. (2005).

Sánchez Bettucci et al. (2010) y Oyhantçabal et al. (2009) proponen una clasificación ligeramente diferente (Fig. 6), dividiendo el basamento precámbrico uruguayo en dos unidades tectónicas mayores: los terrenos tectono-estratigráficos Piedra Alta (TTPA) y Nico Pérez (TTNP), parte del Cratón Río de la Plata definido por Almeida et al. (1973). Esto basado en un fuerte contraste en el comportamiento del Terreno Nico Pérez y del Terreno Piedra Alta frente al evento tectonotérmico Brasiliano.

Mientras que el primero sufre un retrabajo intenso, el segundo no muestra evidencias térmicas ni tectónicas neoproterozoicas.

La ZCSY actúa como una barrera geológica importante, separando estos dos terrenos. Esta diferenciación es crucial para entender la complejidad geológica del país y sus implicaciones para la exploración de recursos minerales. La ZCSY puede actuar como un control crítico en la concentración y distribución de recursos minerales en las unidades adyacentes.

El área de interés de este trabajo se encuentra al norte de Uruguay dentro del terreno tectonoestratigráfico Nico Pérez (Fig. 7) en la denominada Isla Cristalina de Rivera (Bossi y Campal 1992).

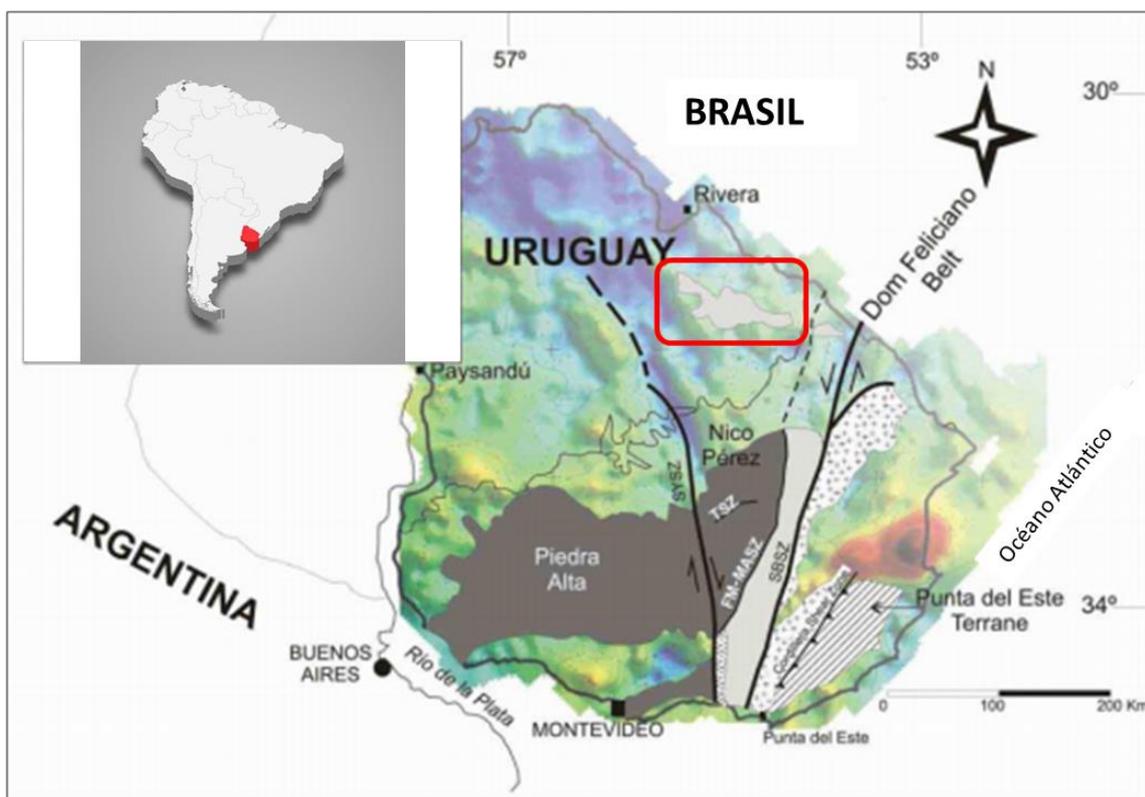


Figura 6. Principales unidades tectónicas del Uruguay – Terrenos tectono-estratigráficos Piedra Alta y Nico Pérez. (Tomado de Sanchez Bertucci et al, 2010b). En rojo se destaca el área de interés.

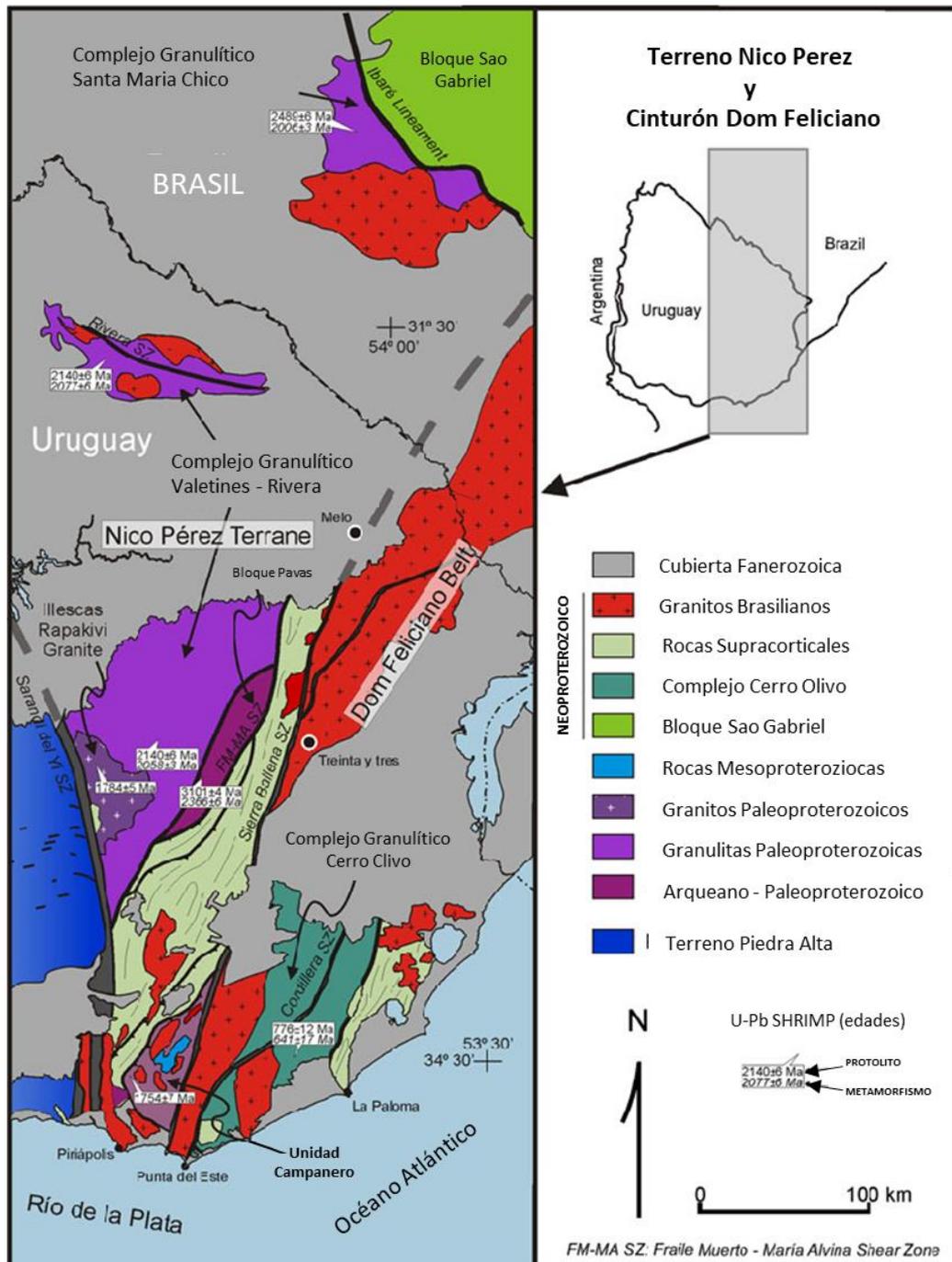


Figura 7: Mapa geológico del Terreno Nico Pérez y continuidad del Cinturón Don Feliciano (tomado de Oyhançabal et al., 2010).

4.2. Marco Geológico Local: Antecedentes de la Isla Cristalina de Rivera

Oyhançabal et al. (2011) definieron la "Isla Cristalina de Rivera" (ICR) como un horst estructural que crea una ventana geológica de rocas precámbricas (basamento) en el noreste de Uruguay. Esta estructura se extiende a lo largo de aproximadamente 110 km y alcanza unos 30 km de ancho en su máxima expresión. Su orientación preferencial es

predominantemente de este a oeste (E-O) a noroeste-sureste (NW-SE). La ICR se encuentra envuelta por depósitos sedimentarios de las edades paleozoicas y mesozoicas que forman parte de la cuenca Norte (Fig. 8). El concepto de "ventana" geológica sugiere que la ICR proporciona una apertura única a las rocas del basamento, permitiendo un acceso directo a capas geológicas más antiguas y preservadas. Dentro de la ICR se destacan las siguientes unidades:

➤ Complejo Granulítico Valentines-Rivera

El basamento fue denominado como Complejo Granulítico Valentines-Rivera. Está compuesto por rocas granulíticas félsicas y máficas, ortogneises y relictos de una secuencia supracortical de plataforma (Fm Vichadero) incluyendo los Bifs, rocas félsicas piroxeníticas, micaesquistos y excepcionalmente mármoles forsteríticos.

Los ortogneises granulíticos félsicos presentan composiciones calcoalcalinas ricos en K, que son compatibles con un magmatismo de arco. La paragénesis observada sugiere un pico metamórfico a presiones en el entorno de los 6 a 9 Kbar y temperaturas del rango de los 800 C° (Oyhantçabal et al., 2010).

➤ Formación Minas de Corrales: Sucesión supracrustal Neoproterozoica (Preciozzi et al., 1985)

Cazaux (2009) definió una sucesión metasedimentaria de bajo grado metamórfico alcanzando facies esquistos verdes. Incluye areniscas finas a medias, siltitos laminados con intercalaciones de pelitas y areniscas muy finas, calizas, rocas volcánicas ácidas y conglomerados. Gaucher et al., (2000) correlacionaron a esta secuencia silicilástica con la Formación Yerbal y por su contenido fosilífero la ubican estratigráficamente en el Vendiano-Cámbrico.

➤ Zona de Cizalla Rivera

La Zona de Cizalla Rivera atraviesa toda la Isla Cristalina con una dirección principal casi E-W. Es observable durante una longitud de al menos 100 Km y posee un ancho de 1 a 2 Km. En general el sentido de desplazamiento es sinistral.

A lo largo de este sistema de cizallamiento el basamento exhibe deformación tanto frágil como dúctil, siendo esta última predominante, presentando texturas alineadas, foliadas y protomiloníticas. La foliación producto de la milonitización presenta una dirección principal NWW-ESE subvertical y el plunge de la lineación muestra una orientación ESE. Esto evidencia que esta cizalla es producto de deformación transpresional. (Oyhantçabal et al. 2012)

La edad propuesta por Oyhantçabal et al. (2012) obtenida por los métodos K-Ar en muscovita y U-Th-Pb en Monacita es 606 ± 10 Ma confirmando una edad Neoproterozoica. La figura 8 muestra la unidad de rocas intermedias milonitizada en zona de cizalla, tomado de Furtado (2014).



Figura 8. Unidad Rocas Intermedias milonitizada en zona de cizalla. Tomado de Furtado (2014).

➤ Granitos Neoproterozoicos y diques subvolcanicos

El granito Las Flores es un Plutón sub-circular emplazado en los gnéises-granulíticos de la Isla Cristalina. Preciozzi et al. (1985) en la memoria de la Carta Geológica del Uruguay lo describen como un macizo homogéneo constituido por un granito biotítico de color rosado.

El Granito Sobresaliente texturalmente es un granito de grano grueso equigranular, con fenocristales de feldespato potásico, clorita intersticial producto de alteración y magnetita primaria (3 a 5%). Su coloración varía del rosado pálido al verde oscuro con moteados rosados. Localmente este granito puede desarrollar una facies de grano más fino y más leucocrático, el cual representaría un evento tardío dentro de la misma intrusión brasiliana.

Las edades propuestas por Oyhantçabal et al. (2012) para estos granitos, mediante análisis geocronológicos (U-Pb SHRIMP en zircón) son de 586.1 ± 2.7 Ma para el Granito Las Flores y 585 ± 2.5 Ma para el Granito Sobresaliente.

El basamento, a su vez, está atravesado por diques andesíticos y traquíticos que muestran textura porfirítica (Cazaux 2009; Hüttenrauch 2010). Se asume una edad neoproterozoica para estos diques, debido a la correlación litológica con la Formación Acampamento Velho del sur de Brasil (Wildner et al. 2002), y la Formación Sierra de Ríos y el Complejo Sierra de las Ánimas de Uruguay (Bossi et al. 1993; Oyhantçabal et al. 2007). La figura 9 muestra el mapa geológico con las principales unidades geológicas y la nueva información geocronológica de la Isla Cristalina de Rivera, tomado de Oyhantçabal et al. (2012).

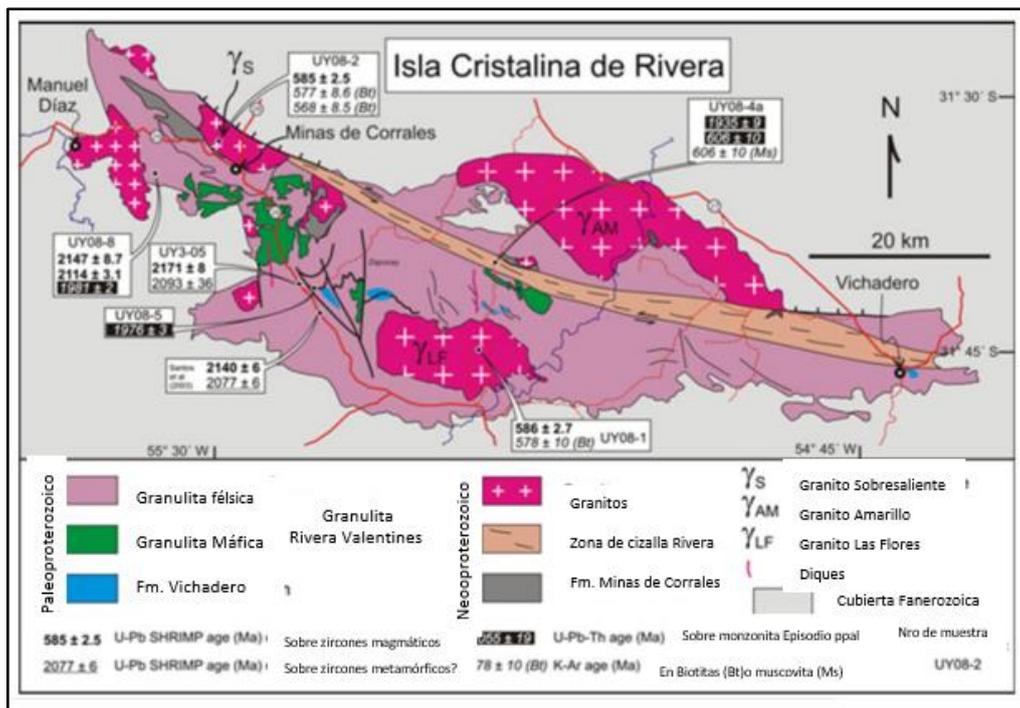


Figura 9. Mapa Geológico de la Isla Cristalina de Rivera mostrando las principales unidades geológicas y la nueva información geocronológica, tomado de Oyhantçabal et al. (2012)

4.3. Marco Geológico Estructural

Masquelin (1993, 1998) destacó la relevante orientación E-W de las estructuras de deformación en la Isla Cristalina de Rivera (ICR) y en la región cratónica de Uruguay. Quadros et al. (1995), al investigar la Mina San Gregorio (sector W de la isla), identificaron las estructuras principales con orientación WNW y NW. Además, señalaron dos conjuntos secundarios con orientaciones en los azimuts 330° - 360° (NNW) y 010° - 040° (NE). El análisis estructural revela un carácter transcurrente dextral para las estructuras ONO y NNO, y transcurrente sinistral para la estructura NE. Se evidencian al menos dos fases de deformación: 1) la Fase D1, predominante en toda la ICR, genera estructuras WNW y áreas de transtracción; 2) la Fase D2 produce estructuras NNO y NE, desplazando y rotando las de la Fase D1. Las zonas de cizallamiento formadas en la Fase D1 atraviesan la ICR, constituyendo el Sistema de cizallamiento Rivera.

Aboy (2016) realizó la vectorización de los lineamientos digitalizados en una imagen radar y sobre imágenes satelitales Google-Earth (Figs. 10 y 11). A partir del conteo e integración de la información se determinó estadísticamente que la dirección principal de fracturación es E-O tanto a nivel de afloramiento como en las imágenes y NE -SO, N-S y NO-SE (secundarias).

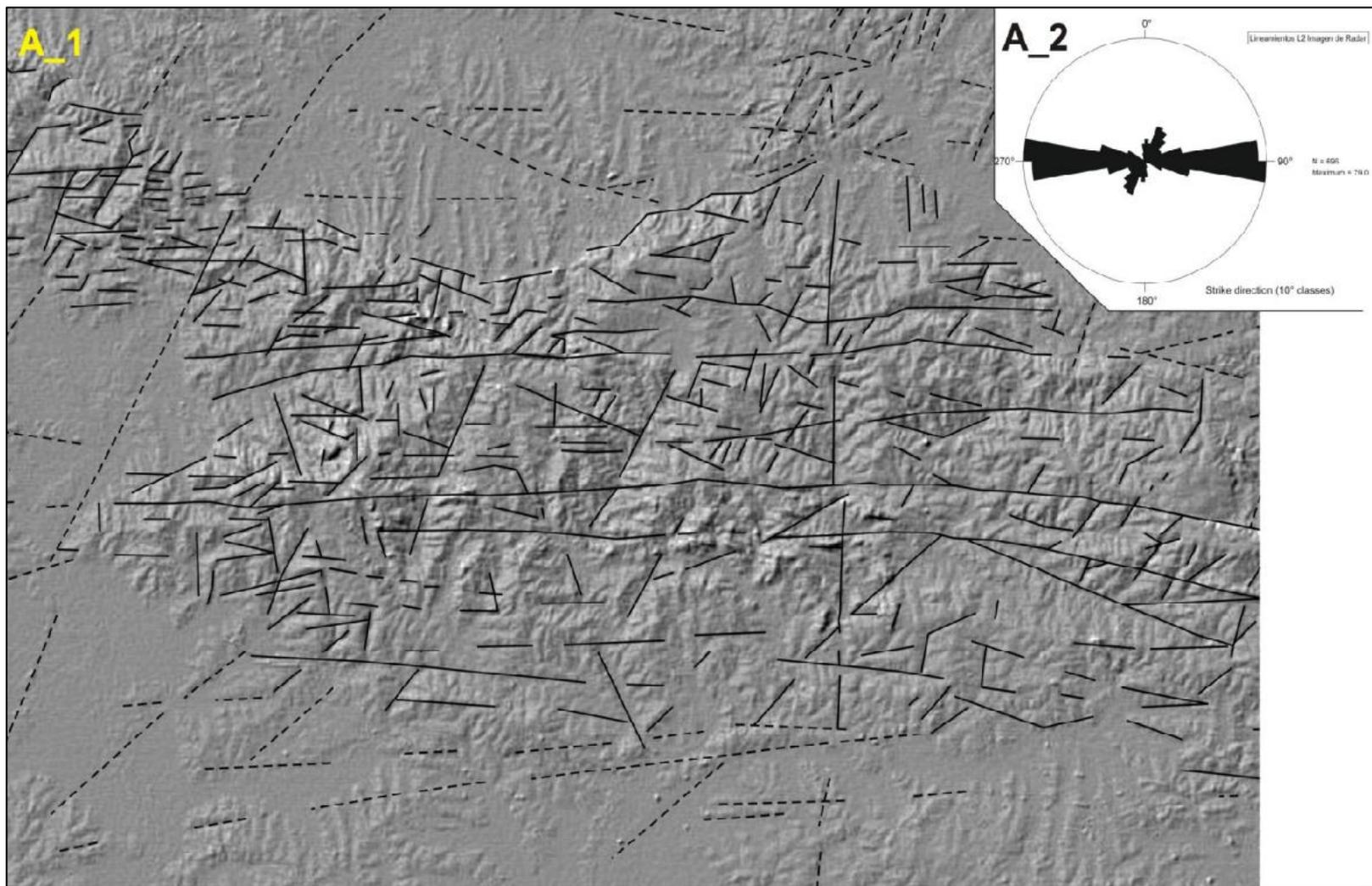


Figura 10. Imagen de radar con los lineamientos registrados. Tomado de Aboy (2016).

Por otro lado, Quadros (2002) destacó y dividió la existencia de dos sectores estructurales principales en la Isla Cristalina de Rivera (ICR): el Sector Oeste y el Sector Este que están separados de manera gradual.

El Sector Oeste, centrado alrededor de la Mina San Gregorio, alberga la mayoría de las ocurrencias minerales de la ICR descubiertas hasta el momento y está dominado por granitoides, principalmente granodioritas, y monzonitas atravesadas por el Sistema de Cizallamiento Rivera. Estos granitoides fueron alojados antes de la transcurrencia y muestran diversas estructuras, desde clivajes de fractura hasta una leve foliación. Además de los granitoides, se encuentran metasedimentitas y mármoles, separados por fallas y destacan los cuerpos lenticulares con magnetita y cuarzo. Dentro de las zonas de cizallamiento, se hallan granitoides más diferenciados y dioritas (de coloración gris a verde oscuro y de textura tipo sal/pimienta) deformadas e hidrotermalizadas. Las porciones más deformadas exhiben una alteración hidrotermal variable, caracterizada por sericitización, carbonatación, cloritización, oxidación y silicificación. En este sector, la estructuración ocurrió en niveles crustales más superficiales, con deformación frágil y presiones y temperaturas equivalentes a facies esquistos verdes (Fig.12). Las zonas de cizallamiento formaron dilataciones, que canalizaron los fluidos y dieron inicio a procesos de alteración hidrotermal y mineralización con minerales como cuarzo, epidota, clorita, sericita, óxidos, sulfuros y oro.

El Sector Este, en contraste con el Oeste, exhibe una mayor diversidad litológica, siendo predominantemente conformado por rocas del Complejo granulítico antes descrito. Este sector presenta granito-gneisses, milonitas-granitos, y escasos metasedimentos. Las rocas evidencian características metamórficas asociadas a las facies anfibolita y granulita, además de ser afectadas por intrusiones de riolitas, dacitas y pequeños *stocks* de dioritas, monzonitas y granitos, posiblemente vinculados al Ciclo Brasileño. En este sector, en comparación con el Oeste, presenta una zona de cizallamiento que mantiene la continuidad, pero con características geométricas distintas. Mientras que en el Oeste las zonas de cizallamiento son ramificadas y desarrollan inflexiones transtractivas (extensión) en sentido horario, donde se aloja las principales mineralizaciones auríferas, el este exhibe características más frágiles/dúctil con las zonas de cizallamiento más rectilíneas y cuentan con un menor número de inflexiones transtractivas, es decir no se desarrollan muchas zonas de apertura. La deformación es más dúctil que en el oeste, lo que sugiere un nivel crustal más profundo con condiciones de facies anfibolitas y, en algunas áreas, facies granulitas (Fig.12).

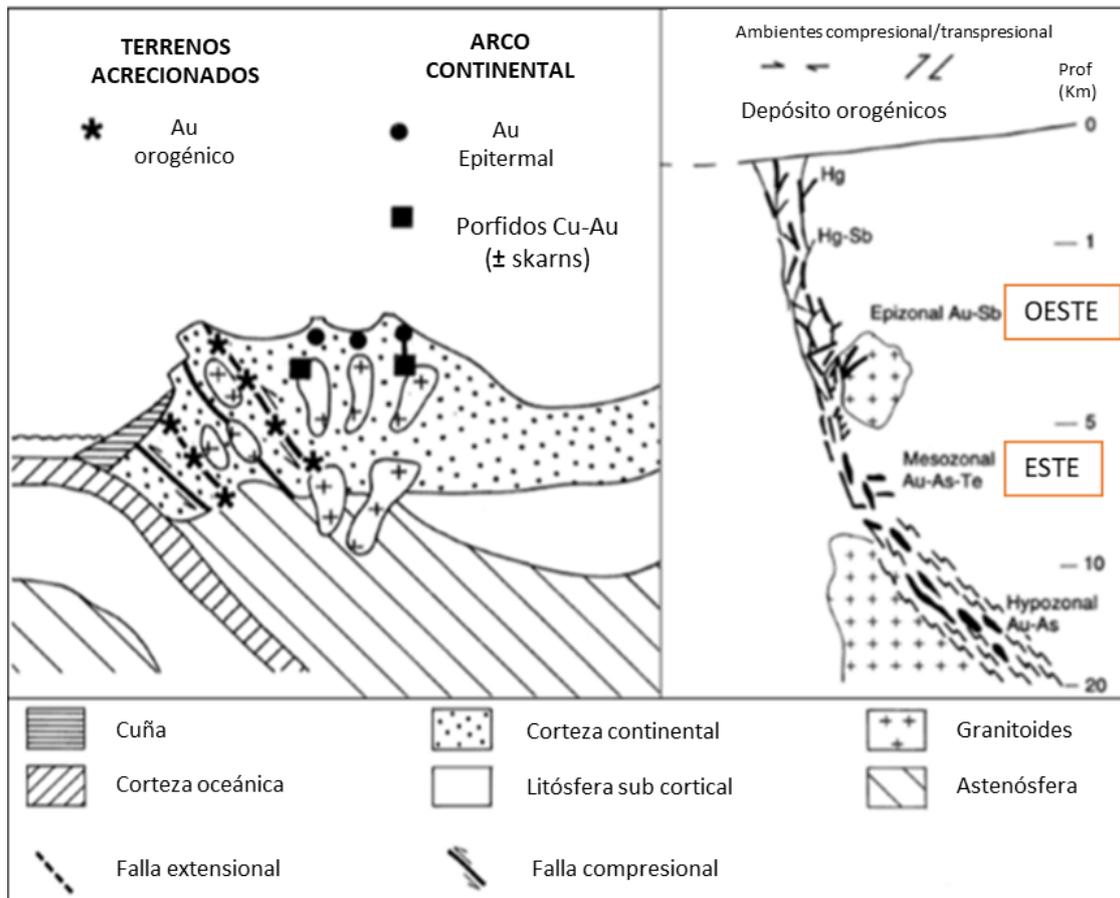


Figura 12. Marco tectónico de depósitos epigenéticos de oro de acuerdo a Groves et al. (2003)

CAPÍTULO 5: LA MINERALIZACIÓN DE LA ISLA CRISTALINA DE RIVERA- ANÁLISIS DE LOS DATOS

5.1 Aspectos genéticos de la mineralización

La mineralización en la ICR se vincula a depósitos de oro de naturaleza orogénica (Fig. 13), comúnmente conocidos como depósitos auríferos asociados a rocas metamórficas antiguas, *Mother Lode*, y/o oro en zonas de cizalla. Estos depósitos específicos han sido objeto de estudios exhaustivos por parte de investigadores destacados, entre ellos Groves et al. (1998) y Goldfarb et al. (1998, 2001) entre otros. Generalmente, se encuentran asociados a cinturones metamórficos intensamente deformados, variando en su grado metamórfico, los más estudiados corresponden a facies de esquistos verdes, de ahí deriva su nombre *Greenstone belts*.

En términos generales, se clasifican como depósitos epigenéticos (Fig. 14), ya que se formaron, en este caso, en rocas paleoproterozoicas durante la orogenia Brasiliana, un periodo caracterizado por procesos colisionales que resultaron en un engrosamiento cortical significativo. Durante esta fase, los procesos metamórficos, como la desvolatilización o la fusión parcial, generaron fluidos que circulaban a través de zonas de fallas profundas. La recurrencia de este proceso de circulación de fluidos acuosos a elevadas temperaturas induce una reacción química entre la roca encajante y el fluido. En particular, en las zonas de descenso de presión, predominantemente en el nivel de transición frágil-dúctil de la corteza terrestre, se produce la deposición de oro, como señala Furtado (2014). Este fenómeno resalta la importancia de la dinámica de los fluidos y los procesos metamórficos en la formación de depósitos auríferos en el contexto de la orogenia Brasiliana en rocas paleoproterozoicas.

Un atributo particular de los distritos de oro en *Greenstone* prolíficos es la presencia de varios estilos de mineralización. Los depósitos de oro en vetas de cuarzo-carbonatos son comunes, pero aparecen acompañados por manifestaciones de oro diseminada tipo stockwork, vetas ricas en sulfuros y lentes de sulfuros masivos ricos en oro.

La composición de la roca de caja influye significativa en la formación de los depósitos, ya sea en términos del ambiente tectónico y la reactividad química o permeabilidad. Las rocas más favorables desde el punto de vista químico son aquellas ricas en hierro, lo cual favorece la formación de sulfuros y junto con ello la deposición del oro. Estas incluyen rocas ígneas máficas ricas en hierro como basaltos toleíticos, sills de doleritas/gabros y sills de doleritas ricas en hierro (granofíricas), sedimentitas ricas

en hierro y Formaciones de hierro bandeado (BIF), incluidas facies carbonatadas y silíceas, y zonas de alteración pre-existentes ricas en hierro (Robert et al., 2005).

De acuerdo a Robert et al (2005), ocurrencias y pequeños depósitos de oro pueden ocurrir en cualquier parte de un Greenstone Belt. Sin embargo, los depósitos significativos están restringidos a corredores estructurales bien identificados, los cuales efectivamente definen franjas minerales que siguen y se superponen con estructuras de escala cortical.

5.1 Geoquímica de la ICR y la prospección mineral

El análisis geoquímico es una herramienta analítica crucial que permite comprender la historia geológica y proporciona claves para la prospección de recursos minerales. Este análisis, en conjunto con la interpretación geológica y la geofísica, revelan oportunidades de nuevos descubrimientos.

En la ICR se realizaron diversos trabajos geológicos, tanto académicos como privados. Parte de esta información es pública y de acceso libre. En general, los trabajos se enfocaron en el oeste de la ICR debido a que en esta área se localizaba la planta de procesamiento mineral, dejando el sector Este de la isla subexplorada con grandes posibilidades de tener nuevos descubrimientos.

El Cuadro 2 muestra la información obtenida en los últimos 30 años.

Cuadro 2. Trabajos realizados en la ICR.



La figura 13 muestra el contorno de la ICR con algunos de los trabajos realizados mencionados en la Cuadro 2. La convergencia de la información geológica, geoquímica y geofísica se erige como un paradigma indispensable. La correlación de estos elementos disminuye las incertidumbres y potencia la capacidad predictiva y descriptiva del subsuelo en términos de potenciales descubrimientos.

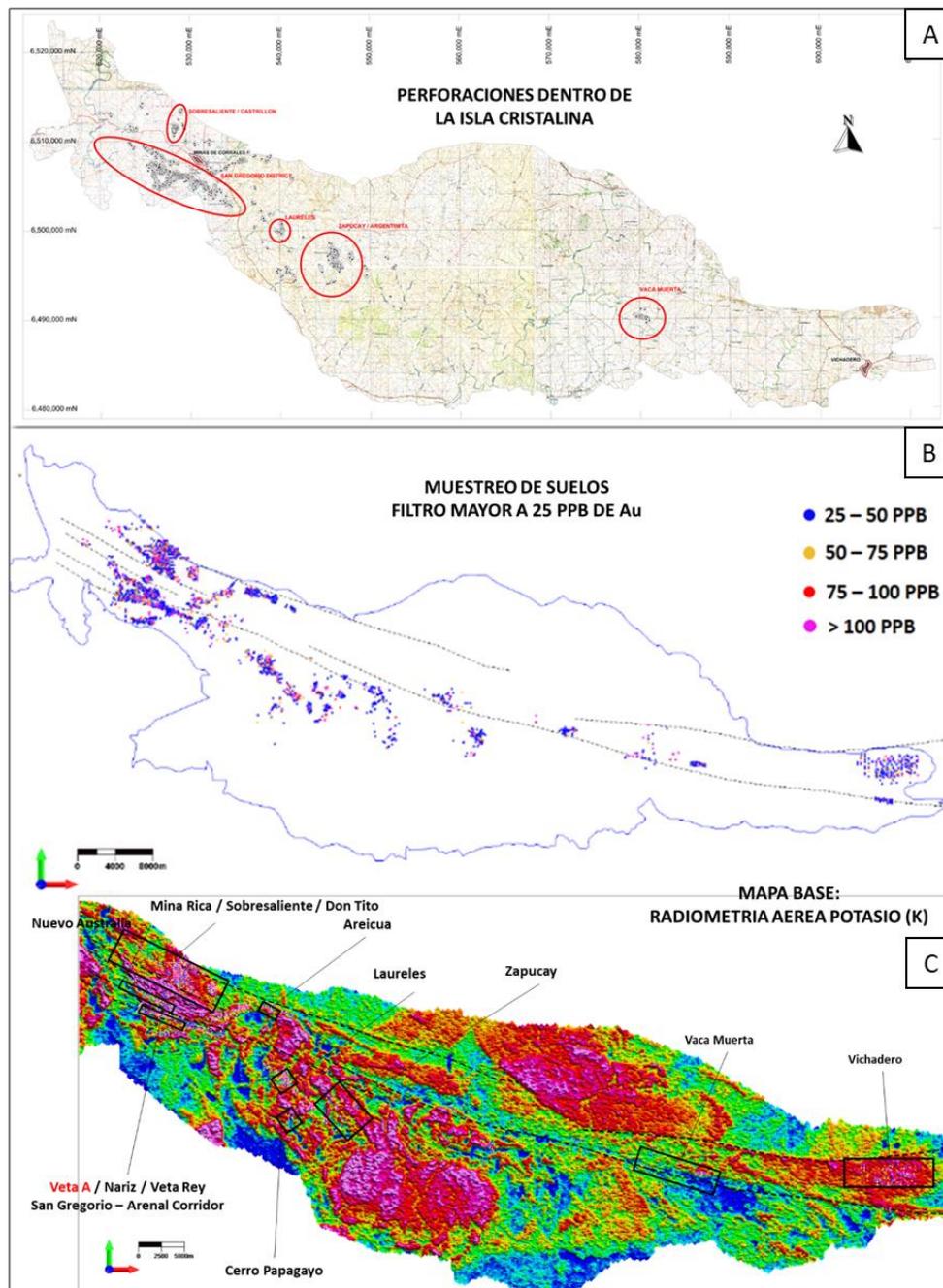


Figura 13. Contorno de la Isla Cristalina con los diferentes trabajos realizados. Superior, perforaciones realizadas en la Isla Cristalina; medio, muestreo de suelos realizados en la ICR (filtro mayor a 25 ppb); inferior, radiometría aérea de potasio con los principales targets dentro de la Isla Cristalina.

5.2.1 Muestreo geoquímico regional

Durante los años 2009 – 2010 la empresa Orosur Mining (OMI) realizó una campaña regional de sedimentos de corriente (Fig. 14) sobre la isla cristalina con el fin de determinar nuevos blancos de exploración más allá de los depósitos conocidos hasta ese momento. En total se tomaron 4298 muestras (Rossini, 2010).

Para analizar los resultados OMI realizó una homogeneización de los datos, es decir todo valor por debajo del límite de detección o con valores negativos se igualaron a cero. También se excluyeron a fines estadísticos los resultados del sector Oeste cercanos a la mina en producción ya que generaban un fuerte ruido en el conjunto y no permitían un análisis estadístico coherente.

En la Cuadro 3 se observan los parámetros obtenidos de la estadística descriptiva:

Cuadro 3. Estadística descriptiva.

Parámetros	Valor
Número de muestras	4298
Mínimo (ppb)	0
Máximo (ppb)	1934.7
Media (ppb)	13.995
Desviación estándar (ppb)	79.84
Error estándar (ppb)	1.218
Skewness (ppb)	13.69
Curtosis (ppb)	249.1

Estos parámetros indican que la distribución es log-normal con asimetría positiva, con la mayoría de los datos (91%) por debajo de los límites de detección y un valor máximo extremo de 1934,7 ppb.

El umbral, para este conjunto de datos se calculó con la suma del promedio + 2*desviación estándar (Std Dev) = 173,65 ppb.

De acuerdo con Rossini (2010), los valores obtenidos son acordes mencionados en la bibliografía: valores de fondo de 1 a 20 ppb y valores de anomalía geoquímica regional variables de 100-200 ppb. Rossini (2010) utilizó esta información y agregó la topografía de la Isla Cristalina de Rivera (DTM), integrándose así, al análisis de las anomalías puntuales halladas y sus características 3D. En la figura 15 se presenta la superficie Au ppb hallada, así como los contornos exactos de pasaje del umbral anómalo y la nomenclatura de las anomalías geoquímicas. Como se observa, se reconocieron 14 targets que no han sido explorados en profundidad (principalmente al Este de la ICR). Solo en algunos casos se realizaron campañas de reconocimiento geológico, suelos y *rock chip*.

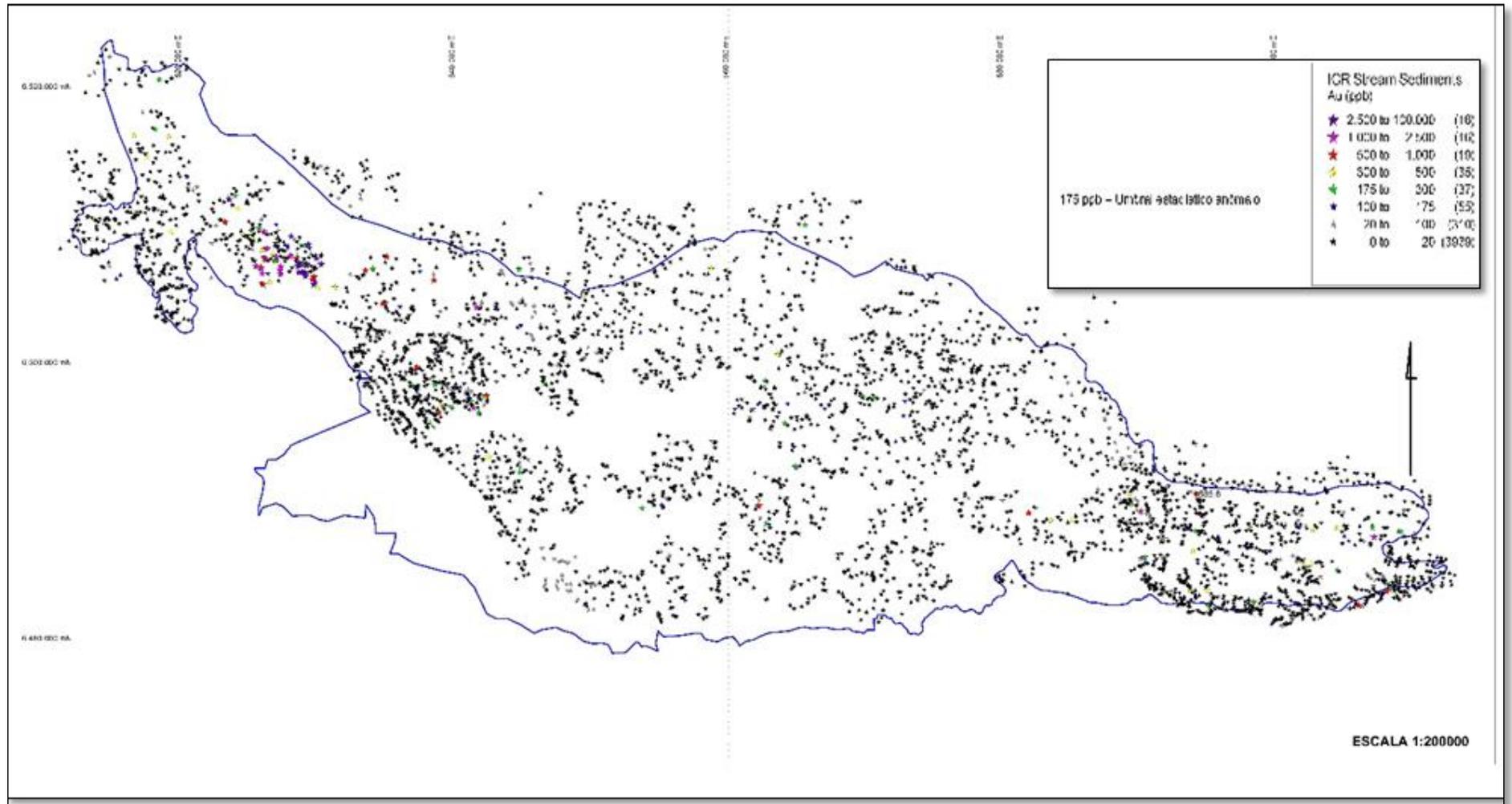


Figura 14. Campaña regional de muestreo de sedimentos.

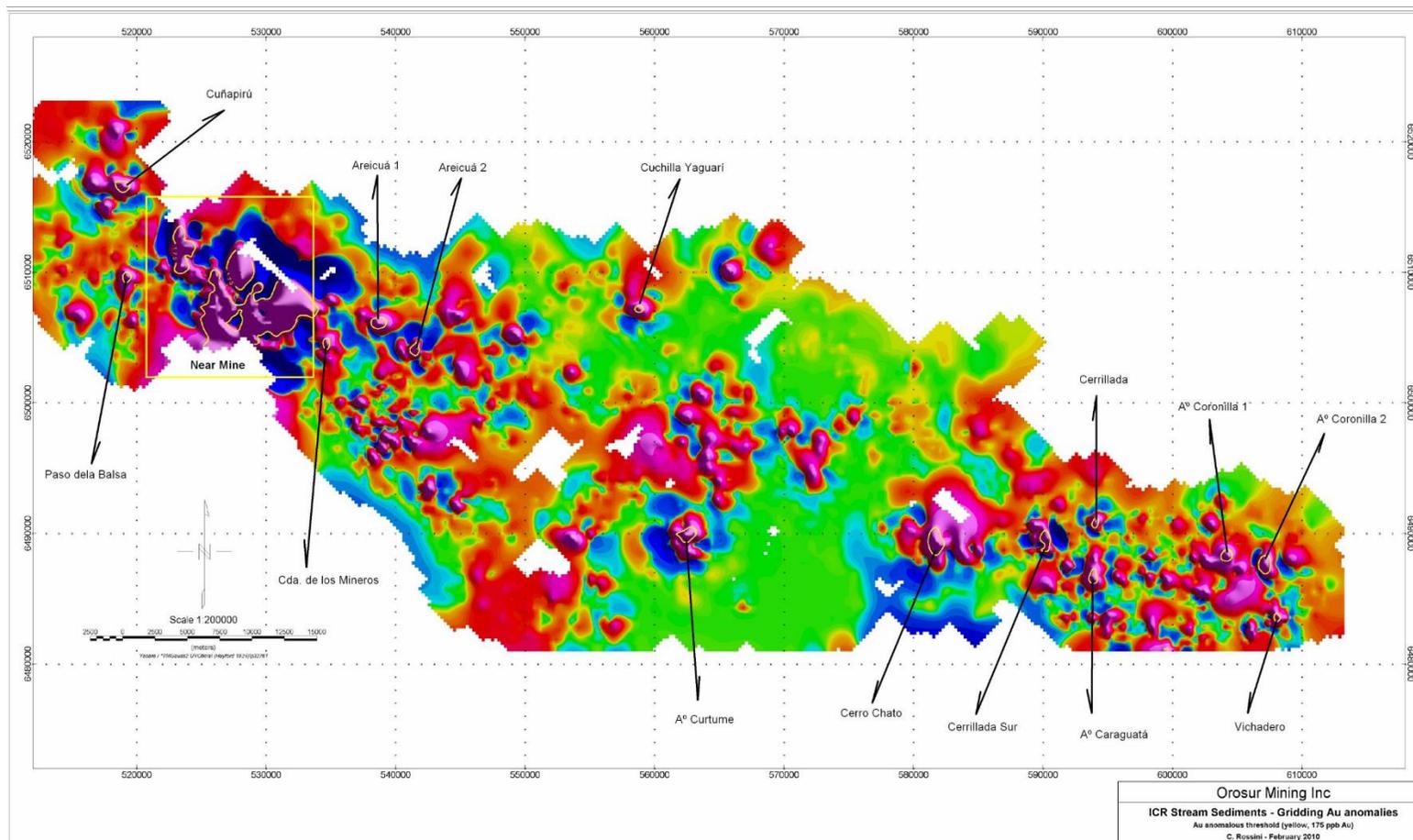


Figura 15. Superficie Au (ppb) y targets definidos a partir del análisis de las muestras de sedimento de corriente. Tomado de Rossini (2010)

En la figura 17 se observa en detalle parte del sector este de la ICR. Las distribuciones de las anomalías geoquímicas (sedimentos, suelos y rocas) están alojadas dentro de la zona de cizalla de Rivera en estructuras frágiles transtensionales que muestran la complejidad y la deformación existente en la zona Este de la isla. Cabe destacar que de estos targets en el este de la isla solo Vaca Muerta fue desarrollado y producido por la compañía (+/-13K onzas de oro). Este hecho motiva a continuar con la prospección y exploración en este lado de la isla.

En este Trabajo Final Integrador se analizaron los targets del este de la Isla Cristalina.

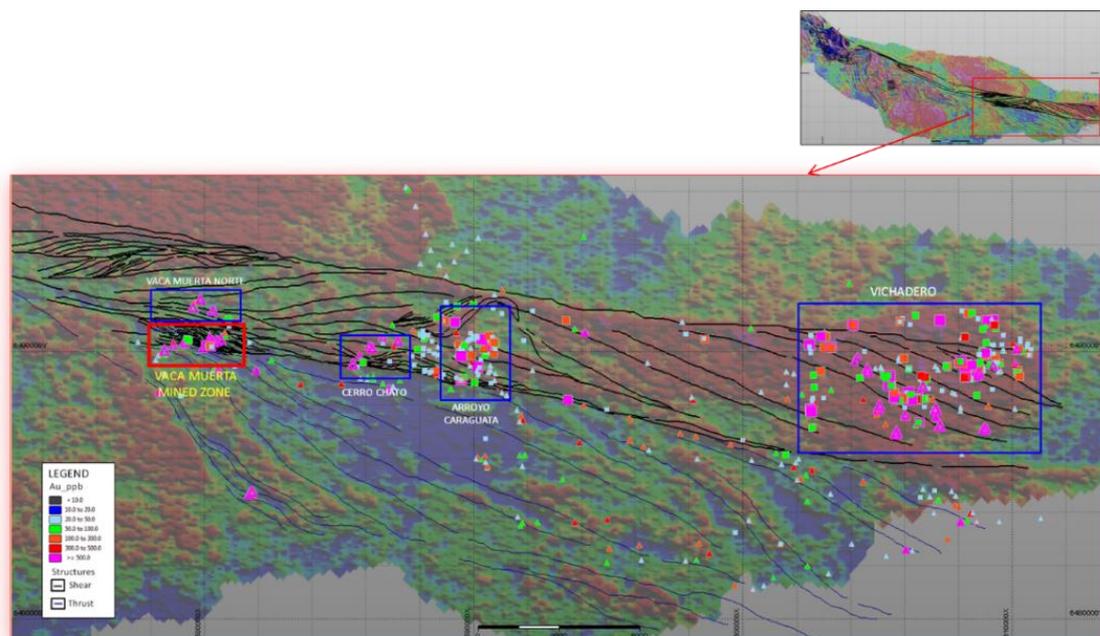


Figura 17. Imagen radiométrica de potasio del sector este de la ICR. Se destacan las anomalías principales y las estructuras transtensionales dentro de la zona de cizalla.

CAPÍTULO 6: ÁREAS POTENCIALES EN LA ICR ESTE TRABAJOS EXPLORATORIOS PROPUESTOS

Con base en la información disponible, este TFI se enfocó en la región Este de la ICR (Fig. 18) con el objetivo de identificar nuevos targets para futuros proyectos de exploración profunda.

Cazaux (2011), en un reporte interno de la compañía realiza un análisis exhaustivo del potencial del este de la ICR.

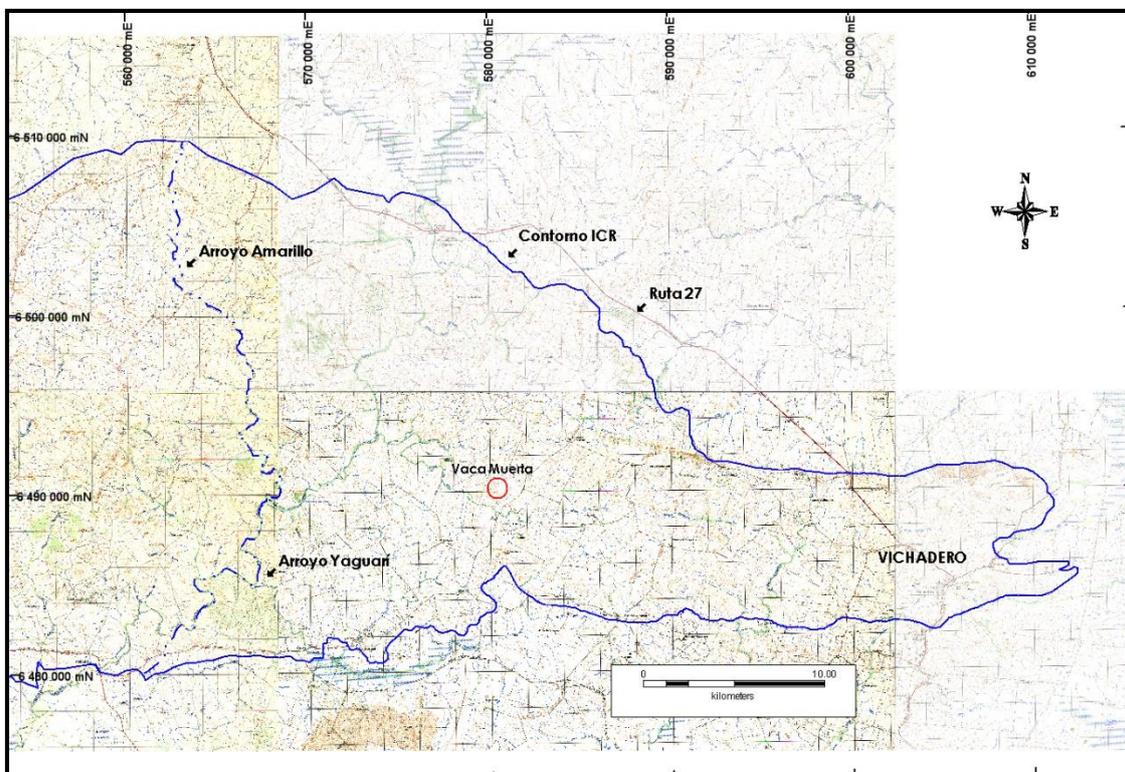


Figura 18. Ubicación geográfica del área analizada.

Los trabajos exploratorios regionales en este sector de la Isla Cristalina incluyeron:

- Campañas de muestreos de superficie: stream sediments, blog, concentrado de batea, muestreo de rocas y muestreo de suelos.
- Geofísica: magnetometría y radiometría.
- Michael Baker (2006): fotointerpretación de la Isla Cristalina.
- Rod Holcombe (2008): evaluación estructural de la Isla Cristalina.

- Carlos Rossini (2010): Isla Cristalina de Rivera - Análisis de anomalías de Stream Sediments.

Del análisis de la información existente, el rasgo estructural más destacado en la zona es el cizallamiento regional transcurrente frágil/dúctil de dirección ONO-ESE (Zona de Cizalla de Rivera (ZCR)), que como se mencionó anteriormente afectó a toda la ICR. Además, existe un conjunto de fallas discontinuas y anastomosadas que, al interconectarse, forman figuras sigmoidales de dirección N300-330. Este sistema se ve influenciado por la ZCR, que genera estas formas sigmoidales debido a la rotación.

La convergencia de estos dos sistemas estructurales hace que esta área sea de gran interés para la exploración. Un ejemplo notable es el proyecto antes mencionado, Vaca Muerta (mina ya producida), donde ambos sistemas de fallas convergen en la parte sur de la ZCR (Fig. 19).

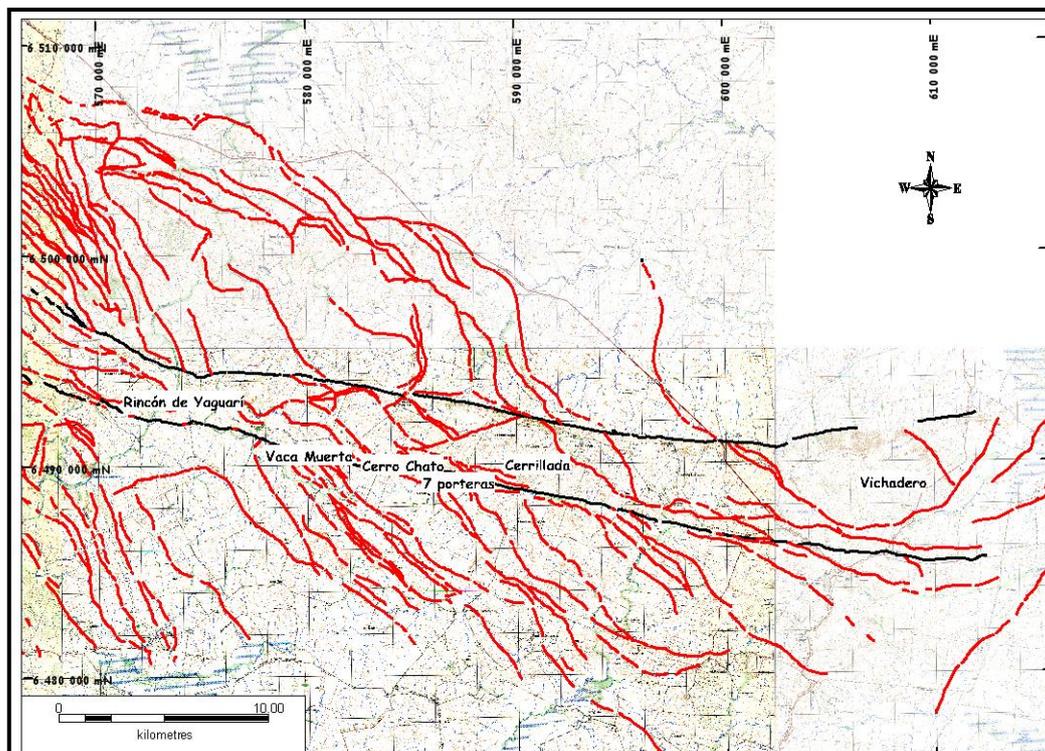


Figura 19. Sistemas de fallas sigmoidales (en rojo) y ZCR (en negro). Interpretación de Baker (2006).

Localmente se realizaron los siguientes trabajos de prospección en distintos proyectos que se describen a continuación:

- Vichadero: mapeo de afloramientos y muestreos de rocas, suelos, canaletas y trincheras
- 7 porteras: muestreos de suelos y rocas
- Cerro Chato: muestreos de suelos, canaletas y rocas.

- Rincón de Yaguará: muestreos de suelos.
- La Cerrillada: muestreos de rocas.

- **Proyecto Vichadero**

El proyecto Vichadero abarca 3 targets principales: Vichadero, Campo Militar y Cerros Blancos (Figs.20 y 21).

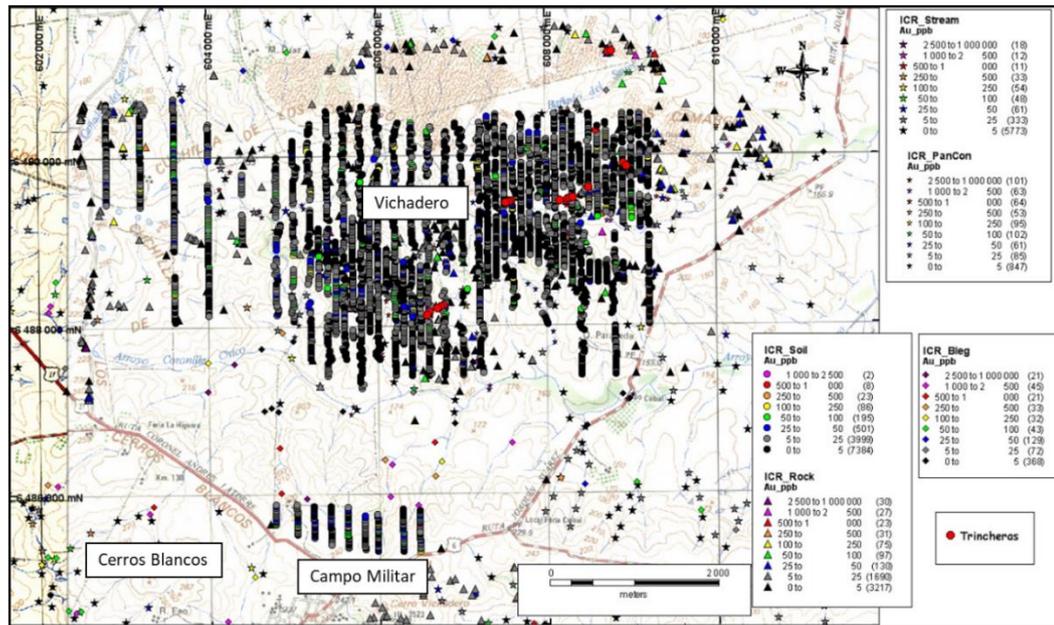


Figura 20. Trabajos de detalle realizados en el proyecto Vichadero. Tomado de Cazaux (2011).

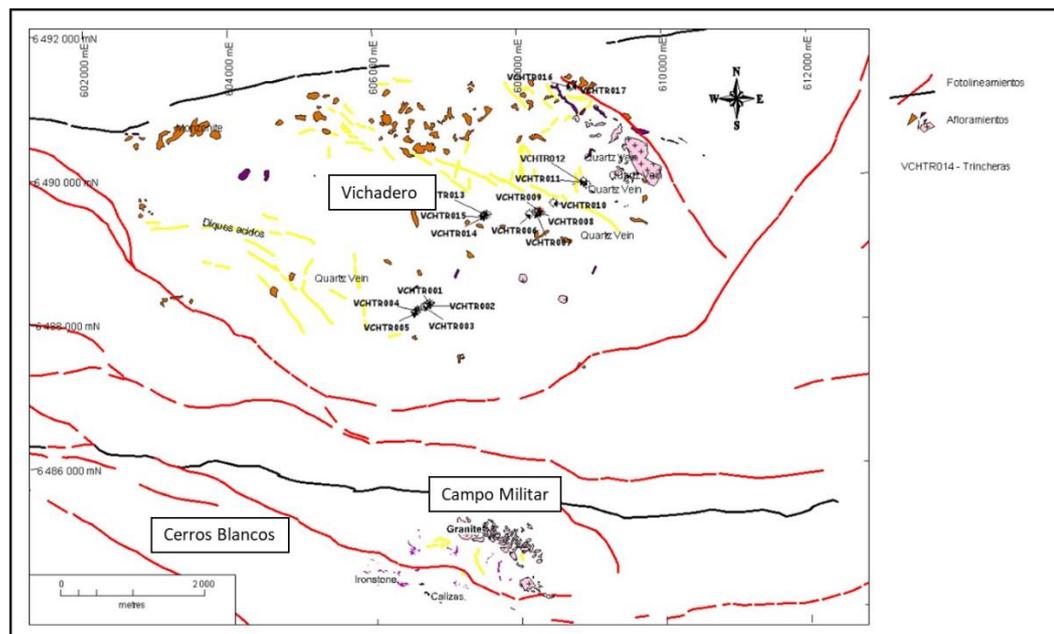


Figura 21. Vichadero: Ubicación de las trincheras realizadas sobre mapa de afloramientos.

• **Vichadero:** Los trabajos geológicos preliminares han permitido establecer la existencia de estructuras favorables como vetas de cuarzo y zonas de fallas para el emplazamiento de mineralización aurífera. Se realizaron trincheras donde se detectaron importantes anomalías de oro (por encima de 100 ppb).

Actividades a desarrollar:

Es necesario realizar un reconocimiento geológico general (mapeo de detalle 1:5000) de la zona para determinar la localización y profundidad de perforaciones en este sector, principalmente en las áreas donde las trincheras dieron muestras anómalas (Fig. 22).

Posteriormente se sugiere la realización de perforaciones por circulación a aire reverso para definir en profundidad la continuidad de las anomalías encontradas en superficie. La realización de un número acotado de perforaciones permitirá comprender los controles estructurales existentes y comprobar la presencia de alteraciones hidrotermales.

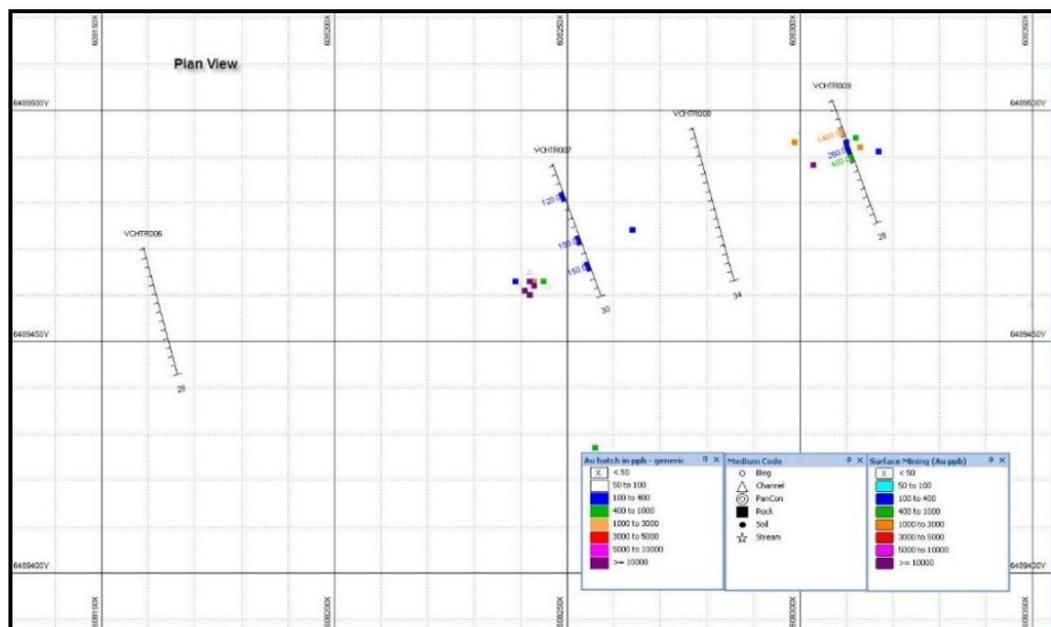


Figura 22. Ubicación de las muestras mineralizadas en trincheras 7 y 9.

• **Campo Militar:** Son escasos los trabajos de detalles que se han realizado en esta zona a excepción de una malla de suelos y muestras de sedimentos. Desde el punto de vista geológico regional la zona se encuentra en el contacto entre dos unidades geológicas diferentes: Monzonita de Vichadero y el basamento granítico-gnéisico deformado. Por otro lado, se infiere que este target está en la zona de confluencia de una falla transcurrente (ZCR) con otro sistema de fallas transtensional con dirección N300-330, donde la mineralización podría estar alojada (Fig. 23).

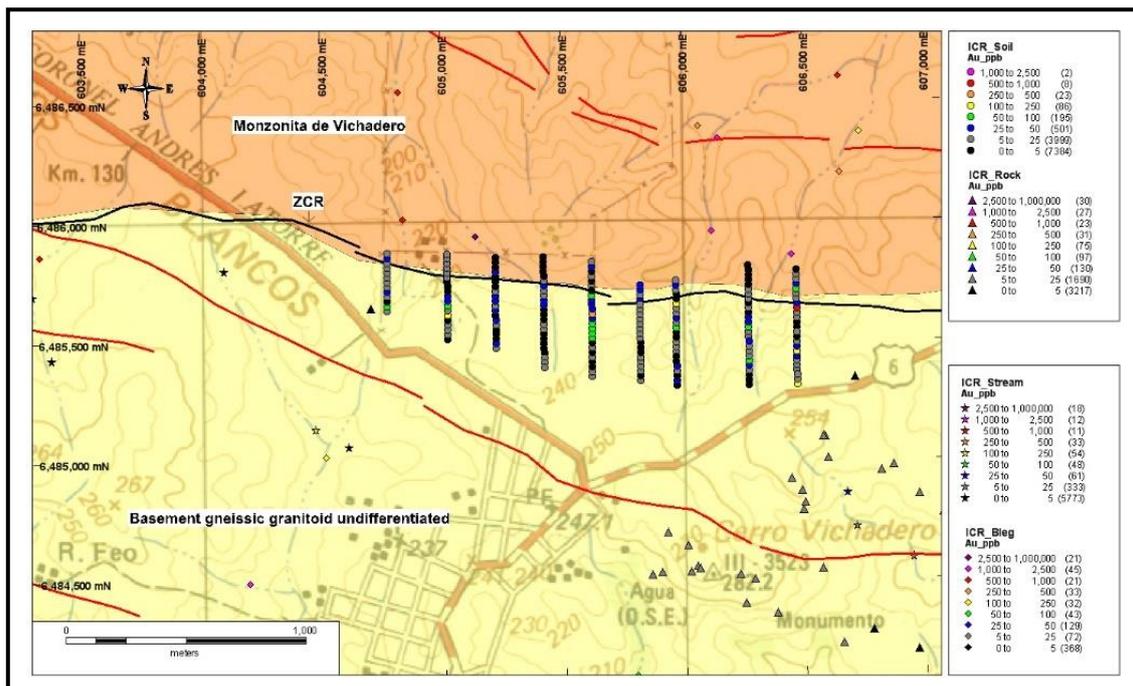


Figura 23. Mapa geológico regional y muestreos de suelos de Vichadero (Campo Militar). Tomado de Cazaux (2011).

Actividades a desarrollar:

Realizar un mapeo geológico-estructural de detalle a escala 1:5000, con muestreo de rocas para análisis de Au y *pathfinders* como *arsénico (As)*, *antimonio (Sb)*, *plomo (Pb)*, *Cobre (Cu)*, *bismuto (Bi)* y *Telurio (Te)* entre otros.

Realizar un muestreo de suelos con un infill de la malla de la campaña anterior con un espaciado aproximado entre líneas de 200m y espaciado entre muestras de 25m. El objetivo es tener una mejor definición de la anomalía de suelos obtenida en la zona de Campo Militar (Fig. 24).

Proponer la realización de trincheras en las zonas favorables definidas en las etapas anteriores a los efectos de estudiar con detalle las alteraciones y mineralizaciones de la roca y testear las principales anomalías de Au.

Si los resultados de las trincheras son favorables, se recomienda continuar con perforaciones de aire reverso.

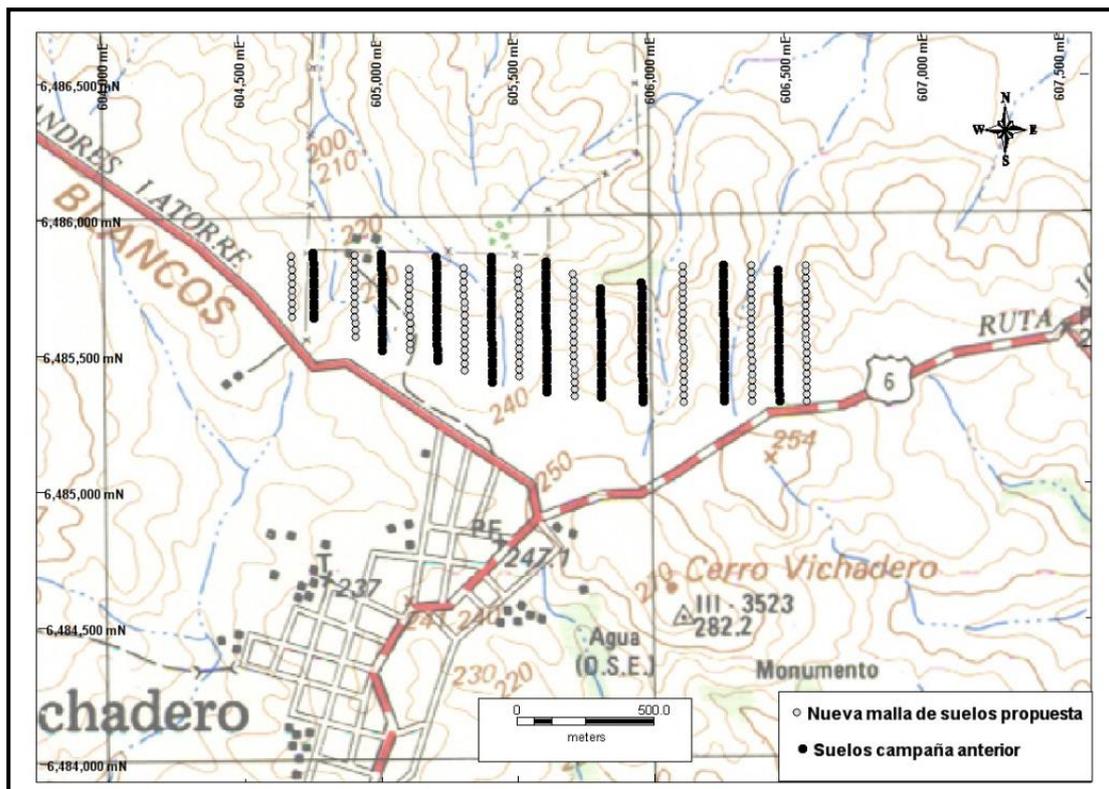


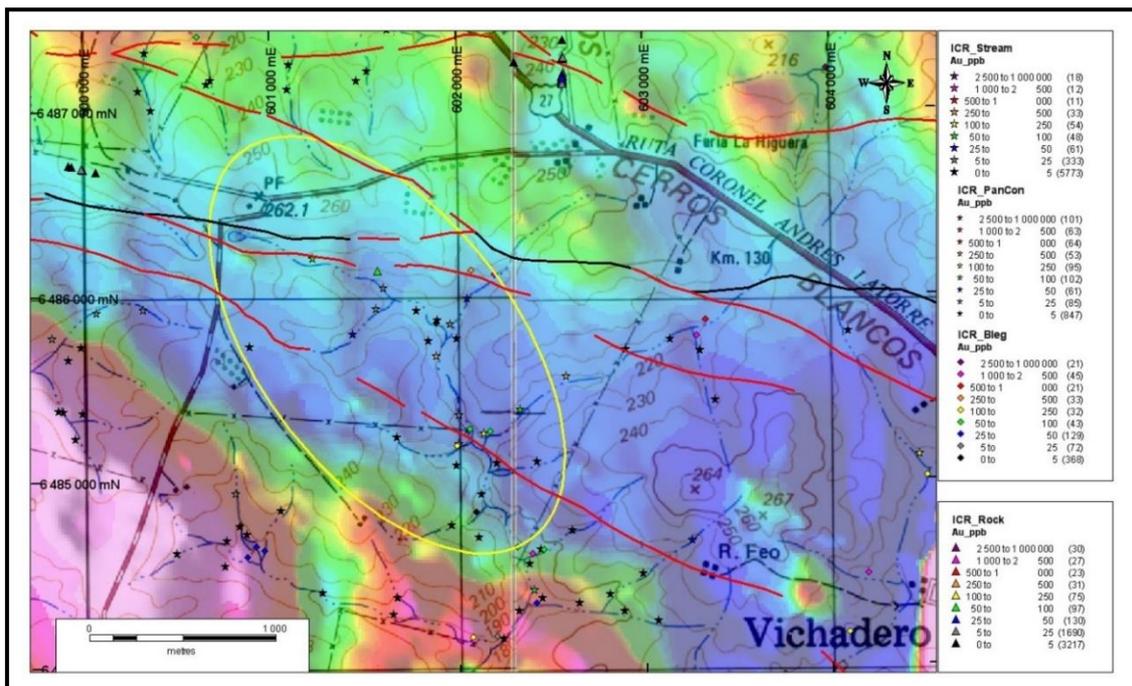
Figura 24. Infill de malla de suelos en proyecto Vichadero (Campo Militar).

- **Cerros Blancos:**

En la zona denominada “Cerros Blancos” existen anomalías de oro en sedimentos de corrientes de hasta 310ppb, en Bleg de 1455ppb y en roca de hasta 60ppb. Hasta el momento estas anomalías no han sido testeadas, y parecen estar ubicadas en la confluencia de los dos sistemas de fallas más importantes antes mencionado.

Actividades a desarrollar:

En la imagen magnetométrica (RTP255) se observan patrones geofísicos con contrastes interesantes que deberán ser corroborados con un mapeo geológico-estructural detallado y con un muestreo intensivo de rocas que permita delimitar con mayor detalle las áreas potenciales. Posteriormente, se debe realizar una malla de suelos con dirección N30 (Fig. 25).



- **Proyecto 7 Porteras**

La base de datos en esta área es muy escasa. No se observan muchos afloramientos. Las muestras de rocas tomadas no presentan valores anómalos excepto un rock chip con valor de 60ppb. Las principales anomalías surgen de muestras de sedimentos de corrientes y un muestreo de suelos (Fig. 26).

Actividades a desarrollar:

Se sugiere una visita de inspección con muestreos de rock chips tanto en afloramientos como en subafloramientos. Efectuar un mapeo en detalle 1:5000 y realizar de trincheras, para chequear en superficie las principales zonas anómalas definidas en los suelos.

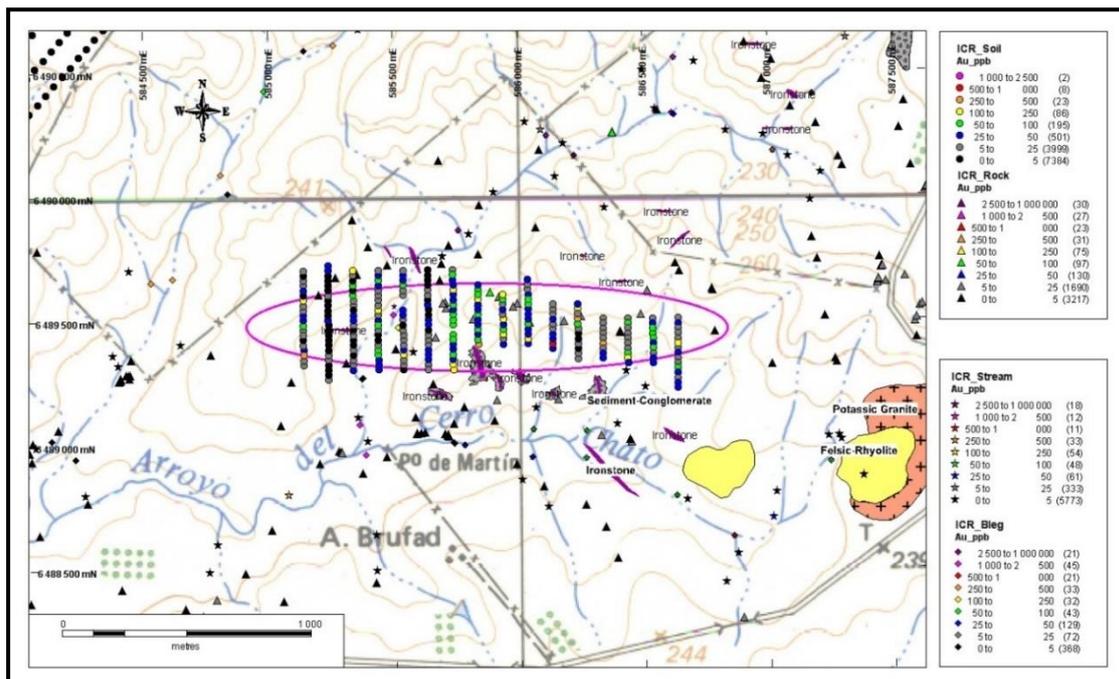


Figura 26. Afloramientos mapeados en 7 porteras. Zona de interés de estudio en fucsia. Tomado de Cazaux (2011).

- **Proyecto Cerro Chato**

Las muestras tomadas en la malla de suelos realizada en agosto del 2011 presentaron algunos valores anómalos de Au hasta 330ppb. Los mismos deben ser chequeados en campo ya que también existen valores anómalos en sedimentos de corriente. La figura 27 muestra los trabajos realizados en Proyecto Cerro Chato.

Actividades a desarrollar:

Se propone un mapeo de detalle (1:5000), con control de afloramientos y muestreo de rockchips.

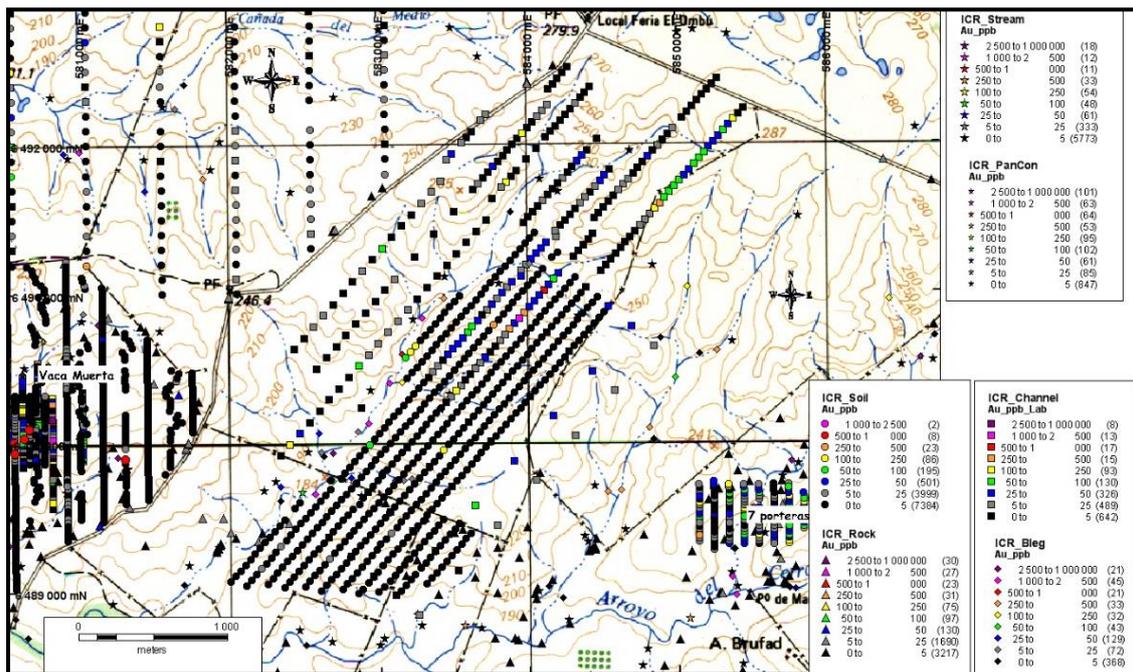


Figura 27. Trabajos realizados en Proyecto Cerro Chato. Tomado de Cazaux (2011).

- **Proyecto Rincón del Yaguarí**

Se realizaron muestreos de suelos con pocos resultados anómalos. La zona presenta un fuerte interés por estar en un bajo magnético que puede estar relacionado a la destrucción de magnetita por procesos hidrotermales. La figura 28 muestra la Imagen magnetométrica RTP con trabajos realizados en Rincón de Yaguarí.

Actividades a desarrollar:

Se propone realizar un mapeo geológico de detalle 1:5000 con toma de muestras de rocas (Fig. 28).

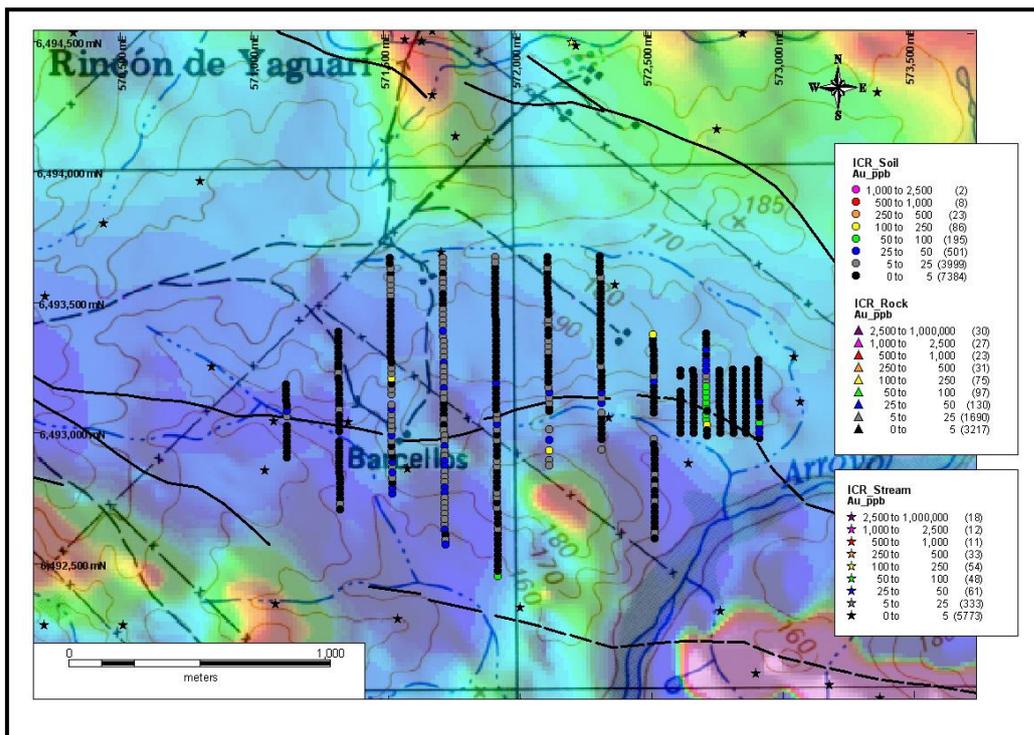


Figura 28. Imagen magnetométrica RTP con trabajos realizados en Rincón de Yaguarí.

- **Proyecto la Cerrillada**

Este proyecto presenta valores anómalos en los sedimentos de corrientes y en los muestreos de rocas encontrándose valores de oro de hasta 29 gr/ton (figs. 29 y 30). A pesar de las fuertes anomalías existentes ninguna compañía realizó geología de superficie (mapeo geológico y estructural).

Actividades a desarrollar:

Se propone realizar un mapeo geológico de detalle 1:5000, control geológico en las rocas con valores anómalos. Posterior a este control, y si los resultados son positivos, se propone realizar trincheras.

Evaluación como prospecto del área Mina de los Corrales, Departamento Rivera, una oportunidad para el desarrollo minero de la República del Oriental del Uruguay

Geol. Ernesto Javier Slavutsky

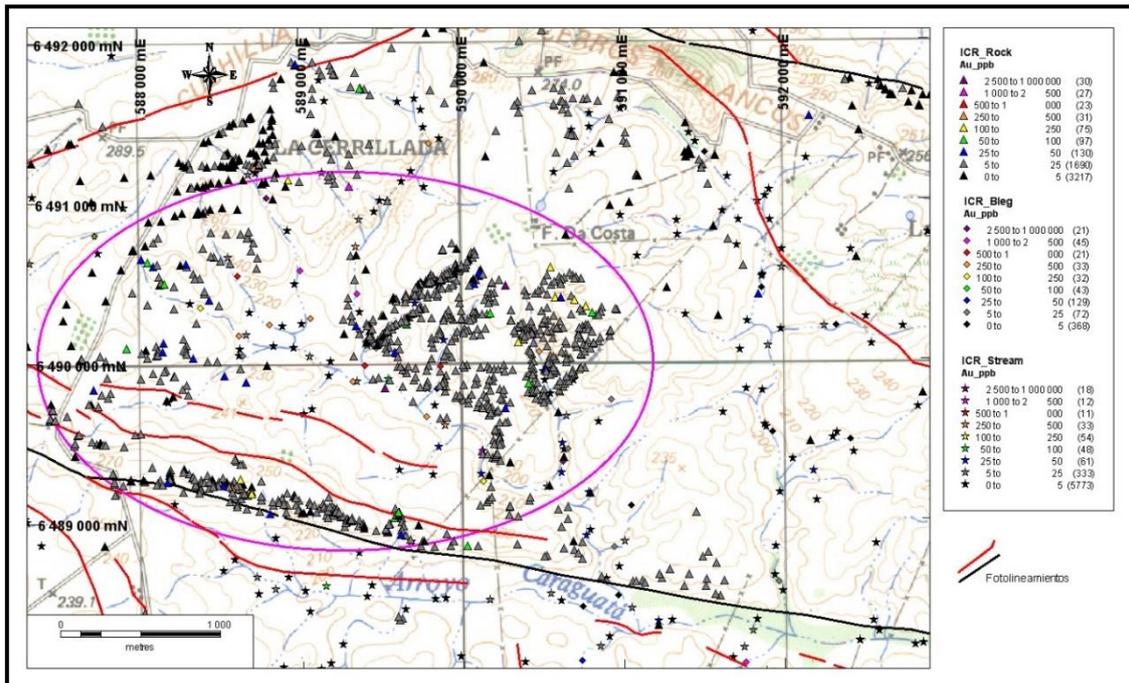


Figura 29. Zona a estudiar en La Cerrillada. Tomado de Cazaux (2011).

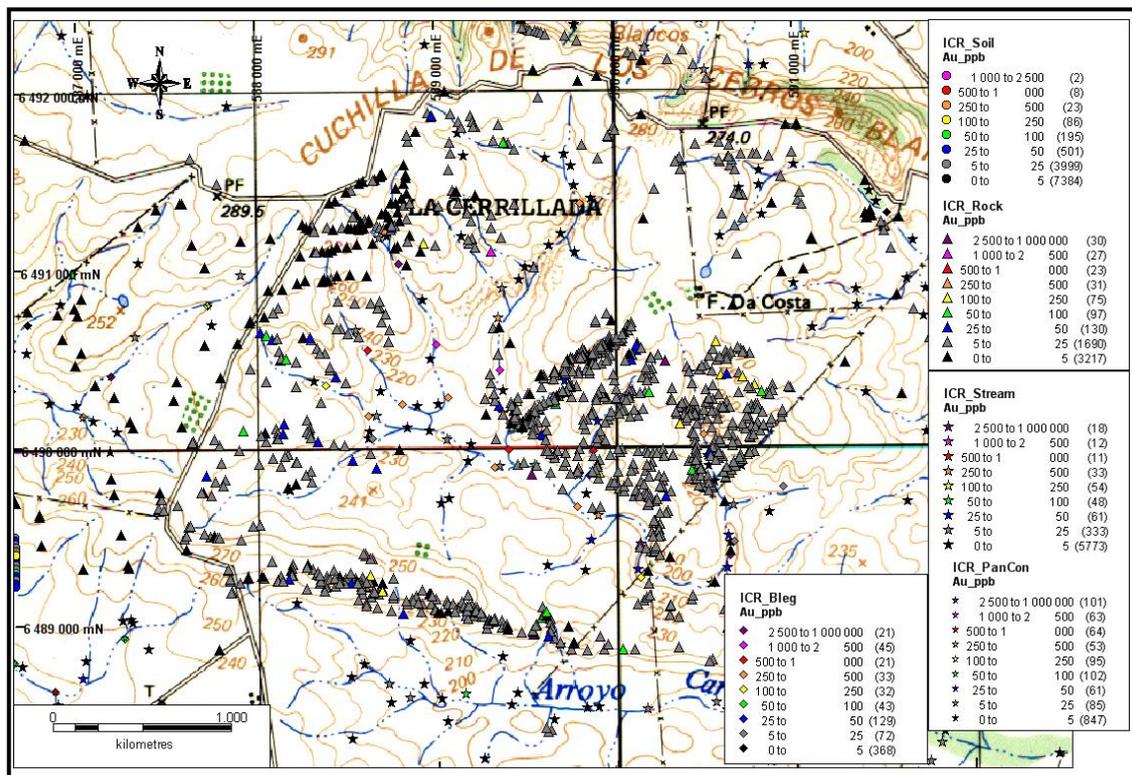


Figura 30. Trabajos realizados en Proyecto La Cerrillada. Tomado de Cazaux (2011).

En la Cuadro 4 se resume la propuesta y las prioridades de ejecución de los trabajos exploratorios para realizar en Vichadero.

Cuadro 4. Propuestas de exploración en los diferentes proyectos y prioridades de trabajo.

Proyecto	Propuesta de Exploración	Prioridad
7 porteras	<ul style="list-style-type: none"> - mapeo geológico de detalles - muestreo de rocas - realización de trincheras 	1
Cerro Chato	<ul style="list-style-type: none"> - mapeo geológico de detalles - muestreo de rocas 	1
Rincón de Yaguarí	<ul style="list-style-type: none"> - mapeo geológico de detalles - muestreo de rocas 	2
La Cerrillada	<ul style="list-style-type: none"> - mapeo geológico de detalles 	1
Cerros Blancos	<ul style="list-style-type: none"> - mapeo geológico de detalles - muestreo de rocas - realización de malla de suelos 	2
Cerro Vichadero	<ul style="list-style-type: none"> - revisión en el campo del área fuente de las anomalías. 	2
Campo Militar	<ul style="list-style-type: none"> - mapeo geológico de detalles - muestreo de rocas - realización de malla de suelos 	1
Vichadero	<ul style="list-style-type: none"> - reconocimiento general del área y revisión de las anomalías - perforaciones RC 	1

CAPÍTULO 7: MÉTODO DE EXPLOTACIÓN Y TRATAMIENTO

7.1 Método de explotación

Los *Greenstone belts* son depósitos explotados en todo el mundo. Representan el 13,1 % de la producción total de Au del mundo, siendo Canadá y Australia los principales países donde se encuentran estos tipos de depósitos.

Las leyes varían de 5 a 15 g/t de Au en promedio y las toneladas de mena pueden ser desde unos cuantos miles hasta los 15 – 20 millones de toneladas (Figs.31a y b).

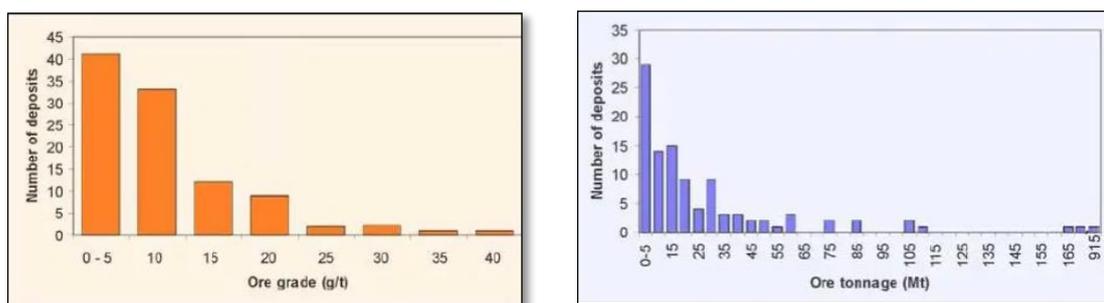


Figura 31. a. Leyes promedio en función de la cantidad de depósitos. b. Toneladas en función de la cantidad de depósitos Tomado de Dubé y Gosselin (2007)

En la ICR los depósitos producidos hasta el momento no superan los 2.5 g/t en promedio y no son de gran volumen (por ejemplo, Vaca Muerta 13.000 Oz, 1.4 g/t). Posiblemente esto se debe al grado metamórfico de las rocas de caja y la deformación existente en el área.

Considerando la ley, el volumen y la historia del distrito el mejor método de explotación a utilizar es a cielo abierto y por tal motivo, la exploración debe enfocarse en buscar mineralización desde superficie. Todas las minas que se produjeron mecánicamente en el área comenzaron siendo un open pit (Fig. 32) y solo 2 de ellas continuaron su producción en subterráneo.

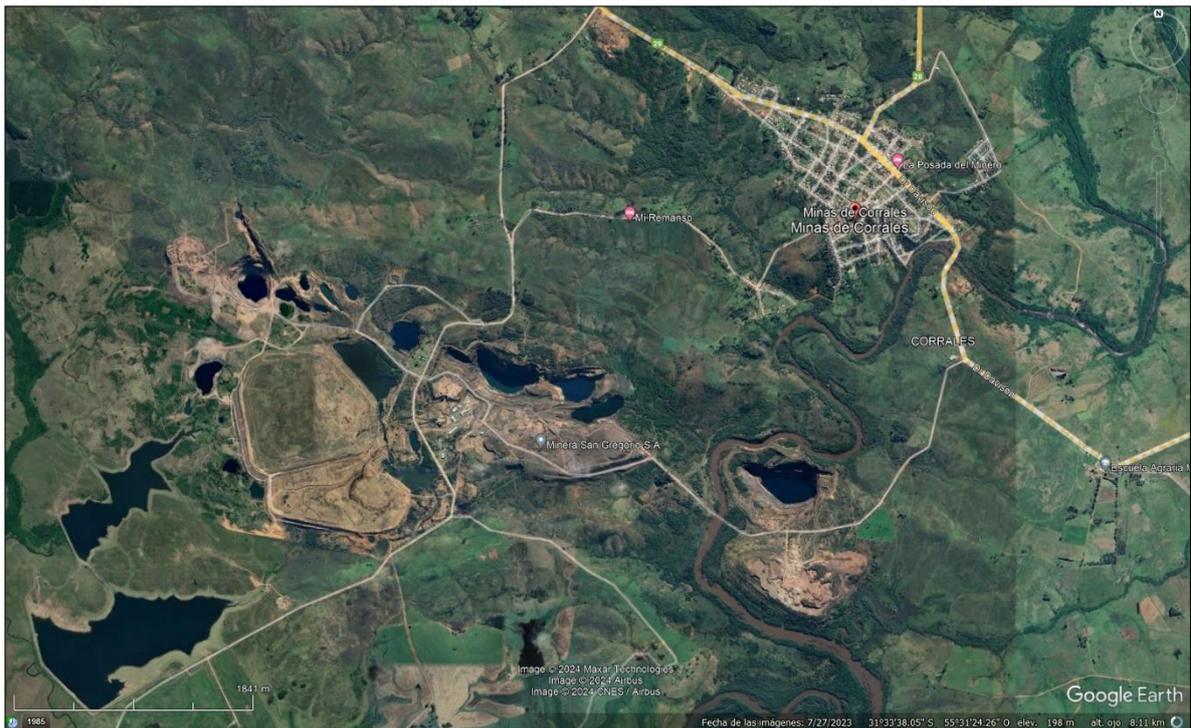


Figura 32. Imagen de Google Earth. Se observa todas minas producidas a cielo abierto.

Es importante señalar que cada proyecto minero es único y la elección entre minería a cielo abierto y/o subterránea dependerá de factores geológicos, económicos, ambientales y sociales específicos de la ubicación

Las ventajas de utilizar el método a cielo abierto son:

- Menor costo inicial: la explotación a cielo abierto generalmente implica costos de inversión iniciales más bajos en comparación con la minería subterránea.
- Acceso más fácil a depósitos superficiales: En este caso, dada la baja ley es preciso procurar mineralización desde superficie.
- En general, dependiendo de las condiciones del macizo puede presentar menor riesgo geotécnico.

7.2 Tratamiento Mineral

Con respecto al tratamiento mineral, es esencial tomar en consideración que los prospectos de interés se hallan distribuidos y separados entre sí a lo largo de la zona de cizalla. Existe la probabilidad de que estos depósitos sean de pequeño volumen y baja ley, teniendo en cuenta los hallazgos previos. En consecuencia, se torna fundamental identificar un enfoque de tratamiento mineral que no solo optimice la eficiencia en la extracción, sino que también maximice la rentabilidad en la producción.

Este desafío obliga a pensar y desarrollar soluciones innovadoras y adaptativas que se ajusten a las características específicas de estos yacimientos, promoviendo así una gestión óptima de los recursos geológicos.

Una propuesta es la utilización de plantas móviles que permiten una respuesta ágil y eficaz, que se adaptan a la variabilidad geológica y optimizan la operación en diferentes ubicaciones. La aplicación de plantas móviles no solo tiene el potencial de revitalizar proyectos no rentables, sino que también puede abrir nuevas oportunidades para la explotación responsable de recursos auríferos. Una de las ventajas principales de las plantas móviles recae en su portabilidad, es decir que el equipo puede ser dividido en secciones para el transporte. Cuando es necesario moverla a otra posición es simple y esto disminuye notablemente los costos de transporte. A su vez, la estructura de las plantas es tal que se puede cambiar el diagrama de flujo, es decir que las partes pueden agregarse o sacarse según se requiera sin alteraciones principales.

Metodología para la utilización de plantas móviles:

- Diseño de plantas móviles: Dependiendo de la mena, en general los diseños de plantas móviles integran los procesos de trituración, molienda y extracción química adaptadas a las condiciones geológicas.
- Optimización de procesos: Se desarrollarán y perfeccionarán procesos específicos para maximizar la recuperación de oro las condiciones geológicas particulares de los depósitos, incorporando tecnologías avanzadas de separación y concentración.
- Análisis ambiental y social: es necesario realizar un análisis exhaustivo de los impactos ambientales y sociales asociados con la implementación de plantas móviles, asegurando prácticas mineras sostenibles y con el cuidado correspondiente del medio ambiente.

Existen diferentes diagramas de flujos de acuerdo al tipo de mineral a tratar. Un esquema que se adapta a la zona de interés es el que se muestra en la figura 33.

Este diagrama de flujo considera un circuito de flotación. La molienda se efectúa en un molino de bolas con un trommel. La Celda unitaria del circuito molienda-clasificación recupera un porcentaje alto de minerales gruesos. El rebose del clasificador va a un banco de cuatro celdas de flotación. Los relaves de flotación se tratarán en una mesa gravimétrica. Esta mesa permite recuperar algunos valores y a la vez permite dar una inspección visual a los relaves. Es decir, que el operador puede ver los resultados y puede hacer ajustes inmediatos si es necesario. Es un diseño simple y flexible, y es recomendado donde se requiere flotación colectiva (tomado de

<https://www.911metallurgist.com/>). Lo particular de este tipo de equipo es que permite la mejora continua a medida que se reconoce la mineralogía del depósito.

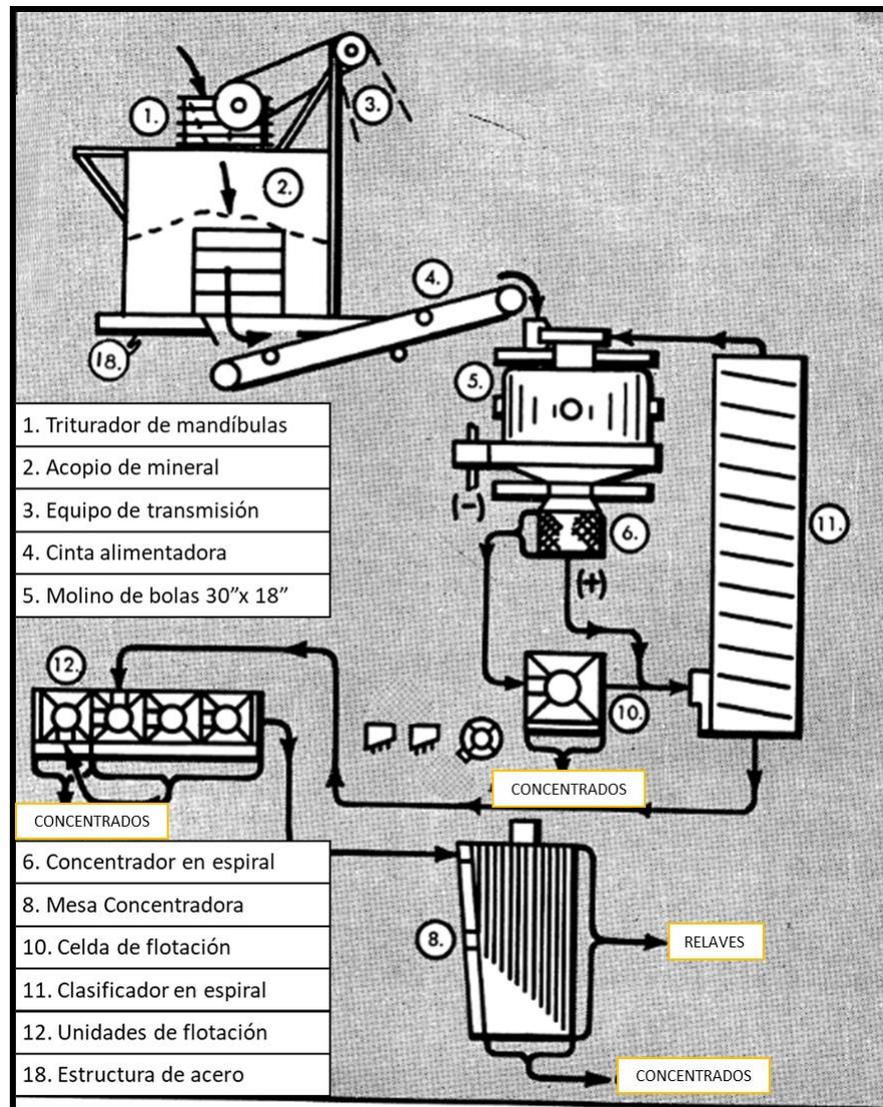


Figura 33. Diseño de planta móvil.

Hay que destacar que, desde una perspectiva social y ambiental, la movilidad de estas plantas proporciona una mayor flexibilidad en la selección de ubicaciones operativas, lo que puede reducir potencialmente los conflictos con las comunidades locales y mitigar los impactos negativos asociados. Esto implica que debemos tener una estrecha colaboración con las comunidades locales, adoptar prácticas de extracción responsables y la implementación de medidas efectivas de rehabilitación ambiental.

CAPÍTULO 8: IMPACTOS DE LA MINERÍA EN LA SOCIEDAD, LA ECONOMÍA Y EL MEDIO AMBIENTE.

8.1 Impactos de la minería

La minería ha sido objeto de un análisis exhaustivo por otras disciplinas fuera de la geología e ingeniería. Si bien es innegable que esta industria conlleva desafíos ambientales y sociales, es importante reconocer que también aporta una serie de beneficios significativos a las sociedades que la albergan. Desde la generación de empleo hasta la creación de ingresos fiscales cruciales para el desarrollo sostenible, la minería se presenta como una fuerza transformadora con el potencial de mejorar la vida y propiciar el progreso económico.

Los principales beneficios que a destacar son:

- **Generación de Empleo:** La industria minera crea numerosos puestos de trabajo, tanto directos como indirectos, que contribuyen al desarrollo económico y a la mejora de los niveles de vida en las comunidades.
- **Ingresos Fiscales:** La minería es una fuente significativa de ingresos fiscales para el gobierno y también permitiendo la inversión en infraestructuras y servicios públicos esenciales, como educación, salud y transporte.
- **Desarrollo de Infraestructuras:** La presencia de la minería a menudo impulsa el desarrollo de infraestructuras en regiones previamente menos desarrolladas, incluyendo carreteras, energía y servicios básicos.
- **Estímulo a la Economía Local:** La actividad minera puede impulsar la economía local a través de la demanda de bienes y servicios, beneficiando a sectores como la hotelería, transporte y comercio.
- **Transferencia de Tecnología:** La minería puede facilitar la transferencia de tecnología avanzada y conocimientos técnicos a la sociedad local, fomentando el desarrollo industrial y tecnológico.
- **Diversificación Económica:** Al diversificar la economía a través de la minería, una sociedad puede volverse menos dependiente de sectores específicos, reduciendo la vulnerabilidad a las fluctuaciones económicas.

El pueblo de Minas de Corrales nació en 1878 al instalarse en el lugar la Compañía Francesa de Minas de Oro del Uruguay, atraída por la fiebre del oro de esa época. Con una visión audaz, introdujeron técnicas mineras revolucionarias que marcarían un antes y un después en la extracción aurífera.

Si bien la ganadería fue y es la principal actividad por estar rodeado de excelentes praderas naturales, la minería de fines del siglo XIX y los primeros años del siglo XX fue un gran aporte para la región. El beneficio que trajo la minería para el desarrollo del pueblo es histórico no solo como motor económico sino también social y cultural. La figura 34 muestra la entrada al pueblo de Minas de Corrales, junto con una imagen de la región histórica del pueblo y una fotografía aérea del pueblo de Minas de Corrales.



Figura 34. a) Entrada al pueblo de Minas de Corrales. b) Región histórica del pueblo. c) Fotografía aérea del pueblo de Minas de Corrales

Camino a Minas de Corrales, por la ruta 29, se atraviesan las ruinas de Santa Ernestina, lugar histórico y quizás de los más emblemáticos de la región cuando se habla de minería en Uruguay.

Santa Ernestina Fue por mucho tiempo el principal centro poblado de Rivera, contaba con luz eléctrica y un importante movimiento comercial. Desde estos campos la locomotora "La Clotilde" transportaba en sus vagones hasta la represa de Cuñapirú

las piedras que se extraían de las minas de la zona, material que también se transportaba en aerocarril, existiendo aún vestigios de las torretas por donde cruzaban los contenedores. En tiempos de esplendor Santa Ernestina alcanzó una población cercana a los 1500 habitantes y contó con teatro de 100 butacas, hotel con alojamiento para 40 personas, banco, escuela, almacén de ramos generales (Turnes, 2019)

La extinción del pueblo fue un proceso paulatino. A principios del siglo XX – a raíz de los conflictos bélicos armados de las divisas, acentuó el éxodo de su gente en busca de lugares más seguros, sumado al alejamiento de la empresa de capitales extranjeros una vez que Francia ingresara a la Primera Guerra Mundial y se viera en la necesidad de redireccionar recursos, abandonando así su participación en la explotación de oro en Uruguay (<https://uruguaydocumental.com/2016/09/08/santa-ernestina/>).

8.2 Minería sostenible

Posterior a la fiebre del oro de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX hubo un cambio en el paradigma de la exploración minera. Con el avance de la tecnología y la mecanización en la explotación, se hizo evidente la necesidad del cuidado y realización de buenas prácticas con el medio ambiente.

En la encrucijada entre la creciente demanda de recursos minerales y la necesidad de preservar el entorno, emerge la visión de una minería que trasciende los límites convencionales.

El concepto de minería sostenible es un enfoque visionario que busca armonizar la extracción de recursos con la preservación del medio ambiente y el bienestar de las comunidades. En este contexto las empresas que ingresen a la región deben avanzar hacia una minería más responsable, enfocándose en la rehabilitación de ecosistemas y la mitigación de impactos sociales y ambientales. La extracción de minerales es parte de un esquema que debe integrarse de forma armoniosa con la economía regional y el cuidado del medio ambiente.

Uno de los principales desafíos planteados es el impacto a largo plazo de la actividad minera, especialmente una vez que las empresas abandonan la región o el recurso mineral se agota. Por lo tanto, resulta crucial involucrar a las comunidades locales desde el inicio de los proyectos mineros, desarrollando programas específicos que promuevan prácticas sostenibles y contribuyan al desarrollo socioeconómico local. Para alcanzar estos objetivos, se proponen diversas iniciativas:

- Programas de capacitación y asesoramiento: Se deben implementar programas especializados de capacitación para pequeños productores agrícolas y ganaderos,

equipándolos con herramientas y conocimientos para optimizar sus operaciones de manera sostenible.

- Acceso a recursos tecnológicos avanzados: Se debe facilitar el acceso a equipos y tecnologías para mejorar la eficiencia y la productividad de sus actividades.
- Promoción de la diversificación de cultivos: Con el fin de reducir la dependencia económica y fortalecer la seguridad alimentaria local, se fomenta la diversificación de cultivos mediante proyectos piloto respaldados por las empresas mineras.
- Creación de fondos de desarrollo comunitario: Se establecen fondos dedicados al desarrollo comunitario, destinados a financiar mejoras en infraestructura local y programas educativos para la comunidad.
- Fomento de la compra responsable de productos locales: Se debe priorizar la adquisición de productos locales, impulsando así la economía regional y fortaleciendo las cadenas de suministro locales.
- Incentivar el turismo en una de las únicas regiones mineras de Uruguay.

Estas iniciativas planteadas van a reflejar el compromiso de las empresas mineras con un enfoque integral del desarrollo, donde la minería y el resto de las industrias pueden coexistir en armonía. En este contexto, la minería sostenible emerge como una fuerza transformadora que no solo busca extraer recursos, sino también construir un legado sostenible para las generaciones futuras que representa una oportunidad para impulsar un desarrollo equilibrado y sostenible en las regiones donde exista una operación. Al colaborar estrechamente con las comunidades locales y promover prácticas responsables, las empresas mineras pueden desempeñar un papel fundamental en la construcción de un futuro próspero y sostenible para todos.

En este contexto planteado, la situación actual del pueblo de Minas de Corrales debe ser tomada en cuenta para no cometer los mismos errores. Durante los 20 años de producción ininterrumpidos no se desarrollaron muchos planes sociales estratégicos a futuro teniendo en cuenta que las reservas minerales podían agotarse ya sea por condiciones del mercado o por dejar de ser económicamente explotables. Entre los años 2015 - 2017 ante la baja del precio del oro se hizo inviable continuar con la exploración de grandes cuerpos minerales lo que obligó a la compañía a enfocarse en la exploración en los sectores próximos a las minas en producción para continuar produciendo. A finales de 2017 el precio del oro tuvo una caída mayor, por lo que no fue posible

continuar con la producción. Esta situación generó mucha incertidumbre y enojos entre los pobladores de Minas de Corrales ya que no existía un plan de contingencia y tampoco un acompañamiento para el día después del cierre. Cabe aclarar que el estado uruguayo tiene un seguro por 12 -24 meses para los trabajadores con planes de capacitación que ayuda a la reinserción laboral.

El seguro sirve, pero no es la solución y menos para un pueblo minero.

En las matrices de correlación de los Cuadros 4 y 5 se observa como cambió la mirada del pueblo frente a la empresa en los primeros años y la mirada posterior al cierre (verde = positivo – Amarillo = neutro – Rojo = Negativo).

Cuadro 5. Matriz de correlación en los primeros años de producción

Proyecto Minas de Corrales	Empresa Minera	Comunidad de Minas de Corrales	Estado	Terceras personas
Empresa Minera	Rojo	Verde	Verde	Verde
Comunidad de Minas de Corrales	Amarillo	Rojo	Verde	Verde
Estado	Amarillo	Verde	Rojo	Verde
Terceras personas (iglesia, Universidad, comunicadores, contratistas, etc)	Amarillo	Verde	Verde	Rojo

Cuadro 6. Matriz de correlación posterior al cierre de la mina.

Proyecto Minas de Corrales	Empresa Minera	Comunidad de Minas de Corrales	Estado	Terceras personas
Empresa Minera	Rojo	Amarillo	Amarillo	Amarillo
Comunidad de Minas de Corrales	Rojo	Rojo	Rojo	Amarillo
Estado	Amarillo	Amarillo	Rojo	Amarillo
Terceras personas (iglesia, Universidad, comunicadores, contratistas, etc)	Rojo	Verde	Amarillo	Rojo

Estas matrices reflejan una clara situación que dejó el cierre de la mina. La comunidad se vio muy afectada y gran parte de la actividad económica decayó obligando a muchos pobladores reubicarse en otras ciudades o pueblos del Uruguay. El estado intervino en el cierre de la mina manteniendo relaciones con la empresa con el fin de apoyar el cierre. Se activó el seguro para ayudar a los trabajadores mientras se realizaba el cierre ordenado de la empresa. Por otra parte, muchas empresas contratistas quedaron económicamente afectadas.

La comunidad con respecto al estado percibió el apoyo con el seguro, pero también sintieron la falta de acompañamiento para reconvertir el pueblo.

CAPÍTULO 9. ASPECTOS LEGALES Y AMBIENTALES

En los últimos años, la minería ha sido reconocida como de interés público, lo que implica que su desarrollo se considera beneficioso para el país. Por tal razón, el Estado se preocupa por fomentar su desarrollo mediante el establecimiento de incentivos tributarios y su protección frente a otras actividades.

Todos los yacimientos minerales son propiedad del Estado, lo que implica que la actividad minera solo puede ser llevada a cabo por el Estado, entidades estatales, personas físicas o jurídicas nacionales o extranjeras (tanto públicas como privadas) que posean un título minero correspondiente, sujetos a las condiciones establecidas en el título y a la naturaleza del mineral. La legislación actual autoriza a los titulares de los permisos correspondientes a llevar a cabo la actividad minera, incluso sin el consentimiento del propietario del terreno afectado. Sin embargo, también se busca encontrar un equilibrio adecuado entre la actividad minera, los derechos de los propietarios de la superficie, la preservación del medio ambiente y el fomento de otras actividades de interés nacional, como la agricultura y la actividad forestal (Menoni et al. 2010).

Así como está declarada como una actividad de interés público, existen algunas limitaciones con respecto a las zonas que no permiten el desarrollo:

- No se puede desarrollar en terrenos cultivados,
- No se puede desarrollar a una distancia menor a 40 metros de un edificio o de una vía férrea o de un camino público,
- No se puede desarrollar a 701 metros de cursos de agua, abrevaderos o cualquier clase de vertientes.
- No se puede desarrollar en áreas que han sido declaradas como patrimonio.

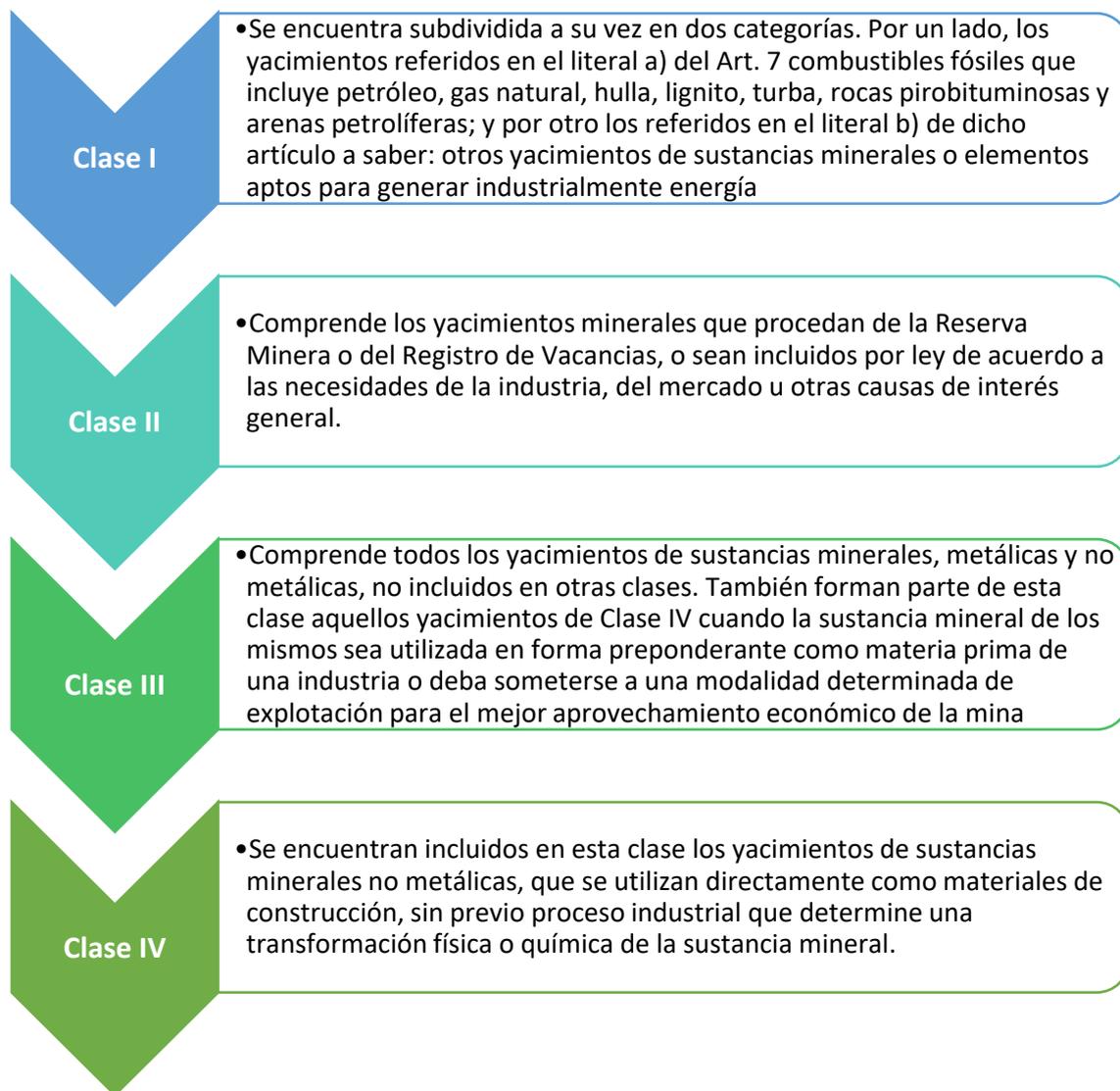
La Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) dará autorización de forma excepcional en caso de que éstas sean indispensables teniendo en cuenta la seguridad y el cuidado del medio ambiente.

En consonancia con estos principios, se han establecido procedimientos específicos para garantizar una evaluación exhaustiva de los impactos ambientales a través de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA). Estas evaluaciones no solo consideran los efectos directos de los proyectos mineros, sino que también se centran en identificar estrategias efectivas de mitigación y remediación para reducir cualquier impacto negativo a largo plazo. También, se ha reconocido la importancia de una participación ciudadana activa y transparente en todas las fases del proceso minero. Esto significa no solo informar a la población sobre los proyectos en curso, sino también

involucrar a las comunidades locales en la toma de decisiones y en la supervisión de las actividades mineras (modificado de Aldaz, 2023).

La legislación uruguaya clasifica a los yacimientos y/o sustancias en cuatro clases (Cuadro7):

Cuadro 7. Clasificación de a los yacimientos y/o sustancias según la legislación uruguaya



Los títulos mineros son otorgados por DINAMIGE. Existen tres tipos de títulos mineros: 1) permiso de prospección, 2) permiso de exploración y 3) concesión para explotar, los cuales otorgan los derechos de prospección, exploración y explotación respectivamente.

Es importante destacar que para la obtención de los títulos mineros el interesado debe cumplir con un trámite administrativo complejo cuyo nivel de exigencia depende del título minero de que se trate. En efecto, el interesado deberá presentar

detalladamente el plan de actividades y la maquinaria a utilizarse en las labores, acreditar tener capacidad financiera suficiente para desarrollar dicho plan, constituir garantía por posibles daños que puedan verificarse por el desarrollo de la actividad, obtener previa autorización ambiental (tratándose de una concesión para explotar), entre otros.

Por último, es importante mencionar que los permisos mineros se encuentran limitados tanto temporalmente como en relación al área que afectan. Esto implica que se establezca un doble límite en relación al área afectada, por un lado, la cantidad de hectáreas que un permiso puede afectar (esta área es mayor en la etapa de prospección y menor en la explotación), y por otro lado, la cantidad de hectáreas que una misma persona puede tener afectadas con uno o más permisos.

Para el desarrollo de un proyecto minero se debe lograr el equilibrio entre todas las partes involucradas: la empresa minera tiene interés en descubrir y explotar un yacimiento; el superficiario en continuar con su actividad habitual, haciendo libre uso de su tierra y manteniéndola en buenas condiciones; por otro lado, el Estado tiene interés en promover una actividad con alta potencialidad y nivel de incidencias positivas en la economía y sociedad en forma global, como por ejemplo: la generación de un alto flujo de ingresos para el país, aumento del empleo de alto, medio y bajo nivel de especialización, la descentralización a través de generar actividades comerciales y de servicios en torno a un nuevo emprendimiento ubicado en la zona rural del país. Este es el desafío principal para posicionar a Uruguay como un país minero (modificado de Menoni et al. 2010).

CAPÍTULO 10: OFERTA Y DEMANDA DE ORO

El oro es uno de los metales más valorados y apreciados en todo el mundo gracias a sus propiedades excepcionales, que incluyen su belleza, durabilidad, ductilidad y maleabilidad. La demanda del oro se origina en diversas fuentes, que abarcan desde inversión y la joyería hasta su empleo en la industria y como un refugio de valor durante períodos de incertidumbre económica (Fig. 35). Esto convierte al oro en un metal precioso de gran demanda a nivel mundial.

Después de sufrir una caída provocada por la pandemia, el metal ha mantenido una tendencia alcista. Actualmente el oro continúa con un crecimiento en su precio. Este crecimiento se da en el contexto de expectativas del mercado sobre la tasa de interés de referencia de la Reserva Federal (FED), con perspectivas para mantenerse sin cambios hasta el segundo trimestre de 2024 (ejerciendo una presión a la baja sobre el dólar estadounidense y una reducción en los rendimientos de los bonos del Tesoro de EE.UU, incrementando los precios del oro). Además, el conflicto geopolítico en el Mar Rojo y la demanda de los Banco Centrales por este metal siguen respaldando su precio. Esta expectativa sobre los tipos de interés de la FED genera que, para los próximos meses, se proyecte un nivel de precios futuros del oro levemente superior a su precio promedio en enero (Modificado de Precio de los metales, Febrero 2024).

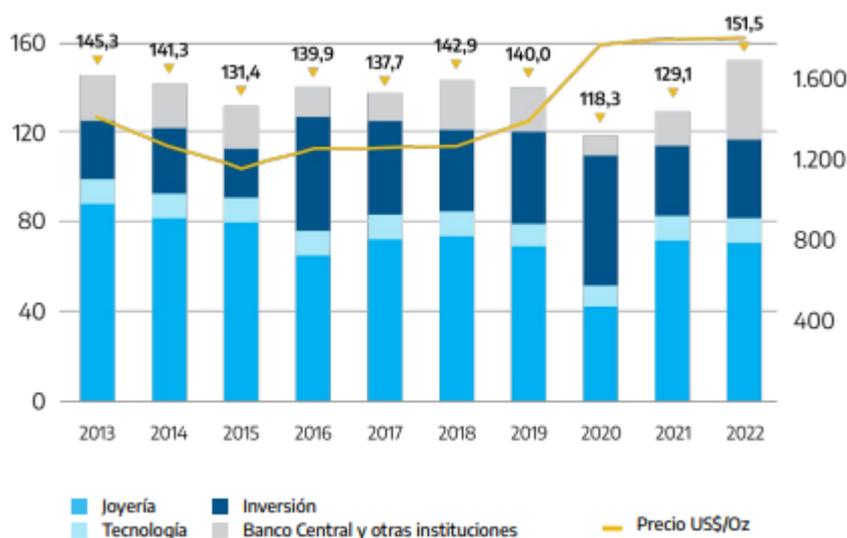


Figura 35. Fluctuación del precio y demanda del oro en relación a la utilización. Tomado de Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022.

La oferta de oro se refiere a la cantidad total de este metal precioso que está disponible en el mercado para su adquisición, comercialización y uso en diversas aplicaciones. En el año 2021, el suministro de oro alcanzó un total de 151,54 Moz. Aunque la producción minera aumentó en un 3%, la oferta experimentó un ligero

retroceso del 0,5% en comparación con el año anterior, debido a la baja en las cantidades recicladas. En 2022, la cantidad total de oro disponible aumentó un 0,9% interanual, llegando a un total de 152,89 Moz. Esto marcó el fin de dos años consecutivos de disminuciones, gracias al modesto aumento tanto en la producción de mina (1,2%) como en el reciclaje (0,4%). No obstante, la utilización de derivados por parte de las empresas redujo la oferta en un 0,3% (Fig. 36).

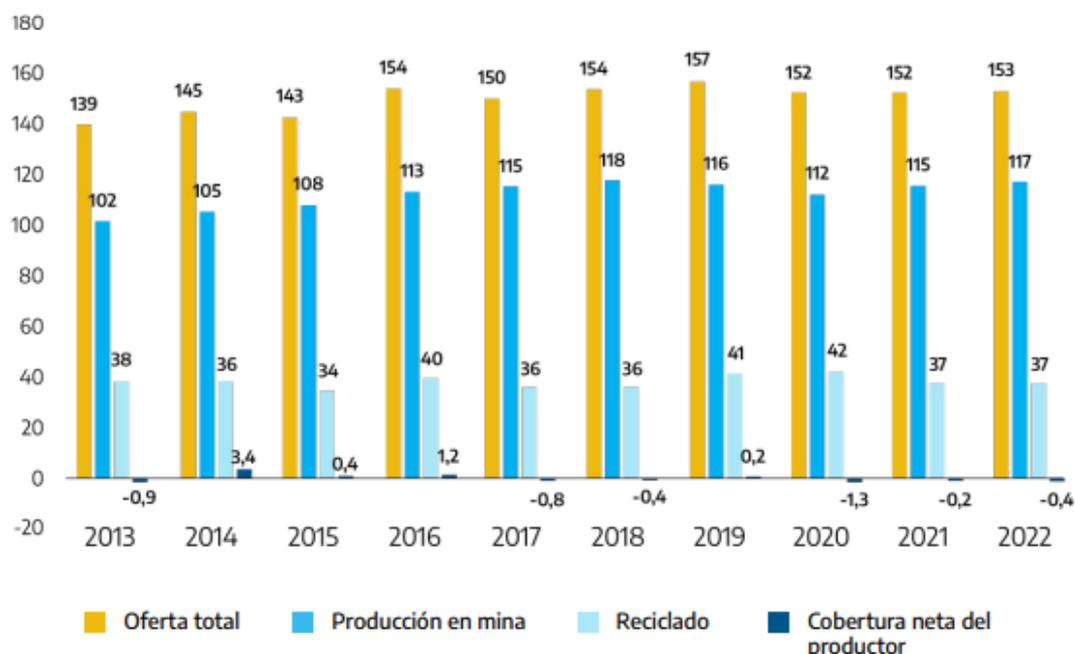


Figura 36. Oferta global según procedencia. Tomado de Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022.

Para el año 2022, la producción de oro estuvo encabezada por naciones como China, con 12.06 Moz, Rusia con 10,44 Moz, Australia con 10,09 Moz, Canadá con 6,25 Moz, y los Estados Unidos con 5,55 Moz, entre otros. En conjunto, los principales 15 países aportaron el 51,3% de la producción mundial, con un total de 78,44 Moz. En el contexto de América del Sur, los máximos productores de oro Perú, Brasil, Colombia, Bolivia y Argentina (Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022).

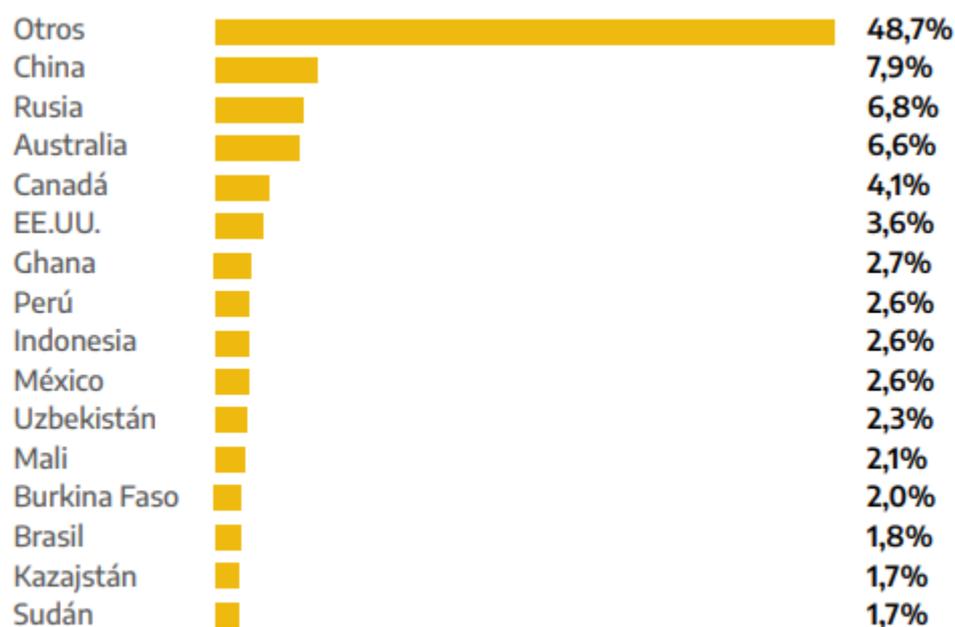


Figura 37. Principales países en oferta de oro. Tomado de Mercado de oro, actualizado a diciembre 2022.

Del total de la oferta de oro, un 76% proviene de la producción minera, alcanzando un total de 116,6 Moz. Este nivel de producción representa la cifra más alta de los últimos cuatro años. En el cuadro siguiente, se presentan de manera resumida los principales proyectos mineros de producción de oro en funcionamiento, con información sobre la empresa que los opera, su ubicación y los niveles de producción (Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022).

Cuadro 8. Principales empresas en oferta de oro, en MOz, 2022. Tomado de Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022.

Proyecto	País	Empresa	Producción (Moz) 2001	Producción (Moz) 2002	Variación Interanual
Nevada Operations	Estados Unidos	Barrick Gold Corp., Newmont Corp.	3,3	3,0	-8,5%
Muruntau	Uzbekistán	Navoi Mining & Metallurgical	2,7	2,8	4,8%
Grasberg	Indonesia	PT ID Acahan Aluminium, Freeport-McMoRan Inc.	1,4*	1,8*	31,2%
Olimpiada	Russia	PJSC Polyus	1,1	1,1	0,9%
Kazzinc Consolidated	Kazakhstan	Kazzinc Ltd.	0,9	0,9	1,0%
Boddington	Australia	Newmont Corp.	0,7	0,8	1,1%
Kibali	Dem. Rep. Congo	Barrick Gold Corp., AngloGold Ashanti plc, Société Minière de Kilo-Moto S	0,8	0,7	0,9%
Almalyk Complex		Almalyk Mining Metals Combine	0,6*	0,7*	33,3%
Detour Lake	Canadá	Agnico Eagle Mines Ltd.	0,7	0,7	1,0%
Batu Hijau	Indonesia	PT Amman Mineral Nusa Tenggara	0,2	0,7	4,7%

Con respecto a los consumidores de oro, los principales son:

- **China:** Es el mayor consumidor de oro del mundo, manteniendo una demanda constante de este metal precioso. Cabe destacar que el oro es altamente valorado en la cultura china como símbolo de riqueza y estatus, y se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde joyería hasta inversiones.
- **India:** La demanda de oro en India está fuertemente influenciada por factores culturales y religiosos. El oro juega un papel central en festivales y celebraciones, como bodas, y se considera una forma de inversión segura. La temporada de festivales y la temporada de bodas suelen impulsar la demanda de oro en el país.
- **Estados Unidos:** Si bien Estados Unidos no es uno de los principales consumidores de oro en términos de volumen, sigue siendo un mercado significativo debido a su influencia en los mercados financieros globales. Los inversores estadounidenses a menudo recurren al oro como cobertura contra la inflación y la volatilidad del mercado de valores.
- **Alemania:** Alemania es otro de los principales consumidores de oro a nivel mundial. Al igual que en Estados Unidos, la demanda de oro en Alemania está impulsada en gran medida por inversores que buscan proteger su riqueza en tiempos de inestabilidad económica.
- **Suiza:** Aunque Suiza no produce grandes cantidades de oro, es un importante consumidor y centro de comercio de metales preciosos a nivel mundial. Las

refinerías suizas procesan una gran cantidad de oro cada año, y el país es un destino popular para la refinación y el almacenamiento seguro de lingotes de oro.

Uruguay, a pesar de ser un país con poca minería metalífera, tiene varias opciones para la venta ante una potencial producción. Desde refinerías locales o internacionales hasta la explorar acuerdos comerciales con otros países o la comercialización a través de los mercados financieros. Pueden generarse múltiples vías para convertir el oro en una fuente de ingresos para el país.

CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES

- En el norte de la República Oriental del Uruguay, en el departamento de Rivera existen unos de los pocos depósitos (económicos) tipo *Greenstone Belt* de Sudamérica.
- La zona de interés se ubica dentro de la "Isla Cristalina de Rivera" (ICR) que se define como un horst estructural que crea una ventana geológica de rocas precámbricas (basamento) en el noreste de Uruguay. Esta estructura se extiende a lo largo de aproximadamente 110 km y alcanza unos 30 km de ancho en su máxima expresión.
- La ICR se encuentra atravesada por una zona de cizalla con dirección E – O que se reconoce en toda la Isla Cristalina. A lo largo de este sistema de cizallamiento, el basamento exhibe deformación tanto frágil como dúctil, siendo esta última predominante, presentando texturas lineales, foliadas y protomiloníticas. La foliación producto de la milonitización presenta una dirección principal NOO-ESE subvertical y el plunge de la lineación muestra una orientación ESE. Esto evidencia que esta cizalla es producto de deformación transpresional.
- La mineralización en la ICR se vincula a depósitos de oro de naturaleza orogénica comúnmente conocidos como depósitos auríferos asociados a rocas metamórficas antiguas, *Mother Lode*, y/o Au en zonas de cizalla. Generalmente, se encuentran asociados a cinturones metamórficos profundamente deformados, variando en su grado metamórfico, los más estudiados corresponden a facies de esquistos verdes, de ahí deriva su nombre *Greenstone belts*.
- Estos depósitos representan el 13,1 % de la producción total de Au del mundo, siendo Canadá y Australia los principales países donde se encuentran estos tipos de depósitos. Las leyes varían de 5 a 15 g/t de Au en promedio y las toneladas de mena pueden ser desde unos cuantos miles hasta los 15 – 20 millones de toneladas.
- De acuerdo a Robert et al. (2005), ocurrencias y pequeños depósitos de oro pueden darse en cualquier parte de un *Greenstone Belt*. Sin embargo, los depósitos significativos están restringidos a corredores estructurales bien identificados, los cuales efectivamente definen franjas minerales que siguen y se superponen con estructuras de escala cortical.

- En la ICR los depósitos producidos hasta el momento no superan los 2,5 g/t en promedio y no son de gran volumen. Posiblemente esto se debe al grado metamórfico de las rocas de caja y la deformación existente en el área.
- El sector oeste de la Isla Cristalina es el área más explorada y es donde se produjo 1,5 millones de onzas de oro.
- El sector este de la Isla Cristalina está subexplorado y con grandes posibilidades de tener un descubrimiento. En este trabajo se proponen 8 áreas que presentan un gran potencial.
- Los trabajos propuestos están relacionados a actividades de superficie (mapeo geológico y estructural, muestreo de rocas). Solo en uno de los proyectos en Vichadero, se proponen realizar perforaciones tipo aire reverso.
- Con respecto al método de explotación y tratamiento mineral, dado que la ley mineral histórica no supera los 2,5 g/t y los volúmenes en general son pequeños, se propone explotaciones a cielo abierto con mineralización desde superficie y la implementación de plantas móviles que permitan adaptarse a las condiciones geológicas. Es por ello que es fundamental que la exploración se enfoque en mineralización desde la superficie. *Es importante señalar que cada proyecto minero es único y la elección entre minería a cielo abierto y/o subterránea, así como el tratamiento dependerá de factores geológicos, económicos, ambientales y sociales específicos de la ubicación.*
- Es fundamental hacer un buen trabajo de relacionamiento con la comunidad teniendo en cuenta el presente y el futuro. Es necesario implementar planes a futuro en conjunto con el estado (post producción mineral) que sean en beneficio de la comunidad que permitan reconvertirse y no terminar como un pueblo minero fantasma.
- Actualmente, en la República Oriental del Uruguay, la minería ha sido reconocida como de interés público, lo que implica que su desarrollo se considera beneficioso para el país.

- En Uruguay, todos los yacimientos minerales son propiedad del Estado, lo que implica que la actividad minera solo puede ser llevada a cabo por el Estado, entidades estatales, personas físicas o jurídicas nacionales o extranjeras (tanto públicas como privadas) que posean un título minero correspondiente, sujetos a las condiciones establecidas en el título y a la naturaleza del mineral
- La Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) es la autoridad que otorga los títulos mineros. El interesado debe cumplir con un trámite administrativo complejo cuyo nivel de exigencia depende del título minero de que se trate.
- Es fundamental que para el desarrollo de un proyecto minero se deba lograr el equilibrio entre todas las partes involucradas: la empresa minera tiene interés en descubrir y explotar un yacimiento; el superficiario en continuar con su actividad habitual, haciendo libre uso de su tierra y manteniéndola en buenas condiciones; por otro lado, el Estado tiene interés en promover una actividad con alta potencialidad y nivel de incidencias positivas en la economía y sociedad en forma global. Este es el desafío principal para posicionar a Uruguay como un país minero (modificado de Menoni et al. 2010).
- El oro es un metal precioso de gran demanda mundial que se origina en diversas fuentes que abarcan desde inversión y la joyería hasta su empleo en la industria y como un refugio de valor durante períodos de incertidumbre económica.
- Después de sufrir una caída provocada por la pandemia, el metal ha mantenido una tendencia alcista. Actualmente el oro continúa con un crecimiento en su precio.
- Este crecimiento se da en el contexto de expectativas del mercado sobre la tasa de interés de referencia de la Reserva Federal (FED), con perspectivas para mantenerse sin cambios hasta el segundo trimestre de 2024 (ejerciendo una presión a la baja sobre el dólar estadounidense y una reducción en los rendimientos de los bonos del Tesoro de EE.UU, incrementando los precios del oro). Además, el conflicto geopolítico en el Mar Rojo y la demanda de los Banco Centrales por este metal siguen respaldando su precio. Esta expectativa sobre los tipos de interés de la FED genera que, para los próximos meses, se proyecte un nivel de precios futuros del oro levemente superior a su precio promedio en enero.

- Del total de la oferta de oro, un 76% proviene de la producción minera.

- En el contexto de América del Sur, los máximos productores de oro Perú, Brasil, Colombia, Bolivia y Argentina. Los principales consumidores de oro son: China, India, Estados Unidos, Alemania y Suiza.

- Uruguay, a pesar de ser un país con poca minería metálica, tiene varias opciones para la venta ante una potencial producción. Desde refinerías locales o internacionales hasta la explorar acuerdos comerciales con otros países o la comercialización a través de los mercados financieros. Pueden generarse múltiples vías para convertir el oro en una fuente de ingresos para el país.

CAPÍTULO 12: AGRADECIMIENTOS

A Liliana Castro por aceptar ser mi directora, apoyarme y generar ese impulso para que termine la Carrera de Especialización. Su orientación y su dedicación fueron excelentes en este proceso y también contribuyó significativamente a mi crecimiento profesional y personal. Gracias por comprenderme.

A Ana María Celeda, quien me escribió y acompañó para que no baje los brazos.

A la Carrera de Especialización que nos ayudó a hacer más llevaderos los días durante la pandemia, aportando momentos únicos y valiosos conocimientos.

A todos los docentes que formaron parte de la Especialización. Eran momentos duros, pero lograron que estemos conectados y acompañados.

A la Universidad Nacional de Tucumán en especial a la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo por formarme como profesional y darme herramientas para llegar a donde estoy hoy.

A Roberto Lencina, siempre presente en mi vida. Cruzarte y escucharte, aunque sea 5 minutos en un aeropuerto me alegra el corazón.

A Orosur Mining, empresa que me hizo crecer como profesional. Siempre han estado ahí, en los buenos y malos momentos. Somos un extraordinario equipo. Gracias Louis, Brad, Joaquín, Jero, Liliana y Alejandra.

A mis amigos/hnos de la vida, Jero, Nacho, Salteño, Goyo y Augusto. Estuvieron, están y estarán.

A la gurisada de Uruguay,

A mis amigos de la facultad.

A Boca, por darme tantas alegrías. Viajar a verte con en el Negro (salteño) son de las cosas más lindas que me pasaron en la vida. Ser hincha de boca es algo que no se puede explicar.

Capítulo aparte, mi familia.

Este trabajo es para vos viejita querida del alma donde quieras que estes. Me tiembla la mandíbula mientras escribo y va ser como salga (no vale borrar). Quizas esta

es la parte más difícil de todo el trabajo, pero también un lugar donde puedo expresarme. Realmente, no hay día que no piense en vos, extraño escucharte tarareando canciones que hoy no puedo oír sin quebrarme. Extraño verte renegar del mundo y tus frases sin filtro. Extraño tus planes e ideas locas y divertidas. Todavía no puedo dejar de estar enojado (o no sé cuál es la palabra correcta), pero es algo mío que tengo que resolver en algún momento. Sabes que soy muy Slavutsky, así que todo va por dentro. Gracias por ser siempre protectora y una guía incondicional (sé que lo seguís siendo). A veces, pienso que estas cerca, por un lado, me cago en las patas (pues eso no lo voy a cambiar) y por otro siento que nos proteges, nada bobadas de los 40. Gracias por haber luchado tanto, ganadora de mil batallas. Te extraño un montón viejita querida

A mi querido viejo, Coco, pa, como quieran decirle. No sé si alguna vez logré ser la mitad de padre que sos vos viejo. Paradójicamente, tengo la suerte de conocerte desde que nací. En los silencios que muchas veces compartimos encuentro tranquilidad y respuestas. Siempre sabio, pensativo, reflexivo, irónico y único. Viejo, gracias por todo, por tu sacrificio, por tu lucha y por no bajar los brazos nunca.

A Milagros, mi compañera, mi amiga, mi esposa, mi cable a tierra. Una de las dos razones por la que me despierto todos los días. Tenemos la suerte de compartir lo más hermosos del mundo que es a nuestro hijo. Sobrevivimos a una pandemia juntos, estamos criando a Licha en este mundo tan complejo, con vos no le tengo miedo a nada.

A Licha, mi precioso y amado hijo. ¿Algún día leerás esto?. El combustible de cada día. Te tocó un mundo complejo pero hermoso para ser vivido, te lo vas a comer en dos panes. Tus risas a diario, tus ideas, las aventuras que te generas, son las cosas más lindas que vi en la vida. Me salvaste y me devolviste el humor.

A mis hermanos Aníbal y Ariel. Seguimos siendo los 3. Los tres que fuimos juntos a la primaria, los tres que quedamos estudiando en Tucumán, los tres que bancamos la parada cuando las cosas se pusieron feas.

A mi otro hermano Francisco, ojalá encuentres el camino.

Evaluación como prospecto del área Mina de los Corrales, Departamento Rivera, una oportunidad para el desarrollo minero de la República del Oriental del Uruguay
Geol. Ernesto Javier Slavutsky

A mis sobrinos (Gregorio y Ezequiel) y mi cuñada Vanesa.

A Maria Elena, Fabián, Maxi, Santi y Anita. Hermosa suerte tengo de poder compartir con ustedes.

Al resto de mi familia y familia política.

Gracias de corazón a todos. Si me olvido de alguien es pura falta de memoria.

CAPÍTULO 13: BIBLIOGRAFÍA

Aldaz, A. (octubre 2023). Minería y Medioambiente - Un equilibrio necesario. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/miner%C3%ADa-y-medioambiente-un-equilibrio-necesario-anabela-aldaz-cnrqf/>

Almeida, F, Amaral, G, Cordani U, y Kawashita, K. (1973), The Precambrian evolution of the South American cratonic margin, South of Amazona. In: Nairn, A.C. M.; Kanes, W.H. y Stehli, F.G. (Eds.). The Ocean Basins and Margins, Plenum: 411-446, New York.

Baker, M (2006). Airphoto interpretation of Isla Cristalina, Uruguay - Final Report. OMI. Interno, no publicado. Bossi. J. y Campal, N. (1992) Paleozoico inferior de Ibero-América. Magmatismo y tectónica transcurrente durante el paleozoico inferior del Uruguay. Universidad de Extremadura, Alicante. Cap. 17: 343-356.

Bossi. J., Ferrando. L., Montaña. J, Campal. N., Morales. H. Gancio. F., Schipilov. A. Piñeyro. D. y Sprechman. P. (2001). Carta Geológica del Uruguay, Escala 1:500000 - Versión digital 2.0.

Cazaux, S. (2009). Geología, petrología y análisis estructural de la zona de Curtume – Zona centro de la Isla Cristalina de Rivera Trabajo final de la Licenciatura en Geología. Facultad de Ciencias-Udelar. Sin publicar. pp. 1-76

Cazaux, S. (2011). Potencial de la Isla Cristalina Este. Reporte interno. Orosur Mining.

Colvine, A.C., Fyon, J.A., Heather, K.B., Marmont, S., Smith, P.M. y Troop, D.G. (1988). Archean lode gold deposits in Ontario. Ontario Geol. Surv. Misc. Paper 139. 136 pp

Dubé, B. y Gosselin, P. (2007) Greenstone-Hosted Quartz-Carbonate Vein Deposits. In: Goodfellow, W.D., Ed., Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods, Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication 5, 49-73

Furtado A. (2014). Modelamiento geológico en 3d del depósito aurífero de tipo orogénico Argentinita, ubicado dentro del distrito minero Zapucay, Rivera”, Trabajo Final de la Licenciatura en Geología. Facultad de Ciencias-Udelar. Sin publicar.

Goldfarb, R.J., Phillips, G.N. y Nokleberg, W.J., (1998). Tectonic setting of synorogenic gold deposits of the Pacific Rim. Ore Geology Reviews, 13, 185–218

Groves. D.I, Goldfarb. R.J., Gebre-Mariam. M, Hagemann. S y Robert. F (1998). Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geology Reviews, 13: 7-27.

Groves. D.I., Goldfarb, R.J., Robert. F y Hart. C.J.R. (2003). Gold deposits in metamorphic belts: Overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance” *Economic Geology*, 98: 1-29.

La Villa. <https://portalminasdecorrales.org/la-villa/>

Menoni, M. I. y Techera, V. (2010). La minería: una actividad de interés nacional incentivos y limitaciones. *Revista CADE: Profesionales & Empresas*, 6(2), 61-68.

Mercado de Oro, actualizado a diciembre 2022. Secretaría de la Nación.

Oyhantçabal. P, Wagner-Eimer. M, Wemmer. K, Schulz. B, Frei. R y Siegesmund. S (2012) Paleo and Neoproterozoic magmatic and tectonometamorphic evolution of the Isla Cristalina de Rivera (Nico Perez Terrane, Uruguay). *International Journal of Earth Sciences*. 101 (7): 1745-1762.

Oyhantçabal. P. (2008). Estudio geoquímico de 10 prospectos: Arenal, La azotea, Laureles, Santa Teresa, San Gregorio; Santa María, Ombú, Argentinita, Veta Sur y veta A y perfil geoquímico de la perforación ALDDH63 (Mina Arenal). Informe interno.

Oyhantçabal P, Siegesmund S, Wemmer K, Presnyakov S, y Layer, P. (2009). Geochronological constraints on the evolution of the southern Dom Feliciano Belt (Uruguay). *Journal of the Geological Society*, 166(6), 1075-1084.

Oyhantçabal. P.; Siegesmund. S. y Wemmer. K. (2011) The Río de la Plata Craton: a review of units, boundaries, ages and isotopic signature. *Int. J. Earth Sci. (Geol Rundsch)*. 100:201-220

Precios de los principales minerales (2024). Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera. Secretaría de Minería.

Preciozzi. F., Spoturno. J.J., Heinzen. W. y Rossi. P. (1985). Memoria Explicativa y Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000”. *DI. NA. MI. GE. – Uruguay*. 39 -40

Quadros, T.; Koppe, J.; Adelir J.; Strieder A.; João Felipe Costa Leite. (2002) Arcabouço estrutural da Ilha Cristalina de Rivera (Uruguai) e sua implicação na potencialidade mineral. *Revista da Escola de Minas*, 55: 65-71.

Quadros T. F. P. (2000). Integração de Dados em ambiente SIG para Favorabilidade Mineral de Ouro na Ilha Cristalina de Rivera, Uruguai.

Quadros, T.; Koppe, J.; Strieder, A. (1995). Dynamic shear development and mineralization at the San Gregorio Gold Mine, Uruguai. En: *Second International Conference on the Mechanics of Jointed and Faulted Rocks*, Viena, Austria. Proceeding of the Second International Conference on the Mechanics of Jointed and Faulted Rocks. Viena, Austria.: Universidade Técnica de Viena. v. 1. p. 347-353.

Sánchez Bettucci. L., Peel. E y Masquelin. H. (2010). Neoproterozoic tectonic synthesis of Uruguay. *International Geology Review*, 52: 32 – 50.

Rossini, C. (2010). Isla Cristalina de Rivera, Análisis regional de Stream Sediments. Reporte interno. Orosur Mining.

Turnes, A. (2019). Francisco Vardy Davidson (1853-1921) de Edimburgo a Minas de Corrales.