

**INFORME TÉCNICO PROSPECTO IMPERIO,
SALAR DE MARICUNGA,
COMUNA DE COPIAPÓ, PROVINCIA DE COPIAPÓ
REGION DE ATACAMA, CHILE.**



**PREPARADO PARA:
S. L. M. IMPERIO DEL SALAR DE MARICUNGA**

**PREPARADO POR:
ALDO MORENO SALINAS
PERSONA COMPETENTE CALIFICADA REG. 328 (CHILE)
AMS ASESORÍAS GEOLÓGICAS LTDA.
LA FRAGUA 1247, BARRIO INDUSTRIAL, COQUIMBO, CHILE
FECHA: FEBRERO DE 2023**

CONTENIDO

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. CONFIANZA EN OTROS EXPERTOS	7
3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD	8
3.1 UBICACIÓN Y ACCESOS DE LA PROPIEDAD	8
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD	9
3.3 TIPOS DE DERECHOS MINEROS	13
3.4 DUEÑOS DE SUPERFICIE VERSUS DERECHOS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN.	14
3.5 POSICIÓN DE LAS LICENCIAS MINERAS.	14
4. CLIMA, RECURSOS LOCALES, INFRAESTRUCTURA Y GEOMORFOLOGIA.	15
4.1 CLIMA	15
4.2 FUENTES DE DATOS METEOROLÓGICOS	17
4.3 RECURSOS LOCALES E INFRAESTRUCTURA	17
4.4 GEOMORFOLOGIA.....	18
4.5 VEGETACIÓN	19
4.6 FAUNA.....	19
5. HISTORIA DEL DISTRITO MINERO	19
6. MARCO GEOLÓGICO	21
6.1 GEOLOGÍA REGIONAL	21
6.2 GEOLOGÍA LOCAL	23
7. TIPO DE DEPÓSITO	29
8. EXPLORACIÓN	34
8.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	34
8.2 GEOQUIMICA.....	36
8.2.1 INTERPRETACION DE DATOS GEOQUIMICOS ANTERIORES.....	36
8.2.2 MUESTREOS REALIZADOS EN ESTE ESTUDIO.....	38
8.2.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS OBTENIDOS	45
9. PERFORACIÓN	45
10. PREPARACIÓN, ANÁLISIS Y SEGURIDAD DE LA MUESTRA	45
10.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, PREPARACIÓN Y ENVÍO	45

10.2 ANÁLISIS DE FGF ANÁLISIS MINEROS LTDA.	46
11. VERIFICACIÓN DE DATOS	47
12. PROCESAMIENTO MINERAL Y PRUEBAS METALURGICAS.....	47
13. ESTIMACIONES DE RECURSOS MINERALES.....	50
14. ESTIMACION DE RESERVAS MINERALES.....	50
15. METODOS EXPLOTACION MINERA.....	51
16. METODOS RECUPERACION	51
17. INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	52
18. ESTUDIOS DE MERCADO Y CONTRATOS.....	52
18.1 ANALISIS DE MERCADO	54
19. ESTUDIOS AMBIENTALES, PERMISOS E IMPACTO SOCIAL.....	58
20. COSTOS CAPITAL Y FUNCIONAMIENTO	60
21. ANALISIS ECONOMICO.....	60
22. PROPIEDADES ADYACENTES	61
23. OTROS DATOS E INFORMACIÓN RELEVANTES	63
24. INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES	66
25. RECOMENDACIONES	67
26. REFERENCIAS.....	68
27. ABREVIATURAS.....	70
ANEXOS AL INFORME	72

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.	Camino de acceso al Salar de Maricunga	8
Figura 2.	Mapa ubicación Salar de Maricunga.....	9
Figura 3.	Concesiones Mineras Prospecto Imperio. En rojo las concesiones muestreadas	12
Figura 4.	Mapa de Radiación solar al norte de La Serena.....	16
Figura 5.	Mapa geológico regional Salar de Maricunga.....	22
Figura 6.	Mapa geológico local Salar de Maricunga	28
Figura 7.	Modelo USGS de formación de salares con contenido de litio	33
Figura 8.	Mapa topográfico Salar de Maricunga, Prospecto Imperio	35
Figura 9.	Mapa kriging para el elemento Litio (ppm).....	39
Figura 10.	Mapa kriging para el elemento Potasio (%)	40

Figura 11.	Mapa kriging para el elemento Magnesio (%)	41
Figura 12.	Mapa Kriging para elementos de tierras raras REE.....	43
Figura 13.	Imagen satelital Prospecto Imperio. Muestras extraídas numeradas	44
Figura 14.	Demanda de litio por (a) tipo y por (b) grado.	55
Figura 15.	Consumo del litio (a) total y (b) por baterías según Jurisdicción (2019).	56
Figura 16.	Proyección de la demanda de litio hasta 2030 (kt.LCE).	56
Figura 17.	Participación por país en las reservas de litio.....	58
Figura 18.	Propiedades mineras adyacentes al prospecto.	62
Figura 19.	Ubicación del sondaje MC1 de Codelco, dentro de la concesión Imperio 5 1/30	64

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.	Concesiones mineras que componen el Prospecto Imperio.....	10
Tabla 2.	Coordenadas centrales concesiones mineras	10
Tabla 3.	Fuente de datos meteorológicos	17
Tabla 4.	Concentraciones elementales históricas	30
Tabla 5.	Usos del litio.	54
Tabla 6.	Clasificación de los recursos de litio.	57
Tabla 7.	Clasificación de la producción de litio (2019).....	57
Tabla 8.	Concesiones mineras adyacentes al Prospecto Imperio	61

RESUMEN

El Prospecto Imperio se ubica en el Salar de Maricunga, comuna de Copiapó, Provincia de Copiapó, Región de Atacama, Chile.

El titular del Prospecto Imperio es la Sociedad Legal Minera Imperio del Salar de Maricunga. El prospecto se compone de ocho concesiones mineras denominadas Imperio 1, Imperio 3, Imperio 4, Imperio 5, Imperio 6, Imperio 7, Imperio 8 e Imperio 9, abarcando una superficie total de 2.300 hectáreas.

El Salar de Maricunga, está rodeado de sedimentos aluviales y fluviales de grano relativamente grueso. Estos abanicos delimitan el perímetro del salar actual y en profundidad se inclinan hacia el centro del salar donde forman la facies distal con un aumento de sedimentos de tamaño arena y limo.

La cuenca del salar está limitada al oeste por cordones montañosos alzados por las fallas inversas Vegas La Junta y Varillar, entre otras, que exponen un basamento del Paleozoico Superior – Terciario Inferior, cubierto por complejos volcánicos del Mioceno. El límite oriental de la cuenca está compuesto por la Cordillera Claudio Gay de orientación NS en la cual se expone secuencias volcanoclásticas deformadas del Oligoceno Superior – Mioceno Inferior sobre un basamento del Paleozoico Medio a Superior, representando el tras arco del frente volcánico preservado en la Franja Maricunga.

En la cuenca se concentran salmueras no solo ricas en litio, sino que también en potasio, sodio, boro y magnesio.

En el presente estudio se realiza el muestreo geoquímico de 2.000 hectáreas, correspondientes a la zona con sedimentos aluviales y con posibilidades de contener los elementos mas importantes de un salar.

Se adjuntan los valores de análisis químico ICP (UT-7) y la interpretación de los resultados obtenidos, mediante un diagrama Kriging.

El prospecto requiere de la realización de estudios geofísicos (TEM o Tomografía), para determinar la posición estratigráfica de los estratos saturados y de los niveles freáticos.

1. INTRODUCCIÓN

Por encargo de S. L. M. Imperio del Salar de Maricunga, se realiza el presente informe técnico, en las concesiones mineras del Prospecto Imperio, compuesto por 2.300 hectáreas, dentro de la cuenca del Salar de Maricunga.

El Salar de Maricunga está localizado a 180 km al noroeste de Copiapó, a una altura promedio de 3.760 metros sobre el nivel del mar, ubicado frente al Complejo Fronterizo San Francisco.

La cuenca del Salar de Maricunga es la segunda cuenca cerrada más grande de la Región de Atacama, después de la cuenca del Salar de Pedernales, está inserta en la zona denominada Puna o Alta Cordillera, posee una forma elongada en dirección norte-sur, la depresión donde se emplaza está flanqueada por escarpados cerros al este y oeste, donde nacen varias quebradas.

La cuenca de Maricunga es del tipo endorreica y su zona terminal contiene un salar tipo playa con numerosos cuerpos de agua salinos, la evaporación desde las zonas húmedas y lagunas cierra el balance hidrológico de la cuenca.

CORFO en 1998, realizó una estimación de reservas para Salar de Maricunga, estimando que en una superficie de aproximadamente 60 km² las reservas son de 1,7 millones de toneladas de potasio presentes en salmuera, con una ley promedio de 9,6 g/l y en una superficie de aproximadamente 70 km² se estiman reservas de 224 mil toneladas de litio presentes en la salmuera, con ley promedio de 1,06 g/l.

En el año 2018, la empresa Hernán Soza y Asociados, realizó un estudio geológico en este prospecto extrayendo siete muestras aleatorias, las cuales fueron analizadas por ICP (UT-1), confirmando el potencial exploratorio de este prospecto.

En el presente estudio se realizó el muestreo geoquímico de 20 muestras en la zona con sedimentos aluviales y con posibilidades de ratificar y completar el estudio realizados por Hernán Soza y Asociados.

Se adjuntan los valores de análisis químico ICP (UT-7) y la interpretación de los resultados obtenidos, mediante un diagrama Kriging.

2. CONFIANZA EN OTROS EXPERTOS

Para la realización del presente estudio geológico el autor ha confiado en la información entregada por los siguientes expertos.

- Comisión Chilena del Cobre y Servicio Nacional de Geología y Minería (COCHILCO-SERNAGEOMIN). 2013. Compilación de Informes Sobre: Mercado Internacional del Litio y El Potencial de Litio en Salares del Norte de Chile. Comisión Chilena del Cobre y Servicio Nacional de Geología y Minería (COCHILCO-SERNAGEOMIN): 319p.
- Cornejo, P.; Mpodozis, C.; Tomlinson, A. 1998. Hoja Salar de Maricunga, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Mapas Geológicos No. 7: 1 mapa escala 1:100.000.
- Hernán Soza y Asociados (2018). Informe de muestreo, Proyecto Imperio Blanco, Salar de Maricunga, Región de Atacama, Chile.
- Propiedad Minera Digital (2022) Catastro minero (www.propiedadminera.cl).
- Riquelme Briones, Javier (2022), Memoria de Título: Caracterización Geológica y Potencial Económico de los Prospectos Imperio SR, Intersalar y Olimpo, Salares de Pedernales y Maricunga, Región de Atacama, Chile.
- Sernageomin (2022), Catastro de Concesiones Mineras.
- Tassara, A. 1997. Geología del Salar de Maricunga, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Informe Registrado, IR-97-10: 33p., 1 mapa escala 1:50.000.
- Venegas, M.; Iriarte, S.; Aguirre, I. 2000. Mapa Hidrogeológico de la Cuenca Salar de Maricunga: Sector Ciénaga Redonda. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Documentos de Trabajo No. 18: 1 mapa escala 1:100.000.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD

3.1 UBICACIÓN Y ACCESOS DE LA PROPIEDAD

Las concesiones mineras que componen el Prospecto Imperio se ubican en el Salar de Maricunga el cual se localiza aproximadamente a 130 km al este de la ciudad de Copiapó. Las coordenadas UTM centrales aproximadamente corresponden a E: 501.700 m y N: 7.031.000 m (Datum WGS 84, H19S).

Para acceder al Prospecto Imperio se debe tomar la ruta C-35 que conecta la ciudad de Copiapó con la localidad de Paipote, recorridos 8 kilómetros aproximadamente se debe continuar por la Ruta Internacional hacia Argentina (CH-31), mediante esta ruta se logra acceder a la parte norte del Salar de Maricunga, con un recorrido total de 170 kilómetros desde la ciudad de Copiapó.



Figura 1. Camino de acceso al Salar de Maricunga

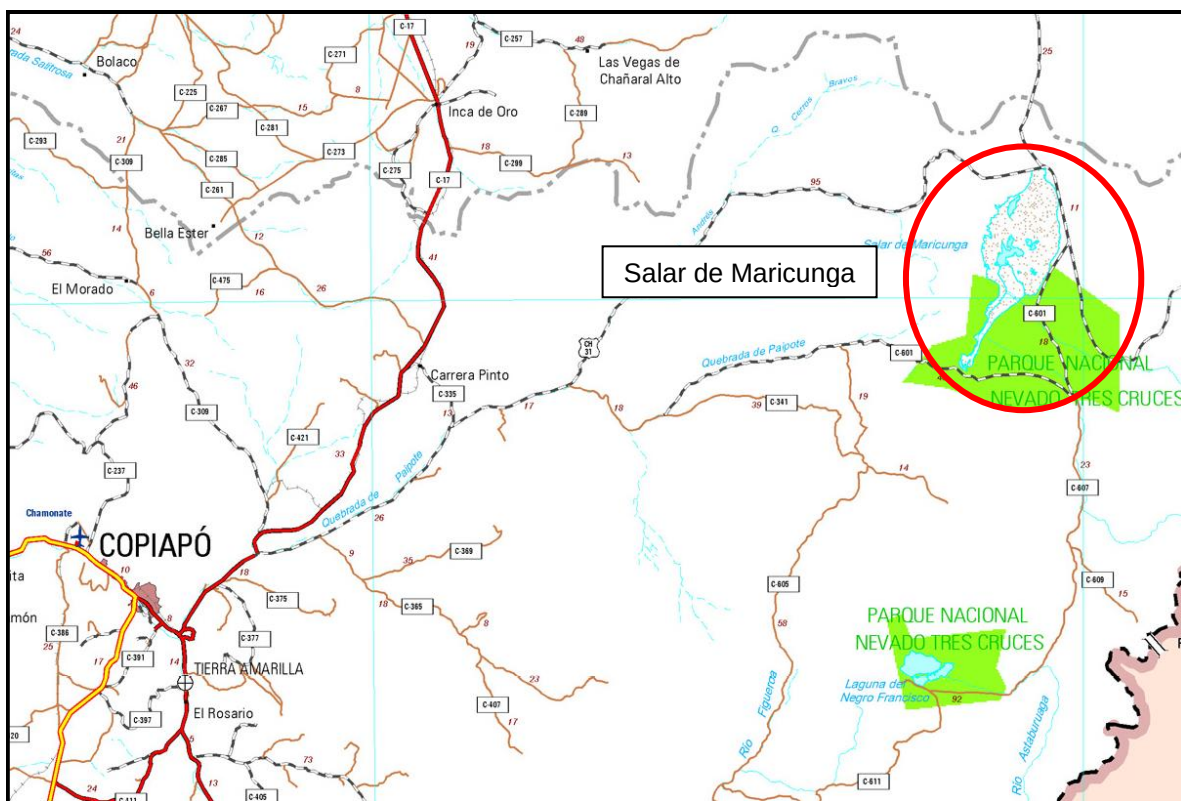


Figura 2. Mapa ubicación Salar de Maricunga

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD

Los titulares del Prospecto Imperio son las Sociedades Legales Mineras Imperio 1, Imperio 3; Imperio 4; Imperio 5: Imperio 6; Imperio 7, del Salar de Maricunga, abarcando una superficie total de 2.300 hectáreas.

Las concesiones se encuentran inscritas en el Conservador de Minas de Copiapó, el detalle de cada una de las concesiones mineras antes señaladas se presenta en la tabla 1.

Las concesiones mineras se encuentran vigentes, libre de hipotecas y gravámenes y libre de Litigios. Se adjuntan Certificados del Conservador de Minas.

Nombre Concesión	Concesionario	Rol	Juzgado	Inscripción			Conservador
				Fojas	Número	Año	
Imperio 1 1/30	SLM Imperio 1 Una del Salar de Maricunga	V-58-2023	2° de Letras	185	116	2023	Copiapó
Imperio 3 1/20	SLM Imperio 3 Una del Salar de Maricunga	V-59-2023	4° de Letras	189	120	2023	Copiapó
Imperio 4 1/30	SLM Imperio 4 Una del Salar de Maricunga	V-59-2023	3° de letras	191 vta.	122	2023	Copiapó
Imperio 5 1/30	SLM Imperio 5 Una del Salar de Maricunga	V-57-2023	2° de Letras	193 vta.	124	2023	Copiapó
Imperio 6 1/30	SLM Imperio 6 Una del Salar de Maricunga	V-61-2023	1° de Letras	195 vta.	126	2023	Copiapó
Imperio 7 1/30	SLM Imperio 7 Una del Salar de Maricunga	V-58-2023	4° de Letras	197 vta.	128	2023	Copiapó
Imperio 8 1/30	SLM Imperio 7 Una del Salar de Maricunga	V-58-2023	3° de letras	199 vta.	130	2023	Copiapó
Imperio 9 1/30	SLM Imperio 7 Una del Salar de Maricunga	V-60-2023	4° de Letras	201 vta.	132	2023	Copiapó

Tabla 1. Concesiones mineras que componen el Prospecto Imperio.

Concesion	Superficie
Imperio 1 1/30	300
Imperio 3 1/20	200
Imperio 4 1/30	300
Imperio 5 1/30	300
Imperio 6 1/30	300
Imperio 7 1/30	300
Imperio 8 1/30	300
Imperio 9 1/30	300
	2300

Tabla 2. Superficie concesiones mineras que componen el Prospecto Imperio

CONCESIÓN	VÉRTICES	COORD NORTE	COORD ESTE
IMPERIO 1 1/30	1	7.034.000	497.000
	2	7.034.000	500.000
	3	7.033.000	500.000
	4	7.033.000	497.000
IMPERIO 2 1/20	5	7.035.000	498.000
	6	7.035.000	501.000
	7	7.034.000	501.000
	8	7.034.000	498.000
IMPERIO 3 1/20	9	7.034.000	502.000
	10	7.034.000	504.000
	11	7.033.000	504.000
	12	7.033.000	502.000
IMPERIO 4 1/30	13	7.033.000	501.500
	14	7.033.000	504.500
	15	7.032.000	504.500
	16	7.032.000	501.500
IMPERIO 5 1/30	16	7.032.000	501.500
	17	7.032.000	502.500
	18	7.029.000	502.500
	19	7.029.000	501.500
IMPERIO 6 1/30	16	7.032.000	501.500
	17	7.032.000	502.500
	18	7.029.000	502.500
	19	7.029.000	501.500
IMPERIO 6 1/30	16	7.032.000	501.500
	17	7.032.000	502.500
	18	7.029.000	502.500
	19	7.029.000	501.500
IMPERIO 6 1/30	17	7.032.000	502.500
	20	7.032.000	503.500
	21	7.029.000	503.500
	18	7.029.000	502.500
IMPERIO 7 1/30	20	7.032.000	503.500
	15	7.032.000	504.500
	22	7.029.000	504.500
	21	7.029.000	503.500
IMPERIO 8 1/30	23	7.029.000	502.000
	24	7.029.000	505.000
	25	7.028.000	505.000
	26	7.028.000	502.000
IMPERIO 9 1/30	26	7.028.000	502.000
	25	7.028.000	505.000
	27	7.027.000	505.000
	28	7.027.000	502.000

Tabla 3. Coordenadas de vértices de las concesiones del Prospecto Imperio

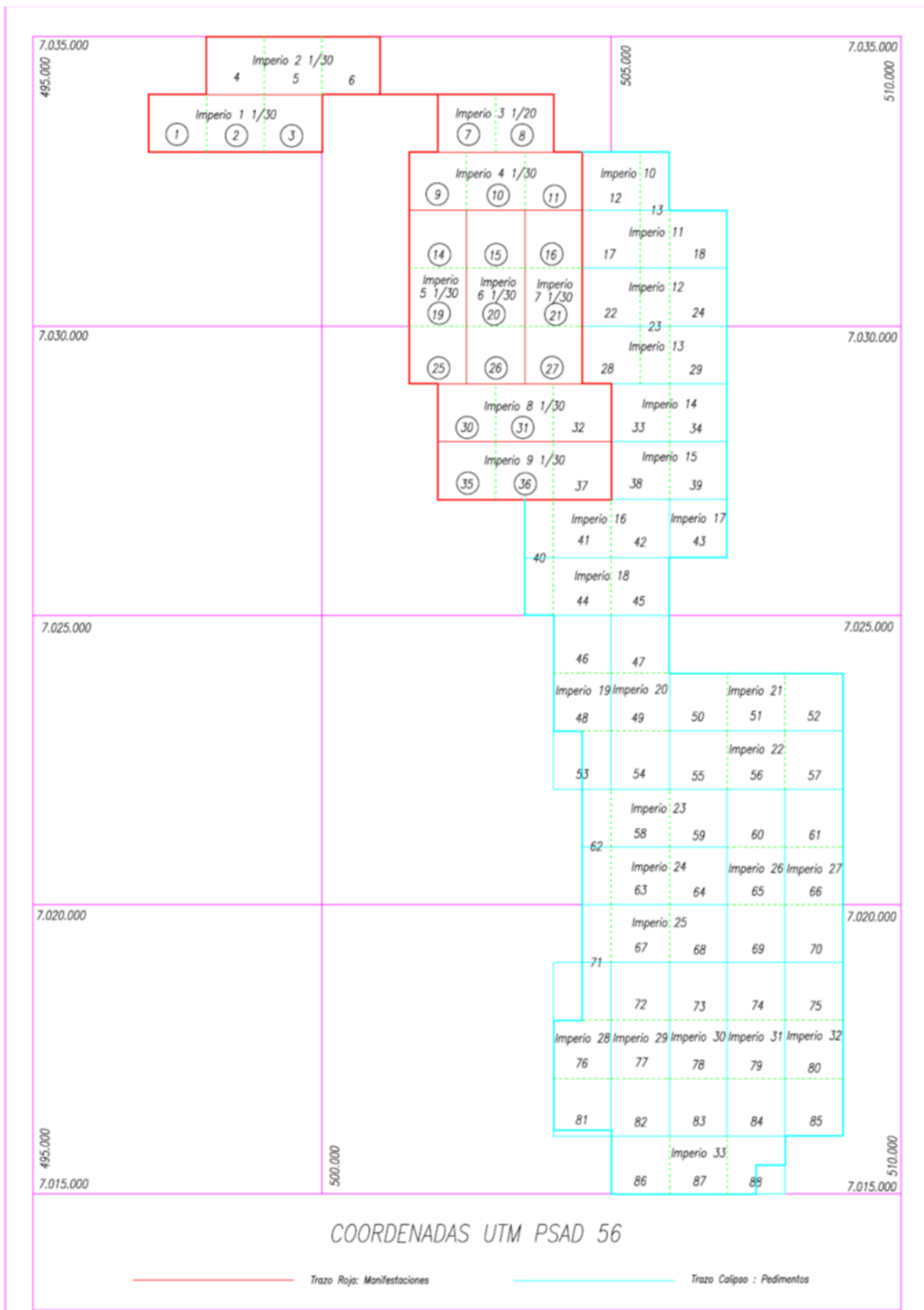


Figura 3. Concesiones Mineras Prospecto Imperio. En rojo las concesiones muestreadas

3.3 TIPOS DE DERECHOS MINEROS

Existen dos tipos de derechos bajo la regulación minera chilena: Pedimentos (Concesiones Mineras de Exploración) y Manifestaciones (Concesiones Mineras de Explotación).

Pedimentos (Concesiones Mineras de Exploración) es una licencia que permite al titular de la concesión explorar la propiedad por un período de tiempo de tres meses y luego debe solicitar se dicte una Sentencia Constitutiva de Exploración, la cual permite explorar por dos años más. Antes de la finalización de los dos años el concesionario debe optar por una de estas dos opciones:

Opción A, transformar la concesión de exploración a una concesión minera de explotación, realizando una Manifestación.

Opción B, reducir la superficie de la concesión de exploración a lo menos a la mitad de la superficie original, obteniendo dos años más de prórroga, en las mismas condiciones establecidas en el artículo 112 del Código de Minería de Chile.

Manifestación (Concesión Minera de Explotación) es una licencia que permite al titular poder explotar sustancias mineras concesibles sujetas a la aprobación regulatoria y ambiental. La Manifestación deberá ser mensurada dentro de los plazos que la ley otorga y posteriormente el titular deberá solicitar la Sentencia Constitutiva de Explotación. La concesión minera de Explotación no caduca en el tiempo, a excepción del no pago de la patente anual establecida por la Tesorería General de la República de Chile. El no pago de la patente anual de una concesión minera, podría generar su remate.

3.4 DUEÑOS DE SUPERFICIE VERSUS DERECHOS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN.

Las concesiones mineras de exploración y de explotación se otorgan en Chile en virtud de un acuerdo con un procedimiento especial establecido en el Código de Minería de Chile de 1983.

Las Servidumbres Mineras se encuentran establecidas en la misma Constitución Política que dispone: “Los predios superficiales estarán sujetos a las obligaciones y limitaciones que la ley señale para facilitar la exploración, la explotación y el beneficio de dichas minas” (Artículo 19, número 24, inciso sexto, parte final de la Constitución Política).

De igual manera y con igual propósito, las concesiones mineras entre sí también están sujetas a servidumbres.

La Ley Orgánica Constitucional sobre las concesiones mineras, se ocupó largamente del tema en su artículo octavo, que en su primer inciso dispuso: “Los titulares de concesiones mineras tienen derecho a que se constituyan las servidumbres convenientes a la exploración y explotación mineras”.

En síntesis, la ley faculta al concesionario para imponer servidumbres al concesionario de exploración o de explotación, al titular de un establecimiento de beneficio y al que ejerce la facultad de catar y cavar.

Las servidumbres pueden recaer en un predio o en una concesión minera.

3.5 POSICIÓN DE LAS LICENCIAS MINERAS.

Las concesiones de minerales se otorgan a los solicitantes mediante un fallo judicial en un Tribunal Civil y se registran en el Registro Público de Minas.

Hay dos tipos de concesiones: concesiones de exploración y concesiones de explotación. No es necesario tener una concesión de exploración antes de una concesión de explotación.

Las concesiones mineras se consideran propiedad legalmente y son independientes de los derechos de propiedad sobre las viviendas de superficie.

El titular de las concesiones de exploración o explotación tiene derechos exclusivos para explorar o explotar minerales dentro de los límites de la concesión. Las concesiones mineras se otorgan por orden de llegada.

Las concesiones de exploración se otorgan durante los dos años iniciales y están sujetas a una tarifa anual. Si las concesiones de exploración no se convierten en concesiones de explotación, las concesiones de exploración se pueden renovar por dos años adicionales, pero se requiere que renuncien a la mitad de la superficie.

Las concesiones de explotación son indefinidas, siempre que el titular pague una tarifa de concesión anual. Los derechos de concesión pueden ser cedidos a través de un proceso regulatorio o pueden ser revocados si el titular incumple los requisitos formales, como la falta de pago de la tarifa anual.

4. CLIMA, RECURSOS LOCALES, INFRAESTRUCTURA Y GEOMORFOLOGÍA.

4.1 CLIMA

El clima en el Salar de Maricunga es seco, frío y típico de gran altitud, el promedio anual de temperaturas en el Salar de Maricunga se estima entre 5°C y menos 6°C.

Las precipitaciones invernales alcanzan en promedio a 72 mm de agua y en verano a 1 mm, alcanzando una temperatura máxima promedio de 18,8°C, mientras que la temperatura promedio entre los meses de octubre a marzo es de 9,1°C. La evapotranspiración potencial promedio de diciembre a febrero es de 508 mm/día.

La precipitación en el Salar de Maricunga puede ocurrir durante los meses de enero y febrero como resultado de los efectos del invierno altiplánico y durante los meses de junio y agosto. La intensidad de estos patrones anuales de lluvia está significativamente influenciada por la Corriente de El Niño.

Se han recolectado datos climatológicos del Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia en base a registros obtenidos de las estaciones meteorológicas más próximas a los salares de Maricunga y Pedernales, dentro de las cuales se

encuentran Pastos Grandes (a 53 km al suroeste del Salar de Maricunga) y la estación Las Vegas (a 70 km al suroeste del Salar de Pedernales).

Los datos registrados expuestos corresponden al rango de tiempo entre los meses de enero de 2017 a diciembre de 2019.

Los datos indican un promedio dentro del periodo indicado, de 3,53 mm para Pastos Grandes y 27,92 mm en Las Vegas, entregando un promedio de 15,72 mm para el área comprendida entre los Salares de Maricunga y Pedernales.

La radiación solar es la entrada de energía más importante para la evaporación.

Las estimaciones de Radiación Solar regional sugieren que la radiación solar en Salar de Maricunga cae en el rango de 1,700 a 1,900 (Kwh/m²) por año.

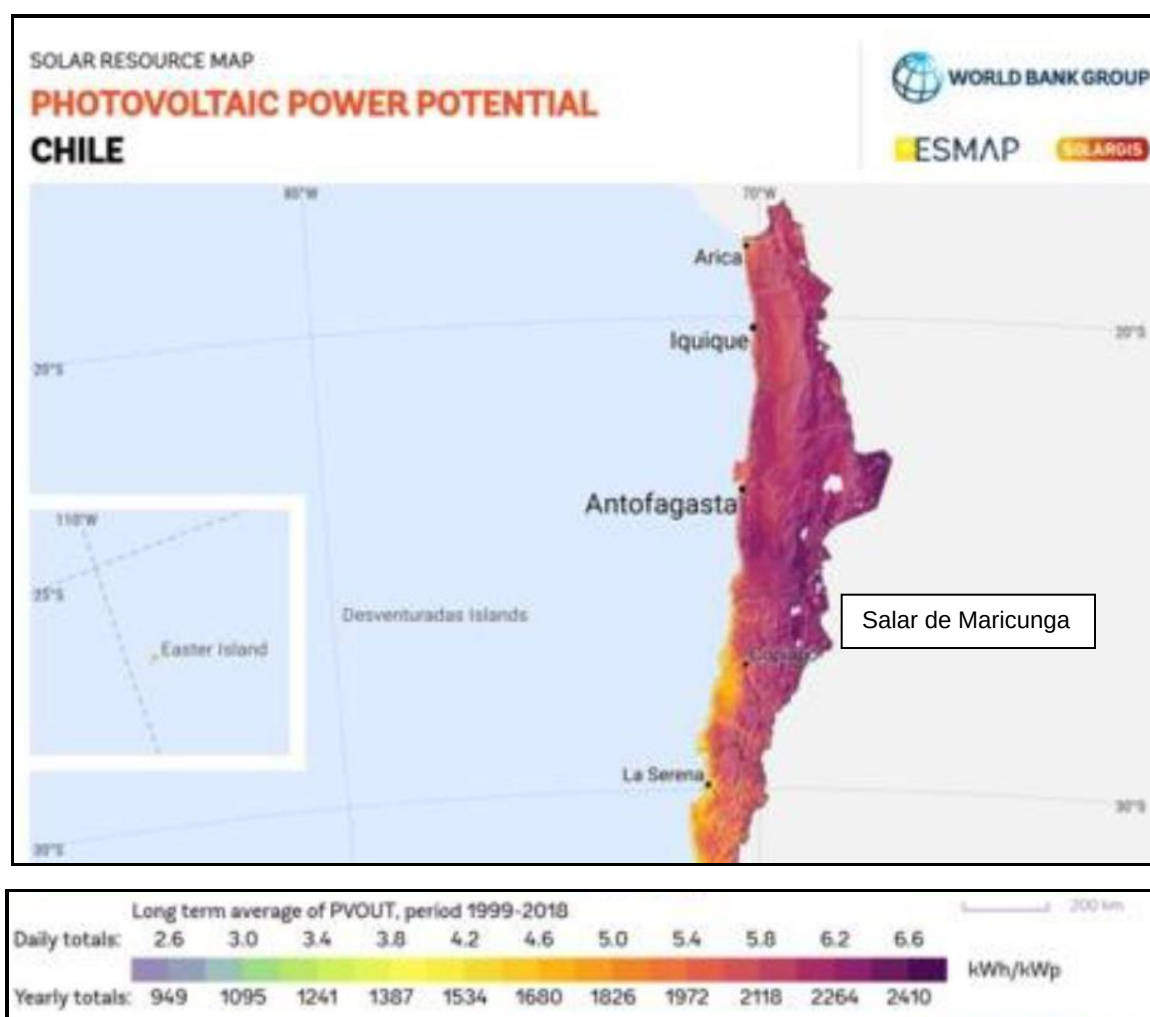


Figura 4. Mapa de Radiación solar al norte de La Serena.

4.2 FUENTE DE DATOS METEOROLÓGICOS

Las fuentes de datos meteorológicos son:

Estación	Código BNA	Cuenca	Elevación	Distancia	Periodo
Las Vegas	03210001-5	Río Salado	2500	70 km SW	1984-2019
Pastos Grandes	03441001-1	Río Copiapó	2260	53 km SW	1966-2019

Tabla 4. Fuente de datos meteorológicos

4.3 RECURSOS LOCALES E INFRAESTRUCTURA

Los centros poblados más cercanos al prospecto son Copiapó y El Salvador.

Copiapó es la capital regional y además un importante centro minero regional, localizado a 170 km de la parte norte del salar. Posee centros comerciales, supermercados, hoteles, restaurantes, colegios, universidades, servicios públicos (Municipalidad, Juzgados, Conservador de Minas, Policía, Bomberos, correos, Hospital).

La región al ser un importante distrito minero cuenta con insumos, herramientas, maquinaria y repuestos para equipos de minería, de fácil acceso y en abundancia, además de mano de obra calificada.

El Salvador es otra opción de abastecimiento, se ubica a 140 kilómetros al NW del Salar de Maricunga, es una ciudad campamento de 7.000 habitantes y está administrada por la División Codelco El Salvador.

La infraestructura local en el Salar de Maricunga, incluye la Ruta Internacional R-31 y una línea de energía eléctrica instalada en forma paralela a la Ruta Internacional. Hay una Oficina de Aduana en el extremo norte del salar que cuenta con personal las 24 horas, durante todo el año.

Aproximadamente a 80 km al oeste de la ciudad de Copiapó, se ubica el Puerto de Caldera, el cual cuenta con excelentes instalaciones como muelle para carga general, liquido, descarga de combustible y carga a granel.

El puerto de Chañaral se encuentra a unos 250 km al oeste del Salar de Maricunga.

4.4 GEOMORFOLOGÍA

La geología presente en la cuenca del Salar de Maricunga corresponde a una variedad de rocas volcánicas, plutónicas y material sedimentario, el salar es una costra de halita y yeso con pequeñas lagunas saturadas (salmueras) generalmente adyacentes a las orillas y que son alimentadas por aportes provenientes de quebradas y arroyos, existiendo infiltración de estos aportes al subsuelo alimentando acuíferos subterráneos.

La cuenca superficial al Salar de Maricunga se divide en 23 subcuencas (DGA, 2009), que representan las sub áreas aportantes a la depresión más la depresión misma en que se encuentra el salar. Los tributarios más importantes son el Río Lamas por el este y Ciénaga Redonda por el sur, que encauza algunos cursos intermitentes de agua debido a aportes de lluvias esporádicas y fusión nival de las altas cumbres que lo rodean, permitiendo el desarrollo de vegas.

La cuenca hidrográfica del Salar de Maricunga abarca 2.195 km² en el Altiplano de la Región de Atacama. La elevación promedio de la cuenca es de 4.295 m.s.n.m., mientras que la altura máxima es de 6.792 m y la elevación mínima es de 3.738 m.s.n.m. El Salar de Maricunga en sí está ubicado en el extremo norte de la cuenca hidrográfica y cubre 142.2 km² (DGA 2009).

El flujo principal de agua superficial en la parte inferior de la cuenca se produce en Río Lamas que se origina en Macizo de Tres Cruces. El flujo promedio en Río Lamas es 240 (l/s). Todos los flujos del infiltrado de Río Lamas están en el Llano de Ciénaga Redonda (DGA 2009).

El segundo flujo de entrada más grande a la parte inferior de la cuenca se produce en la Quebrada Ciénaga Redonda. El caudal promedio es de 20 (l/s). Todo el flujo se infiltra también en el Llano de Ciénaga Redonda (DGA 2009).

Laguna Santa Rosa se encuentra en la extensión suroeste del piso del valle de la cuenca y se alimenta principalmente a nivel local por descarga de aguas subterráneas. Esta laguna drena hacia el norte a través de un estrecho canal natural en el propio Salar. Se produce una descarga adicional de aguas subterráneas a lo largo del camino de este canal y el flujo de agua superficial se ha registrado a 200-300 (l/s) (DGA 2009).

4.5 VEGETACIÓN

Las características biogeográficas, se relacionan con las condiciones climáticas y las unidades de relieve de esta región. La falta de agua, las fuertes temperaturas y las amplitudes térmicas, marcan un tipo de vegetación muy escaso.

En esta región es posible encontrar especies xeromórficas que son capaces de soportar la aridez del desierto, como la yareta compacta.

La población bofedal está compuesta por *Oxychloe andina* y *Zameioscirpus atacamensis*, se encuentran vegas como *Deyeuxia velutina* y *Deyeuxia eminens*, además de *Scirpus* sp, *Stipa frígida* y *Adesmia aegiceras* entre los cojinetes.

4.6 FAUNA

En la zona altiplánica es posible encontrar la siguiente fauna: Llamas y Alpacas (domesticadas), Guanacos, Vicuñas, entre los principales camélidos.

Entre las aves presentes destacan los piuquenes, taguas, perdices altiplánicas, flamencos, gaviotas andinas y ñandúes (Suri).

Entre los roedores es posible encontrar vizcachas, liebres, quirquinchos y conejos.

5. HISTORIA DEL DISTRITO MINERO

En el año 1982 el Comité Sales Mixtas-Corfo, muestreó la zona norte del Salar de Maricunga, cubriendo una superficie del orden de 60 km² se cubió del orden de 1,7 millones de toneladas de potasio, equivalentes a 3,25 millones de toneladas de cloruro de potasio (KCl), que al considerar un 50% de recuperación, se obtiene del orden de 1.6 millones de toneladas de KCl recuperable.

Del mismo modo, en una superficie del orden de 70 km² del salar, se calculó la existencia de 232.000 toneladas de litio in situ, de las cuales se podrían recuperar del orden de 93.000 toneladas de litio, un 40% del total, que se convierten en aproximadamente 493.000 toneladas de carbonato de litio Li₂CO₃.

Dichos estudios fueron realizados por CORFO, quien poseía a esa fecha un total de seis concesiones mineras denominadas Litio 1, Litio 2, Litio 3, Litio 4, Litio

5 y Litio 6. En esos años las concesiones mineras eran escasas, ya que fundamentalmente eran propiedad de Codelco y Soquimich, manifestadas bajo el Código de Minería de 1932.

En la actualidad es bastante diferente, ya que existen cientos de concesiones mineras de particulares, mayoría de las cuales nunca llegan a constituirse, fundamentalmente debido a que, en el año 1979, se establece el Decreto 2886, el cual estipula que el litio es reserva para el Estado y no es concesible, con excepción de las concesiones mineras constituidas antes de 1979.

Ante la eventualidad de negociación directa con empresas que operan en el país, se ha abierto la discusión para considerar al litio como una sustancia concesible, de tal manera que todos tengan la misma oportunidad de acceder libremente al recurso, través de una concesión minera otorgada por el Estado de Chile.

Actualmente, hay que considerar que el litio contenido en los salares no es susceptible de concesión minera, puesto que, según lo establecido en el artículo tercero de la ley orgánica constitucional sobre concesiones mineras (Ley N° 18.097), para su explotación y beneficio se requiere una concesión administrativa o un contrato especial de operación (CEO) bajo las condiciones que el presidente de la República fije por Decreto Supremo.

6. MARCO GEOLÓGICO

6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se extiende a lo largo del borde occidental del Altiplano entre los 26°45' y 27°40' S, el cual está formado principalmente por una cadena de cuerpos volcánicos miocenos inactivos, destacándose en el área de estudio el Complejo Volcánico Copiapó que incluye al Volcán Copiapó de 6.052 metros de altura y a los volcanes San Román, Azufre y Azufre Norte; el Complejo Volcánico Ojos del Salado y los volcanes asociados: Incahuasi, Santa Rosa, Pastillos, Lagunillas, Pastillitas, y Villalobos; finalmente, en el extremo sur del área, la caldera del volcán La Laguna.

Estos volcanes se localizan en una estrecha franja de 30 km de ancho y 200 km de largo denominada Franja Maricunga, cuyos límites sobrepasan la zona de este estudio.

Los centros volcánicos están sobre un basamento que incluye unidades volcánicas e intrusivas del Paleozoico, Mesozoico y Terciario Inferior. En el centro del área de estudio se desarrollan las cuencas cerradas de los Salares de Maricunga, y Laguna del Negro Francisco los cuales se ubican en un plateau elevado de 3.800 metros de altura.

Hacia el este se encuentran la Cordillera Claudio Gay formada por rocas del basamento Paleozoico y secuencias volcano-sedimentarias terciarias, la cual antecede hacia el este al arco volcánico activo, ubicado a 60 km al este de la Franja Maricunga, entre los cuales se destaca el edificio volcánico de mayor altura en el mundo, Ojos del Salado con 6.880 metros de altura.

La geología del salar ha sido estudiada recientemente por Tassara (1997). La geología de la cuenca es una variedad de formaciones volcánicas, rocas plutónicas y terrenos sedimentarios.

El salar es una costra de halita (NaCl) y yeso (CaSO₄.H₂O) con pequeñas lagunas generalmente adyacentes a la orilla. Contiene un yacimiento de borato (ulexita: Na₂B₅O₉.8H₂O).

Los principales aportes de aguas superficiales al salar están dados por 7 arroyos ubicados entre 4.000 m y 4.500 m de altura y que se infiltran aguas abajo, alimentando napas subterráneas. Al extremo sur del salar hay una pequeña laguna independiente: la laguna Santa Rosa. Se ha observado en terreno que la laguna está conectada al salar por un canal de buen caudal (~200-300 l/s) que alimenta un complejo sistema lagunar.

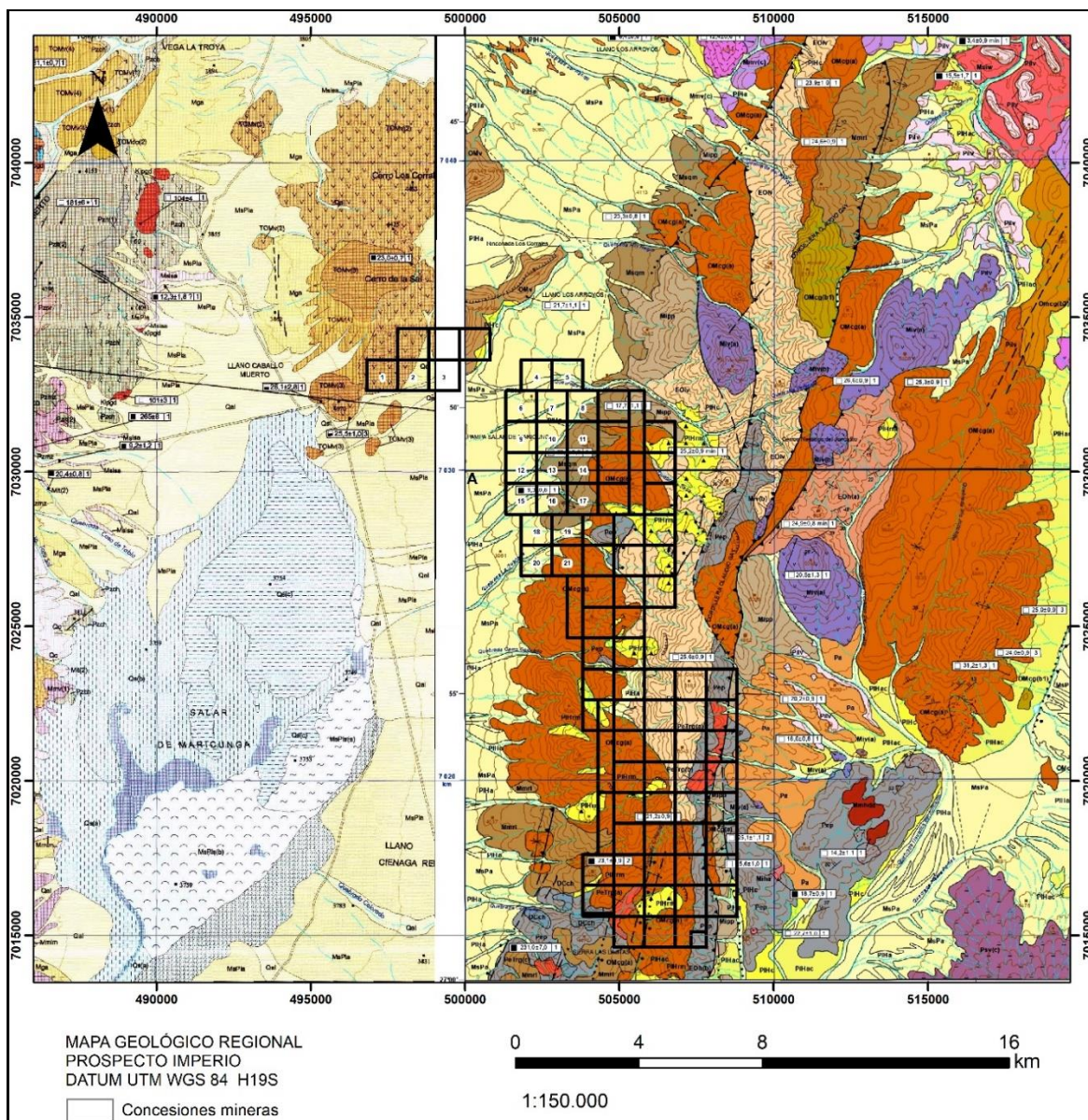


Figura 5. Mapa geológico regional Salar de Maricunga

6.2 GEOLOGÍA LOCAL

El salar de Maricunga es clasificado como un Salar preandino que se compone de costras salinas de cloruros en la parte noroeste y de sulfatos en la parte sureste, separadas por lagunas salobres orientadas NE-SW. También contiene un depósito de boratos en forma de ulexita en el sur.

El salar alimenta la laguna Santa Rosa ubicado en el extremo sur por medio de un canal con caudal de 200-300 l/s. La cuenca del salar está rodeada por dacitas y andesitas con rocas plutónicas y rocas sedimentarias intercaladas con rocas volcánicas. Se le agrega una subcuenca con 845 km² de superficie al este del salar y su límite pasa por el Volcán Nevado Tres Cruces, el Portezuelo Tres Cruces y la Cordillera Claudio Gay. Esta sub-cuenca alimenta supuestamente el salar.

La geología del sistema salino puede agruparse en tres facies principales: facies cloruradas, facies boratadas y facies sulfatadas.

Unidad Salina Qs-L: Limos salinos en una capa fina compuesta por arcillas, limos y arenas de grano fino cementadas con sales, dispuesta sobre niveles de detritus.

Facies Cloruradas

Unidad Salina Qs-Ih: Lamina de halita limitada con depósitos aluviales, el basamento volcánico o separado de estos, por afloramientos de la napa freática. Presenta límites transicionales hacia unidades salinas proximales y hacia la laguna salobre central. Se compone de un agregado cristalino de halita, depositado sobre limos saturados en agua.

Unidad Salina Qs-Ih1: Lámina de halita con canales de disolución limitado al oeste con el basamento y los depósitos aluviales al oeste y con un río interior que nace de la laguna salobre principal al este. Está compuesta por un agregado de cristales de halita sobre limos saturados en agua, pero surcada por numerosos canales que nacen en la laguna salobre más occidental y en la base del cono aluvional. Estos canales escurren hacia el sureste para confluir con el río interior. Cuenta con

porcentajes relevantes de sulfatos (3,7-6% yeso) y boratos (8,31% ulexita), indicando probables mezclas con las unidades salinas al este del río interno.

Unidad Salina Qs-H1: Costra salina llana de halita que aflora al norte de las lagunas salobres, extremo norte y este del salar, y como una prolongación NS dentro de la Unidad Salina Qs-H3. Está limitada al oeste con el basamento volcánico, al norte con la Unidad Salina Qs-L de limos salinos y al este con los depósitos aluviales. Se compone por un agregado de cristales de halita dispuesto sobre limos en los afloramientos del norte y este. Probablemente representa un régimen de disolución y redepositación estacional, fenómeno que impide la formación de bloques.

Unidad Salina Qs-H2: Costra salina transicional hacia bloques de halita. Bloques se forman por las aristas despegando del sustrato salino. Presenta contactos graduales con las otras unidades salinas.

Unidad Salina Qs-H3: Costra salina de halita en bloques con contactos graduales con otras unidades salinas Qs-H1 y Qs-H2. Al sur de las lagunas salobres, presenta un cuerpo elongado de orientación NE y de 1 Km de ancho. Se compone de cristales de halita, sollevantados de 0,5 a 1 metro del sustrato salino, fenómeno que resulta en extrema rugosidad y se genera por el crecimiento de sales desde las aristas de los polígonos hacia fuera, de manera que levanta la costra previamente cristalizada. Presenta un color pardo amarillo oscuro por el detritus de origen eólico.

Facies Boratadas:

Unidad Salina Qs-b1: Costra salina boratada de yeso, limitando gradualmente al norte con la unidad salina Qs-b2, al sureste con vegas inundadas y separada al oeste de la unidad salina Qs-lh1 por el río interno del salar. Está compuesta por cristales finos de yeso, formando una costra gruesa y plana con su morfología interrumpida por los montículos constituidos por un agregado de calcita y detritus rodeados por bolsones de ulexita.

Unidad Salina Qs-b2: Costra boratada de halita y yeso que aflora entre las unidades salinas Qs-b1 y Qs-b3, con contactos graduales con la unidad salina Qs-Y2 hacia el este. Está limitada al oeste por el río interno que atraviesa el salar. Se compone por un agregado pulverulento de cristales de halita, yeso e importantes proporciones de ulexita. Contiene orificios de entre 10 a 15 cm que conectan con el nivel freático ubicado a entre 20 a 50 cm de profundidad, generados probablemente por desplomes gravitacionales de la costra.

Unidad Salina Qs-b3: Costra salina boratada de halita y poco yeso en contacto con la laguna salobre central en su límite norte, mostrando contactos graduales con la unidad salina Qs-b2 y con las unidades salinas cloruradas Qs-H1 y Qs-H3.

Está compuesta por un agregado de grano fino y pulverulento de cristales de halita, escaso yeso y ulexita. Presenta estructuras de desplome en donde la napa freática aflora o se encuentra a somera profundidad.

En una sección vertical de 80 cm de profundidad ubicada sobre la base de la laguna salobre central, se observan tres subunidades más: 1) ulexita húmeda mezclada con limos y arcillas, 2) Intercalaciones de halita y limos pardo rojizo con grietas rellenas con halita y 3) Limos pardos cementados con salares y lámina de halita en el techo. Subyace a estas subunidades otra unidad maciza y erosionada de ulexita húmeda que contiene 65,5% ulexita, 31% halita y 3,6% yeso.

Facies Sulfatadas

Unidad Salina Qs-Y1: Costra salina sulfatada de halita que aflora como un cuerpo elongado de orientación NE tradicionalmente con las unidades salinas Qs-b3 al suroeste, Qs-H3 al noroeste, con las vegas al sureste y con un cono aluvional que progresa sobre ella al este. Se compone por un agregado de grano fino pulverulento y nodular de halita y un 30% de yeso y anhidrita.

Unidad Salina Qs-Y2: Costra salina clorurada de yeso ubicada al norte de la laguna salobre más oriental, en continuidad con la unidad salina Qs-H1. Está constituida

por cristales de yeso (65%) y halita (35%), formando un agregado botroidal en nódulos de 2 cm.

DEPÓSITOS ALUVIALES ANTIGUOS: Bancos de gravas y bloques de bajo redondeamiento y selección, matriz soportados, consistente en abundante arena y limo, y locamente lentes de arena fina. Constituyen extensos conos aluviales de baja pendiente (0,05%) y depósitos de llanuras de inundación desarrollados en los márgenes de las cuencas endorreicas de Pedernales y Maricunga.

En el margen suroriental del salar de Maricunga, presentan formas cónicas muy extendidas (0,03-0,05%), que progradan sobre las costras antiguas del salar.

DEPÓSITOS ANTIGUOS SALINOS DEL SALAR DE MARICUNGA: Costras sulfatadas y boratadas que afloran en la zona suroriental del salar, levantadas entre 1 y 2 m sobre el nivel de las lagunas salobres y costras de cloruros del sector occidental. En esta zona, Tassara (1997) describió variaciones transicionales entre costras con diferentes proporciones de boratos y sulfatos.

(a) Costra sulfatada de yeso y halita, agregado fino pulvurulento y nodular de halita con 30% de yeso y anhidrita, de color amarillo claro, con sectores de microrelieve suave coloforme, ubicada al norte del Llano Ciénaga Redonda.

(b) Costra boratada, de textura gruesa y color claro, con finos cristales de halita y yeso y montículos de calcita rodeados de bolsones de ulexita y niveles de travertino con ulexita, ubicados en las zonas antiguas de explotación de boratos en el extremo sudoriental del salar.

DEPÓSITOS SALINOS RECIENTES O ACTIVOS DEL SALAR DE MARICUNGA: Sales y limos salinos, que cubren un área aproximada de 140 km² (65% de la superficie del salar). Ocurren en la zona noroccidental del salar, separados de una zona elevada y deformada de costras antiguas boratadas y sulfatadas (MsPIs) ubicada en el sector sudoriental por una falla (cubierta) de orientación NE, a lo largo de la cual aflora el nivel freático, formando lagunas salobres (Tassara, 1997). En los

depósitos recientes se han diferenciado tres facies de carácter 'textural-composicional':

- (a) **Costra de halita en bloques**, ocupa la zona central del salar y está formada por un agregado cristalino de halita y material detrítico fino, muy rugoso, de color pardo amarillo oscuro, en polígonos de, aproximadamente, 1 m de diámetro.
- (b) **Costra plana de halita**, de muy baja rugosidad y color blanco brillante, formada por agregados cristalinos de halita.
- (c) **Lámina de halita**, de 1,5 a 2 cm de espesor, plana, de color blanco. Depositada sobre limos, contiene, además, cristales de yeso y ulexita. Canales de disolución ocurren en el sector sur del salar.

DEPÓSITOS DE REMOCIÓN EN MASA: Sedimentos compuestos por bloques métricos y material disgregado in situ, producto de transporte gravitacional; comunes en la zona de la mina La Coipa y Cerros Bravos, debido a la inestabilidad de los terrenos afectados por alteración hidrotermal.

Depósitos Coluviales: Sedimentos formados por bloques angulosos, comúnmente monomícticos, y arenas, que ocurren en las laderas de fuerte pendiente. Incluyen, en Quebrada Codocedo, algunos conos de deyección inactivos o que presentan actividad ocasional en épocas de deshielo o lluvias torrenciales.

Depósitos Aluviales: Arenas, gravas y limos asociados a sistemas de drenaje ocasional o cauces inactivos. En la cuenca del salar de Maricunga, los depósitos, forman conos aluviales extendidos de baja pendiente, que disectan a depósitos aluviales antiguos.

Dominio Estructural de la Cuenca del Sistema Salino: La cuenca del salar está limitada al oeste por cordones montañosos alzados por las fallas inversas Vegas La Junta y Varillar, entre otras, que exponen un basamento del Paleozoico Superior – Terciario Inferior, cubierto por complejos volcánicos del Mioceno. El límite oriental

de la cuenca está compuesto por la Cordillera Claudio Gay de orientación NS en la cual se expone secuencias volcanoclásticas deformadas del Oligoceno Superior – Mioceno Inferior sobre un basamento del Paleozoico Medio a Superior, representando el trasarco del frente volcánico preservado en la Franja Maricunga.

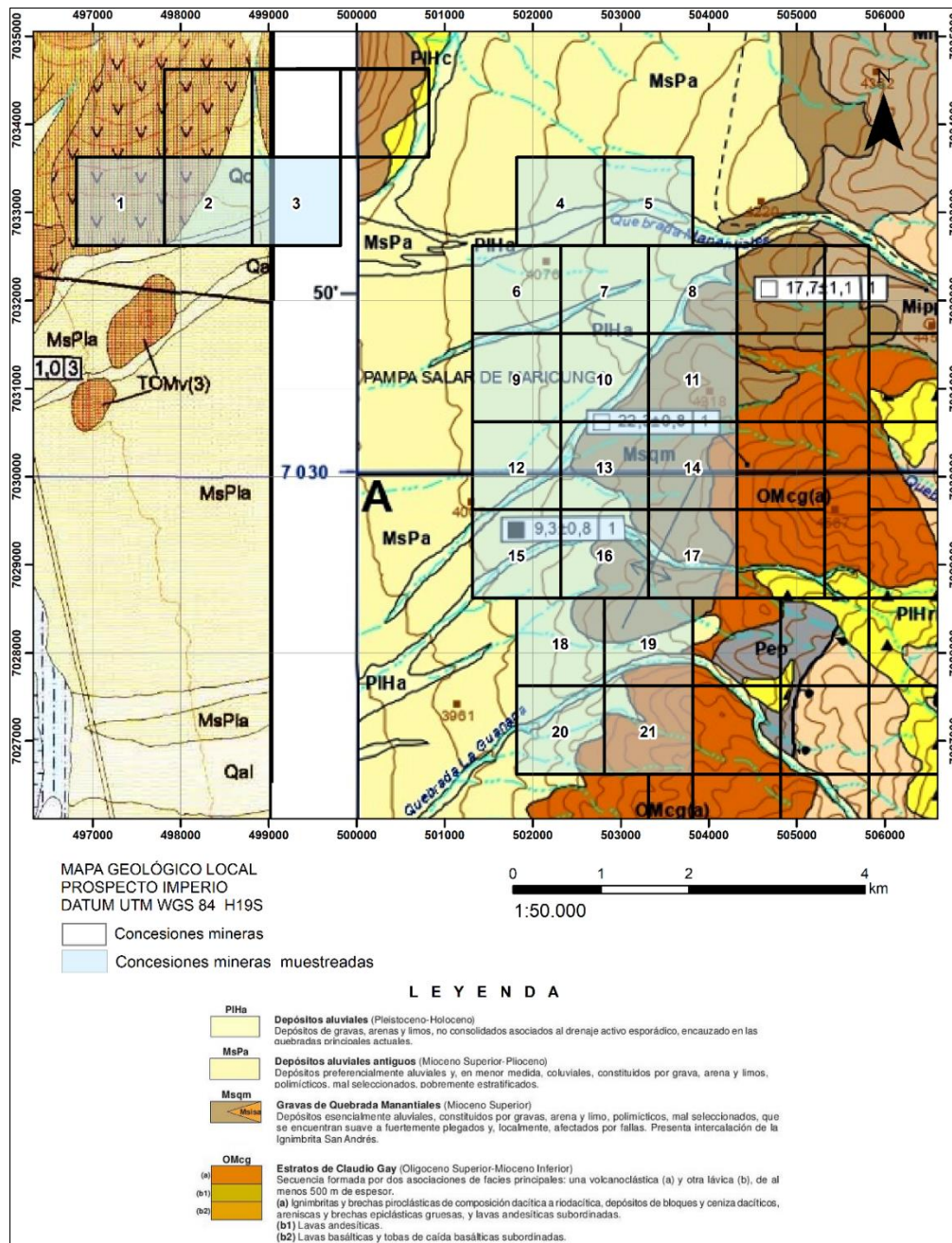


Figura 6. Mapa geológico local Salar de Maricunga

7. TIPO DE DEPÓSITO

Los salares ocurren en cuencas cerradas (endorreicas) sin drenaje externo, en regiones desérticas secas donde las tasas de evaporación superan las tasas de recarga de corrientes y aguas subterráneas, lo que impide que los lagos alcancen el tamaño necesario para formar corrientes o ríos de salida.

La concentración evaporativa del agua superficial a lo largo del tiempo en estas cuencas conduce a la concentración residual de sales disueltas para desarrollar salmueras salinas enriquecidas en uno o más de los siguientes constituyentes: sodio, potasio, cloruro, sulfato, especies de carbonato, y en algunas cuencas, metales como el boro y el litio.

Houston et al., 2011 identificaron dos categorías generales de salares: 1) maduros, dominantes de halita, y 2) inmaduros, dominantes clásticas.

Salares Inmaduros: Son caracterizados por altas tasas de humedad, en donde aumenta la precipitación y existe una leve evaporación. Estos frecuentan una posición geográfica en altura y en las zonas norte y este de la región de Atacama y el Norte de Chile.

Son dominados por una alternancia de secuencias de sedimentos de grano fino y capas evaporíticas de halita y ulexita (Houston et al., 2011).

Ejemplo de este tipo de Salares corresponde a Olaroz, Cauchari, Diablillos y Centenario.

Salares Maduros: Son menos húmedos que los inmaduros y tienen a ser más comunes en las áreas más bajas y secas de la región, se caracterizan por una secuencia relativamente gruesa y uniforme de depósitos de halita en condiciones subacuáticas y subáereas variables, sin embargo, las antiguas inundaciones que llevaron a la expansión de los depósitos de arcilla limosa y la precipitación volcánica han llevado a delgados lechos intercalados.

El Salar de Maricunga en base a su configuración y a las condiciones de mineralización presente, corresponde a un salar mixto, en donde destaca una unidad de halita, de aproximadamente 34 metros, en la zona centro-norte del salar.

Cabe destacar además que, está rodeado de sedimentos aluviales y fluviales de grano relativamente grueso, estos abanicos delimitan el perímetro del salar actual y en profundidad se inclinan hacia el centro del Salar donde forman la facies distal con un aumento de sedimentos de tamaño arena y limo.

En profundidad se han identificado dos unidades volcanoclásticas no consolidadas que parecen bastante similares, éstas están separadas por una unidad de arena relativamente fina y continua que puede ser material reelaborado de la unidad volcanoclástica inferior. Además, se identificó una brecha volcánica en las partes norte y oeste, donde interfiere localmente con la unidad volcanoclástica inferior.

Un acuífero de salmuera inferior se aloja en la parte inferior aluvial, volcanoclástica y de brechas volcánicas (por debajo de los sedimentos lacustres).

Particularmente las salmueras del Salar de Maricunga, son saturadas en Cloruro de Sodio con un promedio de concentraciones de sólidos totales disueltos (TDS) de 311 g/L, la densidad promedio es de 1,20 g/cm³, se han logrado detectar elevados valores de estroncio (Sr) con un promedio de 359 mg/L.

	B	Ca	Cl	Li	Mg	K	Na	SO4	Densidad
Unidades	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Máximo	1,993	36,95	233,800	3,375	21,800	20,640	105,851	2,960	1,31
Promedio	572	12,874	192,723	1,122	7,327	8,142	87,106	711	1,20
Mínimo	234	4,000	89,441	460	2,763	2,94	37,75	259	1,10

Tabla 5. Concentraciones elementales históricas

El salar es el punto bajo topográfico dentro de la cuenca Maricunga, el propio salar está rodeado de abanicos aluviales que desembocan en el salar. El piso del Salar en el norte y noreste está compuesto de facies de cloruro que consisten en una corteza de halita plana (más recientemente inundada) y bloques de halita irregulares y en forma de pináculo gruesos (ausencia de inundación reciente). El piso del Salar en el sureste está compuesto por facies bórica y sulfatada. En el núcleo del Salar el nivel freático puede estar dentro de aproximadamente 5 cm de la superficie.

La recarga a la cuenca Maricunga ocurre por infiltración directa de la precipitación (709 l/s) y por recarga lateral de las cuencas Río Lamas (264 l/s) y Ciénaga Redonda (436 l/s). La recarga anual promedio total a la cuenca Maricunga se estima en 1.409 l/s o 44,5 millones de m³.

La descarga de la cuenca de Maricunga es a través de filtraciones a arroyos y lagos, evaporación, evapotranspiración y bombeo de agua subterránea. El vertido anual medio total por evaporación se ha estimado en 1.348 l/s o 42,5 millones de m³.

El litio es un mineral que ocurre en forma natural y que se encuentra dentro de la salmuera (agua salina) de las cuencas del lago en entornos geológicos específicos (Bradley et al 2013).

Estas salmueras son extremadamente salinas y a menudo pueden tener tanto como 10 veces la concentración de sal de agua de mar (Houston et al 2013). El uso primario del litio es suministrar el mercado de baterías mundiales (Kesler et al 2012).

La ventaja de procesar litio de estas salmueras de cuenca, es que el litio ya está disuelto en la salmuera, por lo tanto, la salmuera solo necesita ser bombeada y procesada para obtener carbonato de litio.

La exploración para las salmueras simplemente implica la identificación de los acuíferos que contienen la salmuera y luego desarrollando una estimación de ese volumen de salmuera. El acuífero es explotado mediante perforaciones y la salmuera bombeada al sitio de procesamiento. Los depósitos de salmuera de litio tienden a ser mucho más grandes en términos de producción que los depósitos de litio en pegmatita y por lo tanto son la fuente más importante de producción de litio (Kesler et al 2012).

El trabajo actual de investigación sobre depósitos de salmuera de litio muestra que comparten características en común (Bradley et al 2013):

- Clima árido (altas tasas de evaporación ayudan a la concentración de litio en salmuera).

- Cuenca cerrada que contiene playa o salar (toda agua que fluye hacia la cuenca está atrapada, no puede fluir hacia afuera y por lo tanto la salmuera puede concentrarse).
- Subsistencia accionada tectónicamente de la cuenca (la velocidad de subsidencia tiene que ser lo suficiente o más rápida que la velocidad de concentración de salmuera).
- Actividad ígnea o geotérmica asociada (fuente de litio).
- Uno o más acuíferos adecuados (el sitio trampa para salmuera de litio).
- Suficiente tiempo para concentrar salmuera.

En esencia, el litio es liberado por erosión de rocas volcánicas y en ocasiones derivado de procesos hidrotermales dentro de una cuenca cerrada. Los fluidos generados por ambos de estos procesos se transportan en la cuenca por episodios de lluvia y progresivamente concentra litio por tiempo en respuesta a evaporación en el régimen climático árido.

Debido a que las cuencas son tectónicamente activas, el hundimiento episódico rápido tiende a producir sedimentos granulométricamente gruesos y material sin clasificar. Este material tiende a tener un espacio intergranular y porosidad suficiente para contener la salmuera, comparada a cuencas de lago formadas en material fino (Houston et al 2011).

A medida que el agua fresca fluye hacia los salares, diluye sales, incluyendo el litio, la salmuera cerca de la superficie se diluirá. Por lo tanto, el litio en la superficie cercana tiende a ser menor y a aumentar en profundidad (Eugster & Jones 1979 e Risacher et al 2003).

Es importante que no exista otro medio de eliminación de agua en la cuenca aparte de la evaporación, y las tasas de evaporación deben exceder a la entrada de agua, para que así las sales disueltas en el lago se concentren. Con el tiempo, el agua se convierte en salmuera.

Esta salmuera se extrae y procesa para producir litio.

Estos ambientes geológicos se encuentran en abundancia en el Altiplano y en la Puna de Atacama de Chile. Debido a esta peculiaridad natural, Chile es el líder mundial en las exportaciones de litio producto de las operaciones de salmuera.

De acuerdo con la interpretación geológica, el tipo de depósito es una salmuera de litio (Li) y otros iones con interés económico (K y B), alojados en depósitos volcánicos-sedimentarios.

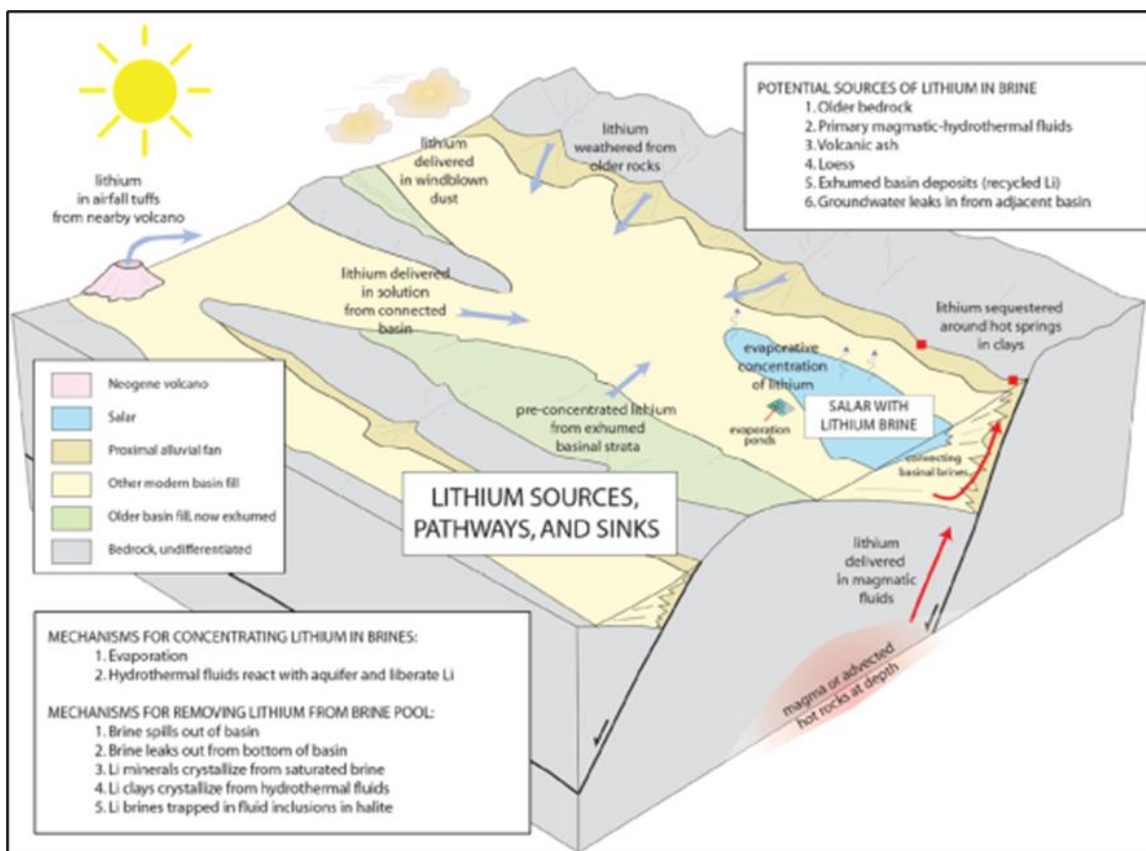


Figura 7. Modelo USGS de formación de salares con contenido de litio (Bradley et al 2013).

8. EXPLORACIÓN

8.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El mandante encargó actualizar la topografía del Prospecto Imperio, teniendo como alcance la generación de curvas de nivel cada cincuenta metros (50 m) en coordenadas UTM, Datum WGS 84, H19S.

Se efectuó un reconocimiento general de la zona definida por el prospecto, con el objeto de planificar las actividades de acuerdo con la complejidad del terreno, evaluar las fuentes de riesgos y con ello determinar medidas de mitigación.

La generación del plano topográfico fue llevada a cabo a través de tecnología y sistemas GIS. La tecnología y sistemas de información geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System) son herramientas que nos permiten integrar y relacionar todas esas grandes cantidades de datos, que tienen una referencia espacial. Un GIS puede realizar las siguientes acciones:

- Lectura, edición, almacenamiento y gestión de datos espaciales.
- Análisis de estos datos, desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos.
- Representación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc.

Para la elaboración de la topografía se utilizó un DEM (modelo de elevación digital), obtenido de la base de datos del Satélite Alos Palsar a través de la plataforma virtual de VERTEX de la NASA. Este DEM cuenta con una resolución de 12,5 metros y fue almacenado en modo High resolution terrain corrected – FBD (beam mode).

El procesamiento del DEM, la generación de curvas de nivel y el mapa topográfico final fueron llevados a cabo por un experto certificado a través del software ArcGis V10.5.

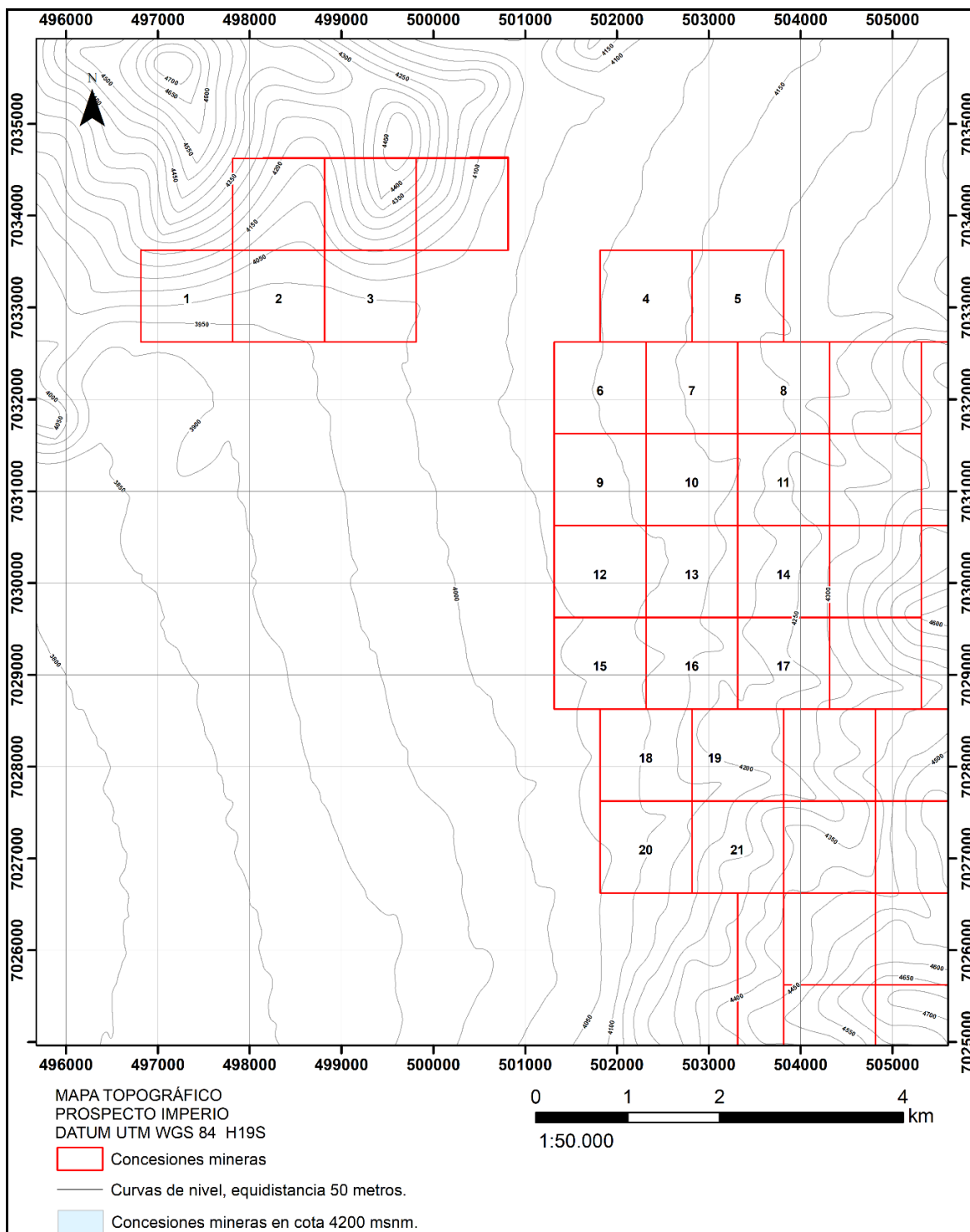


Figura 8. Mapa topográfico Salar de Maricunga, Prospecto Imperio

8.2 GEOQUÍMICA

8.2.1 INTERPRETACIÓN DE DATOS GEOQUÍMICOS ANTERIORES

En 1982, Comité de Sales Mixtas-CORFO, realizó un muestreo en el Salar de Maricunga, abarcando algunas de las propiedades pertenecientes al Prospecto Imperio, cubrió en total una superficie de 70 km², obteniendo los siguientes resultados:

Muestra	Na	K	Li	Ca	Mg	SO ₄	Cl	H ₃ BO ₃
Cata A-0	80,00	11,50	1,22	17,56	10,95	0,43	200,64	3,76
Cata A-1	62,50	14,80	1,86	21,28	11,49	0,33	201,20	5,20
Cata A-2	79,00	9,50	1,36	16,08	9,79	0,38	195,36	4,26
Cata A-3	74,00	10,00	1,80	21,32	13,00	0,29	199,00	5,62
Cata A-4	92,00	7,00	1,10	10,40	6,27	0,60	194,30	3,64
Cata A-5	75,50	12,50	1,19	16,00	9,33	0,41	195,70	4,20
Cata A-6	89,00	8,00	0,93	4,28	12,70	0,51	193,60	4,09
Cata M-1	83,50	9,00	1,28	13,50	8,79	1,05	196,10	3,79
Cata M-2	91,50	8,50	0,97	12,80	6,90	1,00	197,50	5,10
Cata 7-6	100,00	6,50	0,81	5,20	5,50	1,25	188,30	3,10
Cata 7-7	95,00	6,50	1,01	8,73	7,10	0,70	191,56	3,47
Cata 7-8	98,00	5,50	0,71	7,40	5,04	0,89	190,86	3,14
Cata 7-10	94,00	6,00	0,67	8,28	5,16	0,89	188,43	2,50
Cata 7-11	54,00	18,50	1,71	28,16	14,65	0,40	216,00	n.d.
Cata 7-12	61,00	16,00	1,65	25,93	15,63	0,74	202,86	7,18
Cata 7-13	34,50	20,50	1,42	35,92	20,55	0,30	226,00	n.d.
Cata 7-14	75,00	12,50	1,41	18,96	11,66	0,59	198,53	6,20
Cata B-1	79,50	12,00	1,23	12,72	9,82	0,56	200,60	4,11
Cata B-2	106,00	4,50	0,69	5,88	4,00	1,00	193,60	2,72
Cata 1-8	96,50	6,50	0,79	9,08	5,64	0,76	190,26	2,90
Cata 2-8	92,00	8,40	0,94	12,08	7,05	0,49	193,00	3,59
Cata 3-8	74,50	14,50	1,40	18,02	11,56	0,54	198,53	3,67
Cata 4-8	82,00	13,50	1,36	14,44	11,06	0,63	197,83	3,84
Cata 5-8	86,00	10,00	1,24	12,00	8,95	0,64	195,04	3,79
Cata 6-8	96,50	7,50	0,80	8,56	5,44	0,60	195,00	3,17
Cata 7-8	94,00	6,00	0,72	7,56	4,89	0,92	192,17	3,14
Cata 7-8	93,50	6,50	0,69	5,76	6,48	0,93	197,53	2,27
Cata 8-8	98,50	7,00	0,79	8,08	5,76	0,91	190,86	3,34
Cata 9-8	92,00	9,00	0,98	9,54	8,08	0,86	192,26	4,09
Cata 4-6	95,00	7,80	0,78	7,44	5,88	0,90	194,00	3,00
Cata 4-7	80,00	9,50	1,43	10,73	9,03	0,62	194,35	2,80
Cata 4-9	74,00	12,00	1,62	16,76	11,42	0,51	199,28	3,42
Cata 4-10	96,00	4,50	0,53	7,16	3,85	0,85	189,56	2,10
Cata 4-11	93,00	4,00	0,48	6,84	3,38	0,86	189,86	2,30
Cata 4-12*	70,00	10,00	1,47	14,08	16,08	0,60	200,17	4,43
Promedio	84,04	9,60	1,12	13,10	8,94	0,68	196,57	3,76

Tabla 6. Resultados muestras de salmuera en el Salar de Maricunga por parte de CORFO.

En la época de realización de dicho estudio (1982), CORFO poseía seis concesiones mineras, lo cual en ese entonces era muy escaso y generalmente pertenecían a Codelco y Soquimich, manifestadas bajo el Código de Minería 1932.

La superficie muestreada (70 km²), CORFO calculó 232.000 toneladas de litio in situ, con un orden de recuperación de aproximadamente el 40%, lo que equivalen a 93.000 toneladas de litio, lo que se traduce en unas 493.000 toneladas aproximadamente de carbonato de litio.

En el año 2018, la empresa consultora Hernán Soza y Asociados, realizó un estudio geológico de diagnóstico, dentro del prospecto, obteniendo los siguientes resultados:

ID	E (UTM)	N (UTM)	MSNM	Sector	Li (ppm)	K (%)	Na (%)	Mg (%)	Ca (%)
6283	503,728	7,020,530	3,955	Imperio Blanco	64.2	1.69	1.32	0.9	4.29
6284	504,290	7,017,994	3,960	Imperio Blanco	119	1.53	0.99	1.09	4.87
6286	505,990	7,014,889	3,966	Imperio Blanco	43.6	1.71	1.4	0.7	3.52
6293	504,401	7,024,012	3,785	Imperio Blanco	33.8	0.77	0.72	0.23	11.6
6294	504,592	7,022,253	3,756	Imperio Blanco	49.2	0.56	1.02	0.12	12.9
6299	497,480	7,033,045	3,776	Imperio Blanco	50.4	1.49	1.18	0.96	2.86
6300	501,990	7,029,158	3,780	Imperio Blanco	55.1	1.61	1.24	1	2.81
Promedio					59.33	1.34	1.12	0.71	6.12

Tabla 7. Resultados del muestreo realizado por Hernán Soza y Asociados (2018)

El resultado obtenido en este muestreo muestra valores superiores al background de litio en este sector el cual de 32 (ppm Li). El valor medio obtenido 59.33 (ppm Li) es un 85% más alto a pesar de que se muestrearon también zonas de poca acumulación de sedimentos aluviales.

Este estudio recomendó realizar un muestreo orientado a las zonas más bajas y con mayor acumulación de sedimentos, dado que las zonas más altas y localizadas en las laderas de cerros, presentaban menores posibilidades de obtener valores mayores en Li y otros elementos asociados.

8.2.2 MUESTREOS REALIZADOS EN ESTE ESTUDIO

En el presente estudio se muestrearon solamente las áreas de menor cota y asociadas a sedimentos aluviales.

El prospecto original poseía 9.000 hectáreas de superficie y consideraba sectores de mayor cota (cerros), los cuales no fueron considerados para esta exploración. En la campaña realizada solo se consideraron siete concesiones mineras y se realizaron muestras cada 100 hectáreas, totalizando 20 muestras de posibles 23, ya que se descartaron 3 muestras por estar en rocas y sin sedimentos asociados.

Elemento	Ca	K	Li	Mg	Coordenadas		
Método	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	Este	Norte	Cota
Unidad	%	%	ppm	%	(m)	(m)	(m)
Limite	0.01	0.1	3	0.01			
1488981	1,59	2,40	16	0,45	497373	7033120	3983
1488982	1,52	2,40	14	0,43	498574	7032936	3936
1488983	2,76	2,00	16	1,12	499452	7032822	3948
1488984	4,65	2,20	178	1,74	502295	7033005	4090
1488985	4,44	2,30	192	1,72	503238	7032930	4138
1488986	4,99	3,10	297	2,00	501837	7032177	4063
1488987	4,64	2,40	210	1,79	502764	7032189	4118
1488988	4,82	2,60	295	1,85	503779	7032146	4160
1488989	5,24	2,80	588	2,02	501795	7031158	4051
1488990	5,08	2,60	229	1,99	501843	7031141	4056
1488991	5,05	2,60	246	1,91	503724	7031219	4116
1488992	5,12	2,70	305	1,95	501881	7030163	4045
1488993	5,23	3,00	343	2,01	502809	7030100	4098
1488994	4,09	2,10	185	1,63	503778	7030136	4196
1488995	5,43	3,20	321	2,04	501799	7029201	4034
1488996	5,37	2,90	218	2,18	502325	7029119	4067
1488997	4,82	2,90	230	1,89	502325	7029158	4177
1488998	5,34	3,00	255	2,07	502301	7028071	4058
1488999	5,95	2,80	216	1,95	502342	7028152	4182
1489000	3,06	3,30	6	1,09	502446	7027005	4070
	4,46	2,67	218	1,69			

Tabla 8. Resultados de análisis químicos realizados a las muestras del prospecto

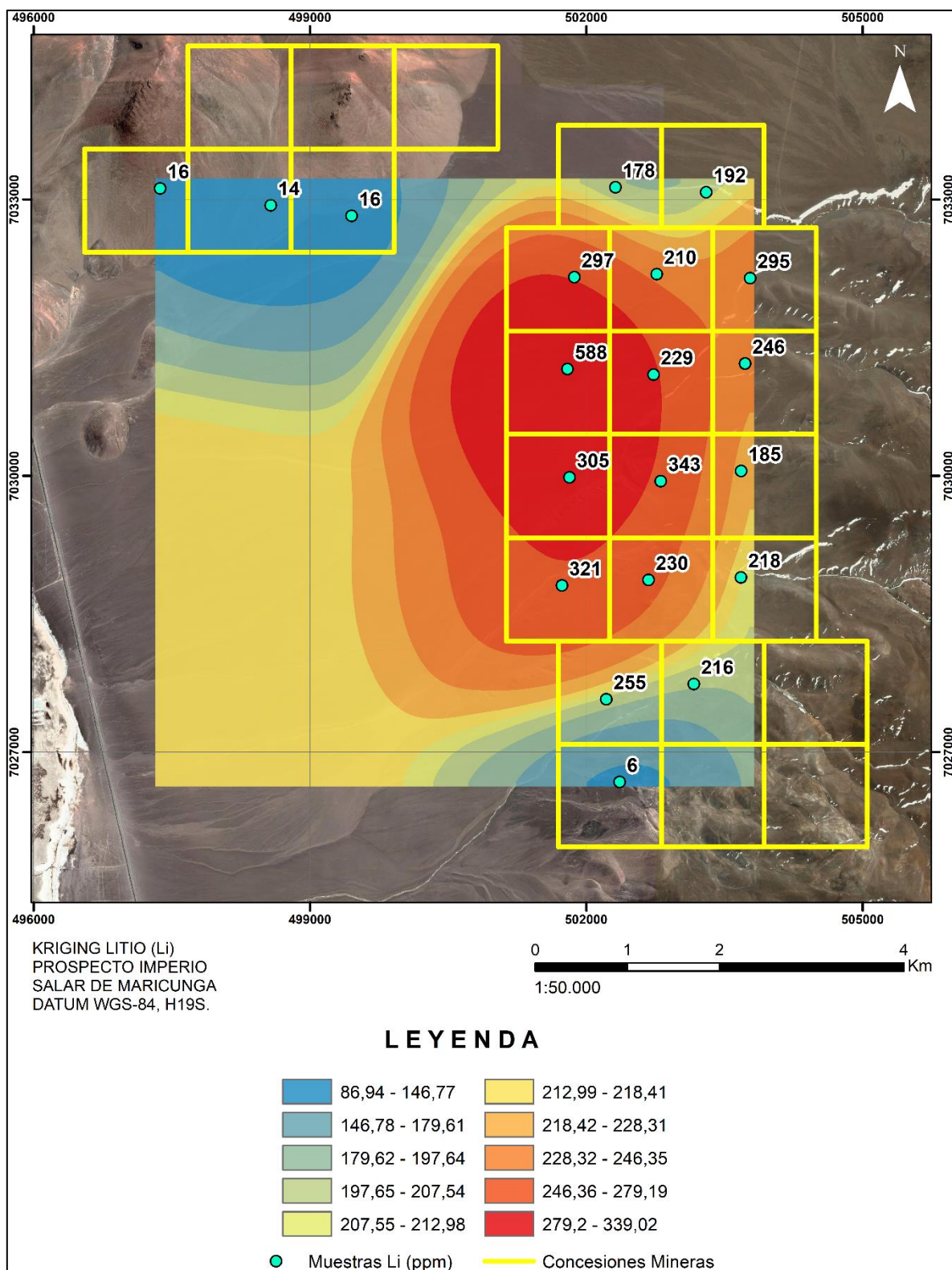


Figura 9. Mapa kriging para el elemento Litio (ppm)

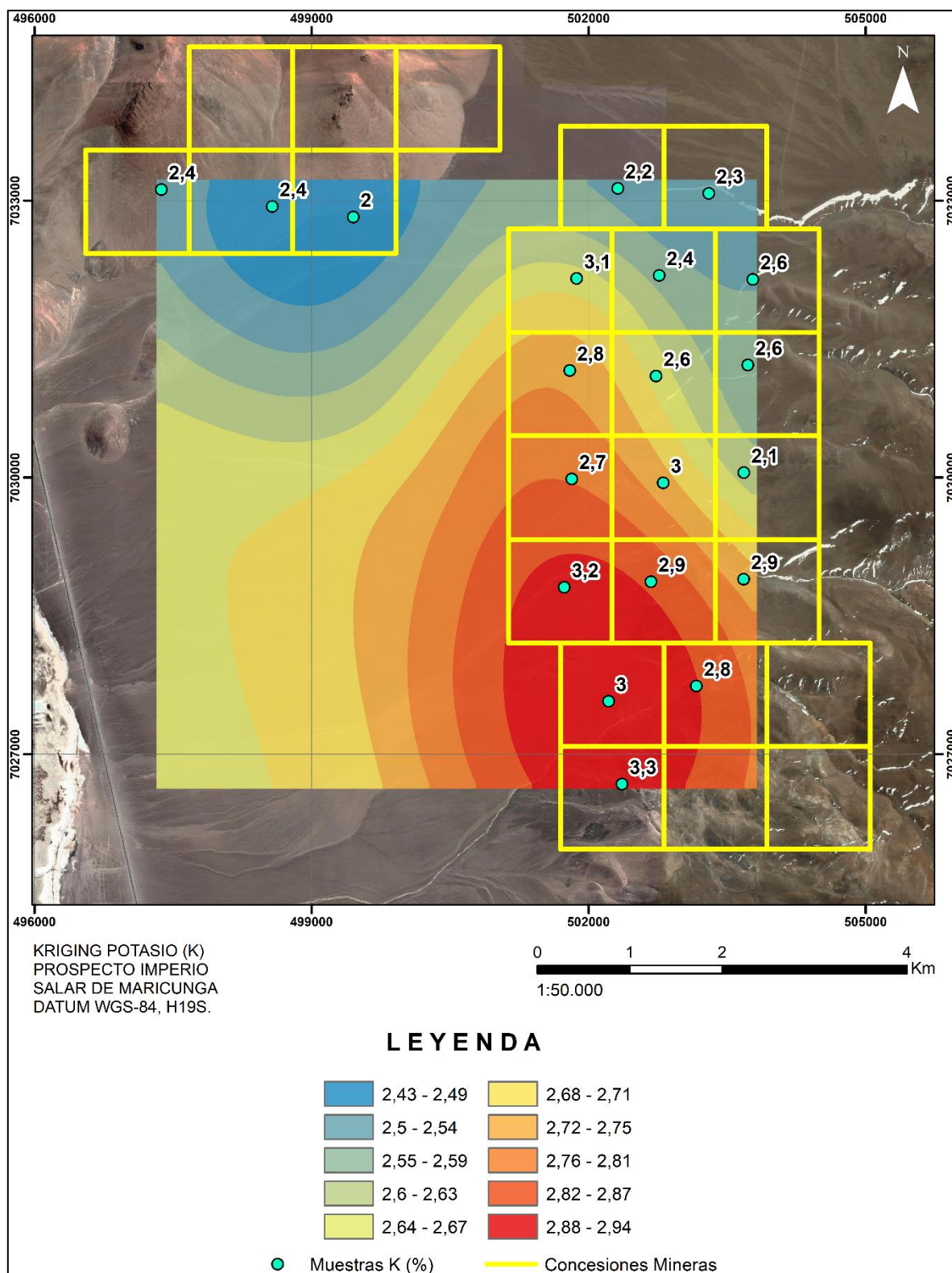


Figura 10. Mapa kriging para el elemento Potasio (%)

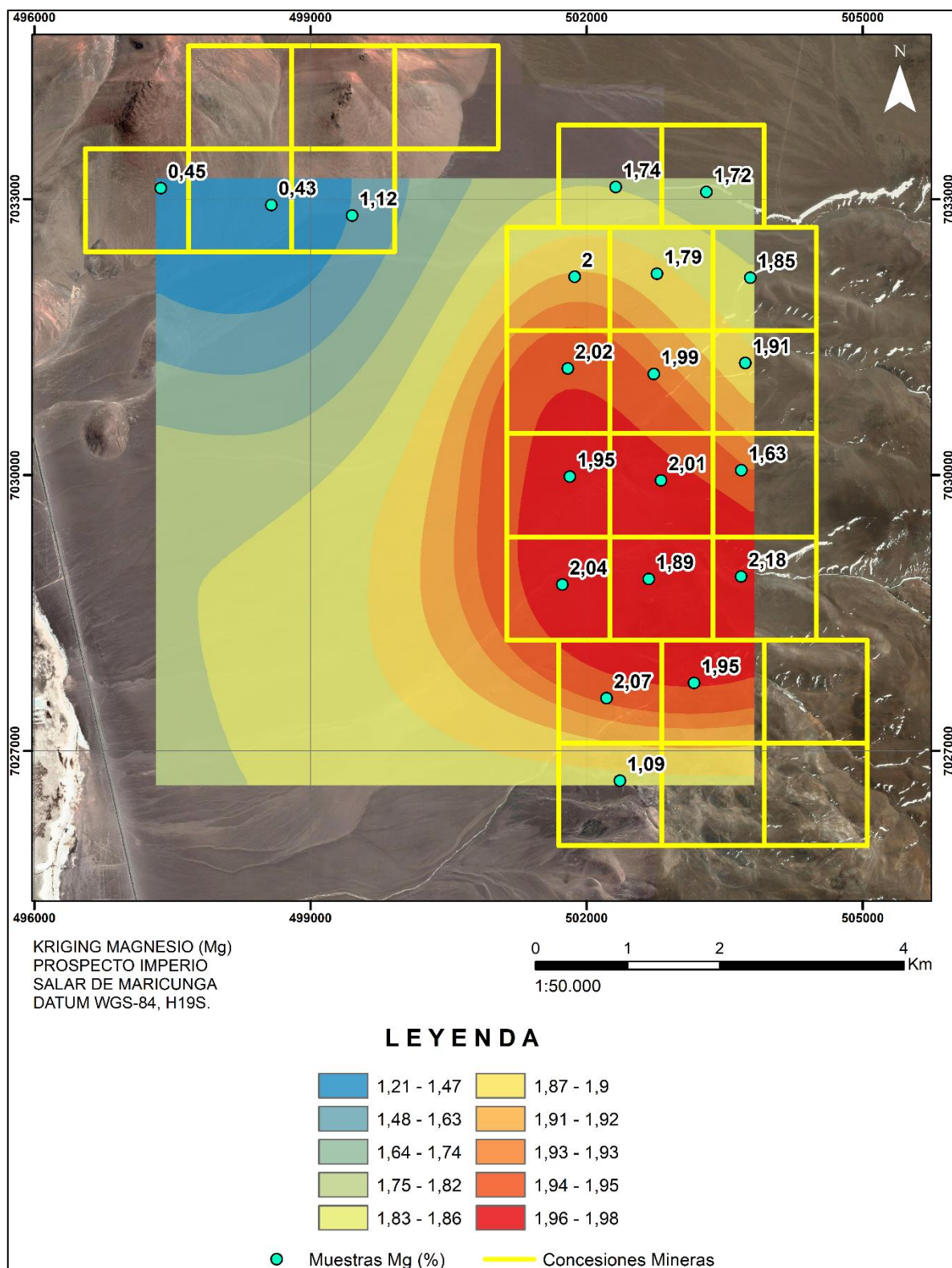


Figura 11. Mapa kriging para el elemento Magnesio (%)

Adicionalmente se analizaron las muestras por tierras raras, obteniéndose valores para 14 de los 17 elementos de tierras raras.

En la tabla 9 se muestran los resultados obtenidos para la sumatoria de los elementos de tierras raras (REE) obtenidos. Se observa que en ninguna de las muestras se obtiene una sumatoria superior a 200 ppm y la media de las 20 muestras analizadas da 124 (ppm), valor muy bajo y antieconómico, descartándose algún beneficio económico por RRE en el prospecto.

Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1488981	82,20	3,20	1,70	1,10	3,20	0,40	44,80	26,30	7,30	4,20	0,20	0,50	13,20	1,10	189,4
1488982	69,40	2,60	1,20	1,00	2,70	0,30	36,70	23,30	6,40	3,40	0,10	0,40	11,20	0,80	159,5
1488983	66,70	3,20	1,50	1,10	2,90	0,40	34,10	24,10	6,40	4,00	0,20	0,50	12,10	1,00	158,2
1488984	40,00	1,80	0,80	0,50	1,60	0,20	21,90	12,40	3,50	1,90	0,10	0,20	8,50	0,70	94,1
1488985	41,80	1,80	1,00	0,50	1,60	0,20	23,00	12,80	3,80	1,90	0,10	0,20	8,40	0,70	97,8
1488986	44,30	2,30	1,20	0,70	1,90	0,30	24,70	15,00	4,20	2,50	0,10	0,30	10,00	0,90	108,4
1488987	49,30	2,30	1,20	0,70	2,20	0,30	28,50	15,70	4,40	2,50	0,10	0,30	11,30	0,90	119,7
1488988	47,00	2,20	1,20	0,60	1,90	0,30	26,90	15,40	4,30	2,50	0,10	0,30	10,90	0,90	114,5
1488989	46,70	2,20	1,20	0,60	2,00	0,30	26,10	15,00	4,20	2,40	0,10	0,30	10,60	0,90	112,6
1488990	46,70	2,20	1,20	0,60	1,90	0,30	26,40	15,00	4,20	2,30	0,10	0,30	10,90	0,90	113
1488991	45,60	2,10	1,10	0,60	1,90	0,30	25,10	14,70	4,10	2,30	0,10	0,30	10,90	0,90	110
1488992	50,00	2,50	1,40	0,70	2,10	0,40	27,10	16,80	4,60	2,60	0,10	0,30	11,90	1,00	121,5
1488993	68,30	2,50	1,40	0,70	2,10	0,30	31,00	17,10	4,80	2,70	0,10	0,30	10,20	1,00	142,5
1488994	38,50	1,80	1,00	0,50	1,60	0,20	21,10	12,00	3,50	1,90	0,10	0,20	8,10	0,70	91,2
1488995	49,00	2,30	1,20	0,70	2,00	0,30	26,80	16,20	4,50	2,60	0,10	0,30	10,80	0,90	117,7
1488996	49,00	2,20	1,10	0,60	2,20	0,30	31,30	15,70	4,40	2,50	0,10	0,30	11,80	0,90	122,4
1488997	47,30	2,10	1,10	0,70	1,90	0,30	26,20	15,60	4,30	2,40	0,10	0,30	10,40	0,90	113,6
1488998	47,50	2,20	1,10	0,60	1,90	0,30	25,70	15,30	4,20	2,40	0,10	0,30	10,40	0,80	112,8
1488999	38,60	1,80	1,00	0,50	1,70	0,20	21,40	12,40	3,50	1,90	0,10	0,20	9,80	0,60	93,7
1489000	84,50	3,00	1,40	1,30	3,50	0,40	47,20	28,20	7,60	4,50	0,10	0,40	13,40	1,00	196,5
Promedio	52,62	2,32	1,20	0,72	2,14	0,30	28,80	16,95	4,71	2,67	0,11	0,31	10,74	0,88	124,46

Tabla 9. Muestras analizadas por tierras raras (REE) dentro del prospecto

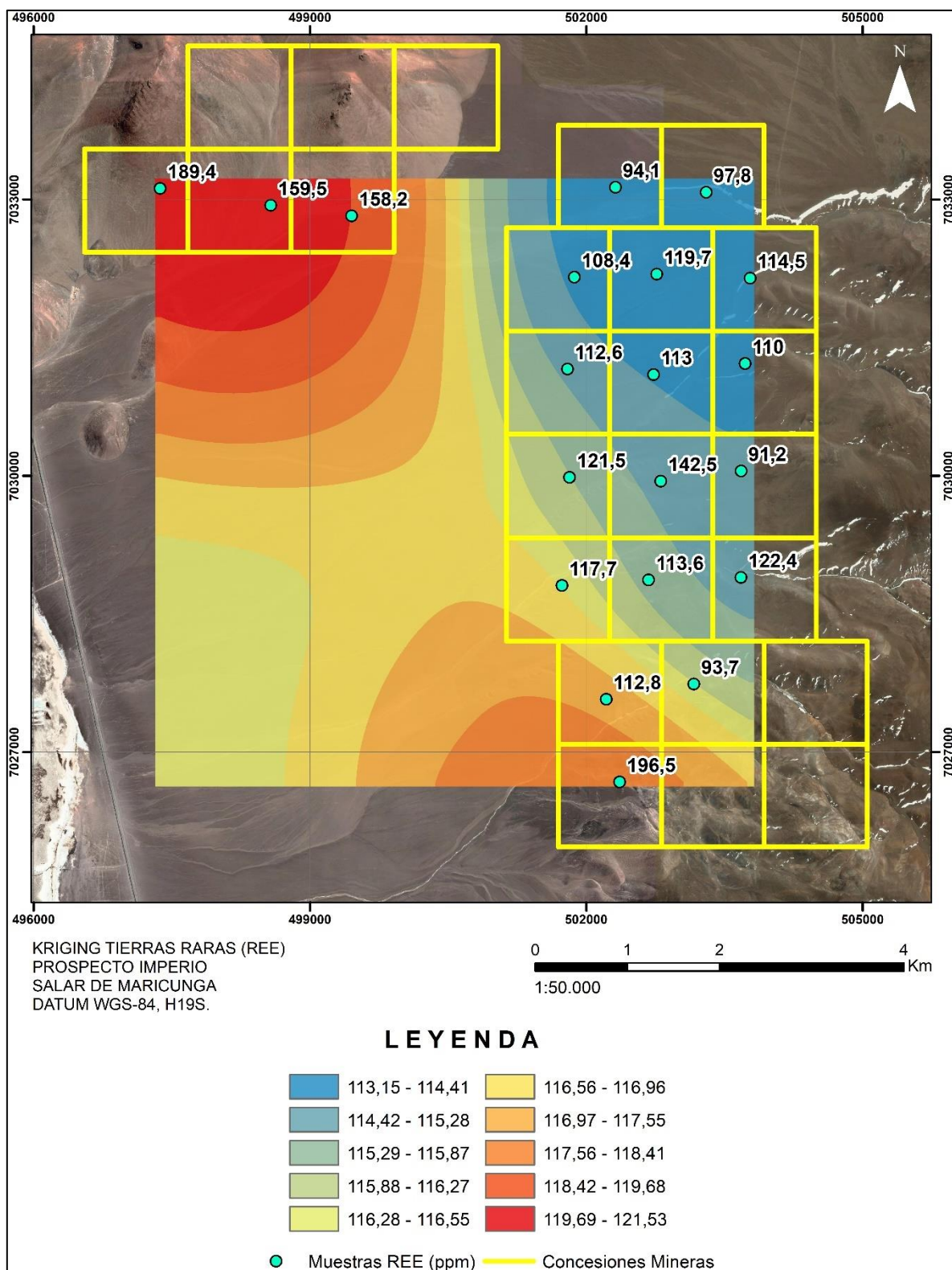


Figura 12. Mapa Kriging para elementos de tierras raras REE

En la figura 13 se muestra en amarillo las 9.000 hectáreas del prospecto original y con numeraciones del 1 al 21, las muestras planificadas, sin embargo, solamente se pudieron realizar 20 muestras.

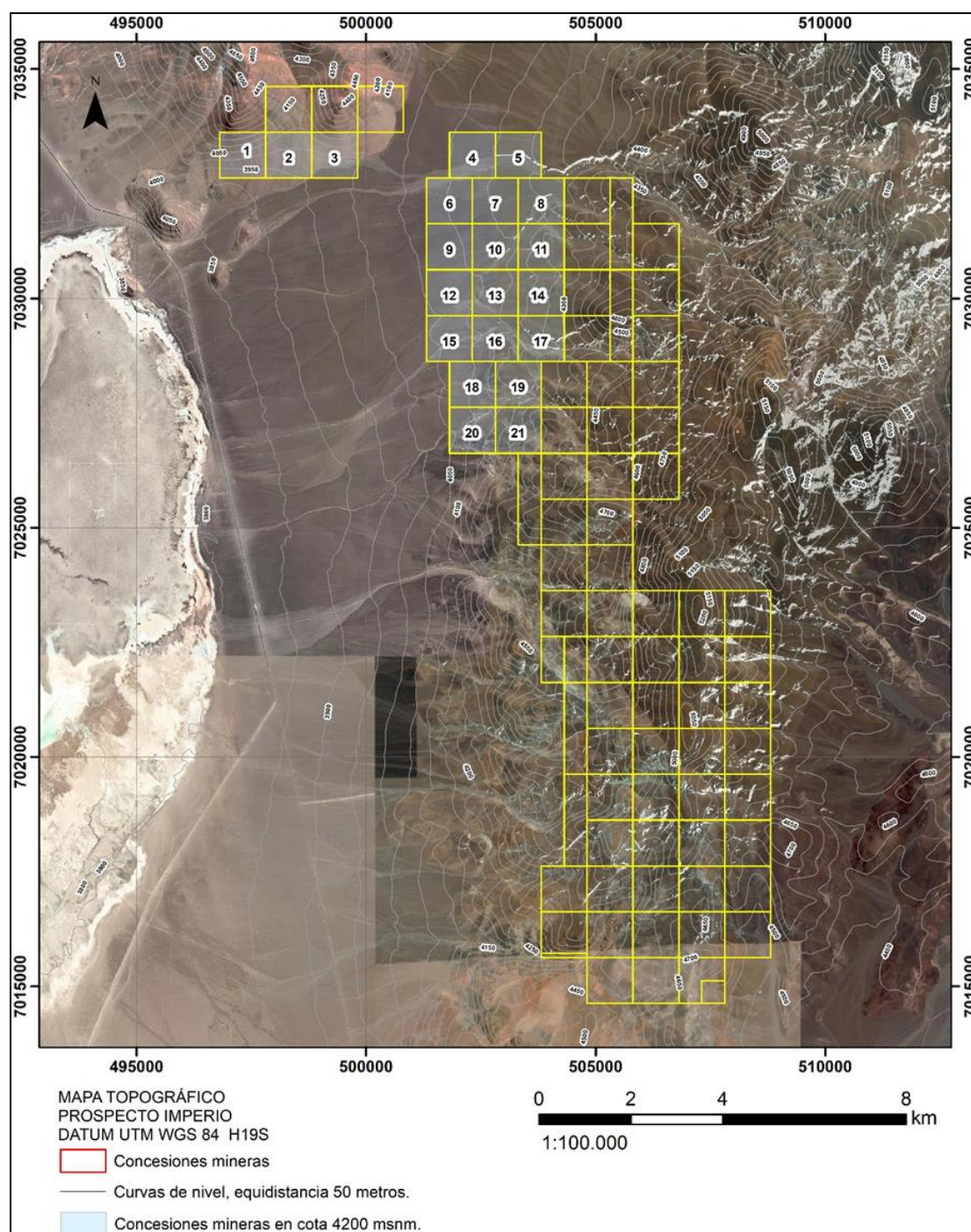


Figura 13. Imagen satelital Prospecto Imperio. Muestras extraídas numeradas

8.2.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados de litio fueron favorables, ya que la mayoría de las concesiones que conforman el Prospecto Imperio tienen valores sobre los 100 ppm de litio en sedimento.

Los valores más favorables se encuentran en las concesiones Imperio 4, Imperio 5, Imperio 6, Imperio 7 e Imperio 8, los cuales presentan valores que van desde los 250 a 588 ppm de litio.

Por otra parte, el lado oeste de las concesiones Imperio 1, Imperio 3 e Imperio 9, presentan valores totalmente descartables de litio desde el punto de vista económico.

Respecto de las tierras raras (REE), las concesiones mineras que conforman el Prospecto Imperio no presentan valores sobre los 200 ppm para la sumatoria de los elementos de REE en ninguna de sus concesiones.

Los valores más significativos se presentan en las concesiones Imperio 1 e Imperio 9. Estos valores fluctúan entre los 158 y 196,5 ppm de sumatoria total de REE.

9. PERFORACIÓN

A la fecha de realización del presente informe técnico, no se han realizado trabajos de perforación en el Prospecto Imperio.

10. PREPARACIÓN, ANÁLISIS Y SEGURIDAD DE LA MUESTRA

10.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, PREPARACIÓN Y ENVÍO

Se recolectaron 20 muestras geoquímicas del Prospecto Imperio y se prepararon de acuerdo con los protocolos para la recolección estándar de muestras. Se realizó un muestreo dirigido a los cuadrantes planificados mediante una malla geoquímica que divide las concesiones en 21 polígonos de 100 hectáreas cada uno, dando prioridad a los sectores con niveles sedimentarios acumulados.

Las muestras geoquímicas no se filtraron en el campo y no se sometieron a ninguna adición antes del envío al laboratorio. Todas las muestras recogidas contenían sedimento.

Las muestras fueron transportadas por AMS Asesorías Geológicas Ltda y luego enviados al Laboratorio Activation Geological Service (AGS) de Coquimbo.

Las muestras adquiridas fueron correctamente codificadas con un precinto, georreferenciadas en el punto de obtención y adecuadamente resguardadas de factores externos.

Posteriormente se realizó el siguiente procedimiento de manipulación de muestras:

- Traslado de muestras desde el Prospecto Imperio, hasta las oficinas de AMS Asesorías Geológicas en Barrio Industrial de Coquimbo.
- Control de calidad y estado de las muestras por parte de AMS Asesorías Geológicas Ltda.
- Ordenamiento, preparación y envío de las muestras a Laboratorio Activation Geological Service (AGS), Barrio Industrial, Coquimbo.
- Obtención de resultados y pulpas de muestras geoquímicas entregadas por Laboratorio AGS.

10.2 ANÁLISIS DE ACTIVACIÓN GEOLOGICAL SERVICE SPA (AGS)

El Laboratorio Activación Geological Service SpA (AGS), se ubica en Avenida La Cantera 2270, Coquimbo.

El Laboratorio AGS, tiene amplia experiencia en el análisis de muestras del tipo ICP ya sea por el método de dilución en 4 ácidos o por fusión por metaborato de litio. Está acreditado mediante la norma ISO 9001 y opera según estándares, consistentes con los métodos ISO 17025.

Las muestras geoquímicas se analizaron utilizando espectrometría de plasma acoplado inducido (ICP).

Laboratorio Activación Geological Service SpA (AGS), proporcionó certificados de análisis e informes de análisis digital.

En opinión del autor, la preparación de la muestra, la seguridad y los procedimientos analíticos fueron adecuados.

11. VERIFICACIÓN DE DATOS

El autor realizó una revisión de los datos. Con base en los resultados del control de calidad de la recolección e interpretación de muestras, el autor cree que las concentraciones de elementos fueron analizadas e informadas con precisión.

Durante la realización de la evaluación geológica y en cada una de sus etapas, se extremaron las medidas de control, para verificar que todos los procesos fueran realizados de acuerdo a los procedimientos de trabajo preestablecidos. De esta forma fueron sometidos a medidas de control los procesos de recuperación de muestras, de preparación de muestras, análisis químico y traspaso de información a bases de datos.

La verificación de los datos fue realizada por el suscrito Aldo Moreno Salinas, geólogo persona competente calificada, controlando los procedimientos realizados especialmente para cada labor.

Las verificaciones se realizaron fundamentalmente en terreno, controlando la correcta aplicación de la metodología para cada proceso y realizando los cambios necesarios en caso de determinar falencias y capacitando al personal para los casos en que se detectó una mala aplicación de los procedimientos de trabajo.

12. PROCESAMIENTO MINERAL Y PRUEBAS METALÚRGICAS

A la fecha de realización del presente informe técnico, no se han realizado trabajos de procesamiento mineral y pruebas metalúrgicas para el prospecto.

Existen distintos métodos con los que se genera el proceso extractivo del litio, separándose en dos fuentes principales: la primera son métodos producidos vía salmuera, dentro de los cuales se encuentra la evaporación solar, osmosis inversa, extracción química y extracción por solventes.

La segunda fuente es por conversión del mineral tratándose de pegmatitas y tostación de arcillas.

El área de inteligencia de Mercados de Editec, en el año 2018 exponen las ventajas y desventajas de estos procesos los cuales se describirán a continuación:

Vía salmuera:

Evaporación solar: Este método consiste en la extracción de salmueras mediante bombas de pozo profundo, donde luego son transportadas a pozas de evaporación, obteniendo salmuera concentrada en más de 4% de litio, demorando un tiempo promedio entre 12 a 24 meses. Luego la solución se trata en una planta química, purificándola y finalmente precipitando litio en forma de carbonato (Cochilco, 2013).

Las ventajas de este método son que no necesita instalaciones de planta grandes y tampoco de gran equipamiento, además que no requiere de procesos de conminución por lo que tiene un bajo costo operacional.

Dentro de las desventajas se puede mencionar que requiere bastante tiempo para poder cosechar litio, la evaporación depende netamente del clima y en caso de tener alta concentraciones de Mg dificulta la extracción de litio por lo que se necesita mayor consumo de reactivos, además que los residuos salinos tienen bajo valor.

Osmosis inversa: Este proceso consiste en una planta geotérmica que bombea salmuera caliente de las profundidades generando vapor y al mismo tiempo produciendo un movimiento en las turbinas de generación eléctrica. (Cochilco, 2013).

Las ventajas de este método son en cuanto al tiempo de extracción ya que, en comparación a la evaporación solar, ésta se reduce a horas de extracción y al no implicar la evaporación no depende del clima, además que con la planta geotérmica se aprovecha sinergia.

Las desventajas involucran la capacidad de producción de litio ya que depende de la extracción de salmuera en la planta geotérmica.

Extracción química: Las ventajas de este método también son en cuanto al tiempo de extracción ya que se puede extraer en horas, sin depender de la evaporación y por ende sin depender del clima. Además, que tiene una alta tasa de recuperación.

Las desventajas implican instalaciones complejas de planta, elevado consumo de solventes y reactivos químicos, además de no estar probado a escala mayor-comercial.

Extracción por solvente: Inicialmente las soluciones se mezclan con un solvente orgánico en el que se disuelven los iones de litio, luego el solvente es separado de la solución acuosa y se adiciona un ácido que elimina el litio para finalmente producir cloruro de litio (Cochilco, 2013).

Las ventajas de este método también involucran el tiempo de extracción ya que, en comparación a la evaporación solar, acá se reduce a horas de extracción y al no implicar la evaporación no depende del clima.

Dentro de las desventajas se pueden mencionar las instalaciones complejas de planta, un gran consumo de solventes y reactivos químicos, con un alto consumo de energía eléctrica, además que aún no está probado a escala mayor-comercial.

CONVERSIÓN DEL MINERAL

Pegmatitas: Gracias a que la mayoría de los yacimientos de litio en pegmatitas se encuentran cercanos a la superficie, es posible la explotación a rajo abierto incluyendo perforaciones y tronaduras. El mineral primero es sometido a procesos de conminución con chancadores, donde posteriormente es separado en medio denso, también se produce la molienda y la clasificación. Luego de esto los minerales se separan magnéticamente o por flotación y finalmente pasa por los procesos de filtrado, lavado y secado del concentrado resultante (Cochilco, 2013)

Las ventajas de este método es que no depende de factores climáticos y complementa la oferta restringida desde salares.

Las desventajas son por la necesidad de una planta con mayor equipamiento, con alto consumo de combustible durante la reducción del tamaño del mineral, consumo de reactivos durante la etapa de separación y altos costos operacionales.

Tostación de arcillas: En este proceso la arcilla es mezclada y granulada con anhidrita y caliza donde posteriormente la mezcla es calentada a 1.050 °C, esto se hace para liberar el litio en forma de sulfato y hacerlo soluble en agua, así se genera salmuera de donde se puede extraer carbonato de litio y como subproducto, sulfato de potasio y sodio (Cochilco, 2013).

Las ventajas de este método es que no depende de las condiciones climáticas y no requiere conminución por lo que hay un menor costo operacional en comparación con la conversión convencional.

Las desventajas implican costos operacionales mayores a los de evaporación solar y es un proceso que aún no está probado a escala mayor/comercial.

13. ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES

A la fecha de realización del presente informe técnico, no se han realizado trabajos de estimación de recursos minerales para el Prospecto Imperio.

14. ESTIMACIÓN DE RESERVAS MINERALES

A la fecha de realización del presente informe técnico, no se han realizado trabajos de estimación de reservas minerales para el Prospecto Imperio.

15. MÉTODOS EXPLOTACIÓN MINERA

Los métodos que actualmente se utilizan para explotación de litio, son por medio de evaporación solar y por explotación de pegmatitas, ocupando un 66% y 26% de la participación a nivel mundial respectivamente, ya que los demás métodos aún no están probados a escala mayor comercial.

El método de extracción de litio más utilizado hoy en día es por medio de salmuera ya que se requiere de menos insumos dado que se produce por un proceso natural, dependiendo de la evaporación y precipitación, por lo que resulta menos costoso. Principalmente consiste en la extracción de salmueras mediante bombas de pozo profundo, donde luego son transportadas a pozas de evaporación, obteniendo salmuera concentrada en más de 4% de litio y demorando un tiempo promedio entre 12 a 24 meses. Posteriormente la solución se trata en una planta química, purificándola y finalmente precipitando litio en forma de carbonato (Cochilco, 2013).

16. MÉTODOS RECUPERACIÓN

Se han estudiado algunos procesos favorables para la recuperación de litio mediante diferentes métodos, pensando en una explotación más sostenible y duradera.

Uno de ellos es por una evaporación selectiva de litio, esto es a partir de salmueras con concentraciones menor a 1% de otros iones alcalinos y alcalinotérreos. La solubilidad diferencial de sales de litio que se concentran en las salmueras en el proceso de evaporación hace que se genere recristalización fraccionada.

Existen procesos químicos de recuperación selectiva de cloruro, hidróxido o carbonato de litio, en donde el objetivo es disminuir la pérdida de agua y la formación de residuos ambientales nocivos, por lo tanto, se disminuye el impacto ambiental. Uno de estos métodos se basa en la precipitación de fosfato de litio poco soluble, por tratamiento de salmueras con ácido fosfórico, en donde el fosfato de litio

insoluble es tratado con cal formando hidroxiapatita muy insoluble y finalmente recuperando el hidróxido de litio soluble.

También existe un método de recuperación de litio por medio de membranas de osmosis inversa. Este método consiste en la filtración de agua ya que los poros de esta membrana son lo suficientemente grandes como para que pasen las moléculas de agua, pero pequeños para los contaminantes, pero es necesario una gran presión para bombear el agua.

Hay otros métodos en donde se considera reciclar el litio de baterías ya usadas, pensando en una futura escasez.

Esto implica diferentes procesos físico - químico en donde uno de ellos es la lixiviación, ya que, a través del uso de ácidos, se disuelven los componentes de la batería, separando los componentes de ésta hasta llegar a separar completamente el ánodo del cátodo, para así poder trabajarlos de manera individual y recuperar la materia prima.

17. INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO

El prospecto solo posee caminos de acceso a las propiedades mineras, no cuenta con campamentos u otro tipo de laboreos.

18. ESTUDIOS DE MERCADO Y CONTRATOS

Chile posee el 54% de las reservas de carbonato de litio del mundo, lo cual es cerca de un tercio de la oferta total de litio según el U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries de enero de 2016. Esto es gracias a las condiciones climáticas del desierto de Atacama, las cuales hacen favorable la presencia de depósitos chilenos en salmuera de bajo costo de explotación, altas concentraciones y alta tasa de evaporación. Además del hecho de que el litio se explote junto a otros productos, permiten que la explotación vía salares sea una de las que tiene menor costo a nivel mundial y tenga un impacto menor.

La demanda de litio se ha visto incrementada, pasando de 204 kilo toneladas de Carbonato de Litio Equivalente (LCE) en 2016 a 323 kt de LCE en 2019, lo que equivale a un incremento compuesto anual de 16%.

Lo anterior está íntimamente relacionado a con el uso del litio para baterías recargable de ion-litio, especialmente en el sector de los vehículos eléctricos, situación que se espera continúe en alza a medida que el contexto global busca reemplazar los combustibles fósiles.

El consumo de litio en autos eléctricos pasó de representar el 18% del consumo agregado del litio en 2016 al 32% en 2019, estimando que al año 2030 el consumo pueda representar cerca del 80%.

Dada la progresión reciente en la demanda, la oferta debió ajustarse al alza, así la producción mina agregada creció de 209 kt. LCE en 2016 a 381 kt LCE en 2019, equivalente a un incremento anual del 22%.

Esto se explica en gran parte gracias a los aumentos operativos de los dos principales productores de litio a nivel mundial, Australia (48%) y Chile (29%), esperando que ambos países dupliquen su producción hacia finales de la década. Como resultado de este desarrollo, durante 2016 y 2017 las cotizaciones de los dos principales productos químicos de litio, el carbonato (71% de la demanda) y el hidróxido (24%), se transaron progresivamente al alza, con sus precios promedio estimados en Asia creciendo un 167% y 97% respectivamente.

Posteriormente debido al alza de oferta, sumado a menores expectativas de ventas de autos eléctricos, se entró a un creciente superávit de oferta, lo cual explica porque los precios han tendido a la baja desde 2018 en adelante.

18.1 ANÁLISIS DE MERCADO

DEMANDA: Los principales usos del litio se pueden dividir en dos grandes categorías; En primer lugar, el segmento de baterías de ion-litio, ampliamente usadas en la fabricación de autos eléctricos, artículos electrónicos y sistemas de almacenamiento energético. En segundo lugar, están los usos tradicionales del litio, incluyendo vidrios y cerámicas, grasas y lubricantes, sistemas de aire acondicionado y productos farmacéuticos.

BATERÍAS RECARGABLES	USOS TRADICIONALES
Electro-movilidad Vehículos livianos y pesados, <i>e-bikes</i> , <i>scooters</i>	Vidrio y cerámicas El litio permite hacer que estos productos adquieran una serie de propiedades, tales como menor expansión térmica, menor temperatura de fuego y mayor fortaleza
Artículos electrónicos Tablets, computadores y teléfonos, herramientas	Grasas y lubricantes Permite usarlos a temperaturas y condiciones variables.
Almacenamiento energético Combinando baterías con sistemas de <i>machine learning</i> , se puede conservar electricidad para uso futuro	Otros Tratamiento de aire, productos farmacéuticos, plásticos y polímeros, entre otros

Fuente: Cochilco.

Tabla 10. Usos del litio.

En términos generales el litio como producto se puede categorizar según su composición química en carbonato, hidróxido y otros compuestos que incluyen concentrados, butil-litio, bromuro y metal de litio.

Actualmente, como se ilustra en la figura 14, el carbonato es el producto de mayor utilización industrial con cerca de un 71%, seguido del hidróxido con un 24%. De igual forma, tanto el hidróxido como el carbonato se pueden categorizar en grado técnico y grado batería según el grado de pureza de su composición.

En el caso del carbonato, el grado técnico usualmente suele requerir un 99,0% de pureza y el grado batería al menos un 99,5%. Como vemos en la figura 14 más abajo, en general se tiende a privilegiar el grado batería.

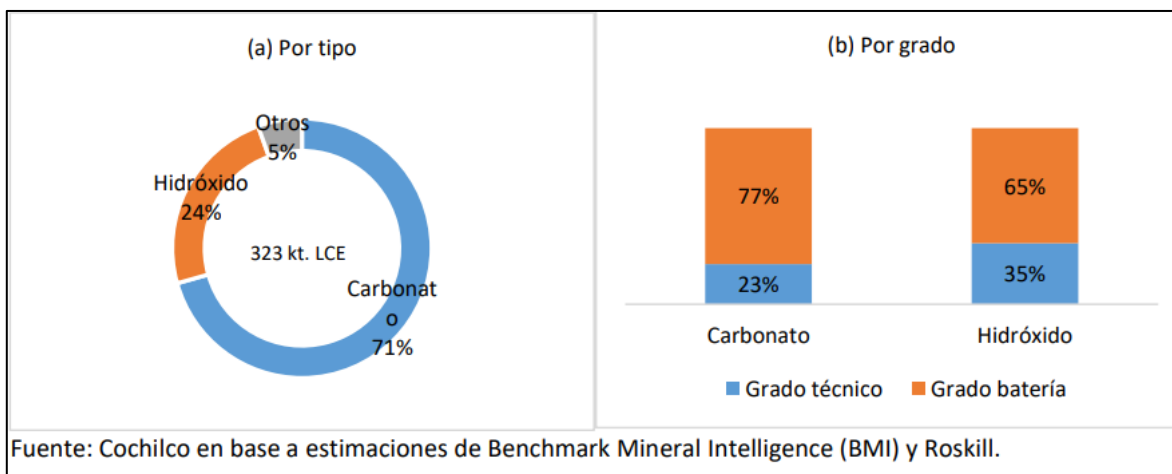


Figura 14. Demanda de litio por (a) tipo y por (b) grado.

China es por lejos el principal centro de consumo de litio, representando el 39% del litio a nivel agregado y la mitad del litio usado para la fabricación de baterías. La alta importancia de China en el consumo de litio se ha incrementado a tasas anuales cercanas al 10% desde comienzos del siglo XXI, debido en gran parte a la rápida expansión industrial de su sector automotriz y electrónico.

De igual forma, vemos que otras jurisdicciones líderes con industrias automotrices y de aplicaciones electrónicas altamente desarrolladas como Japón, Corea del Sur y Europa también cuentan con participaciones significativas en consumo, particularmente en lo que respecta al desarrollo de baterías. En efecto, en el segmento de baterías, los tres países asiáticos previamente mencionados son responsables del 93% del consumo. Dada el creciente peso de este sector, es esperable que el crecimiento de la demanda agregada siga dependiendo fuertemente del desarrollo industrial y tecnológico asiático.

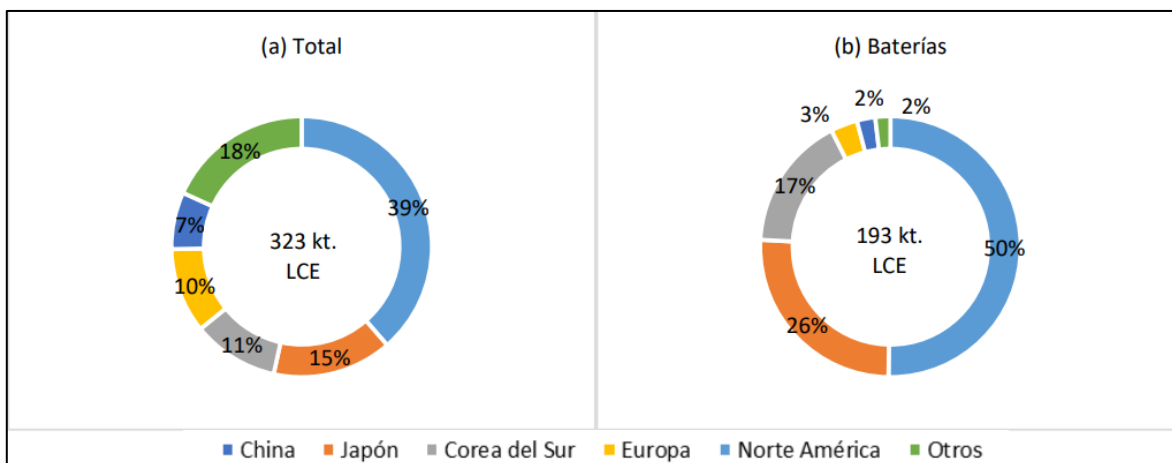


Figura 15. Consumo del litio (a) total y (b) por baterías según Jurisdicción (2019).

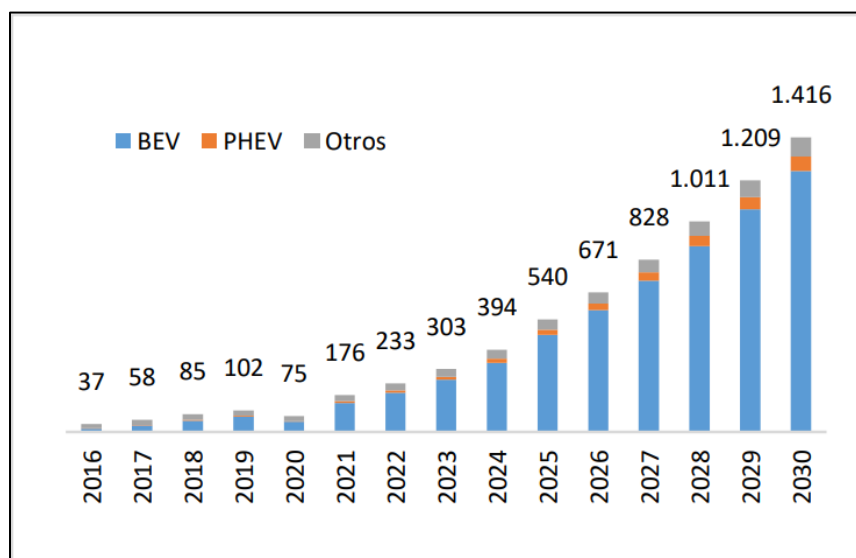


Figura 16. Proyección de la demanda de litio hasta 2030 (kt.LCE).

OFERTA: En general se pueden distinguir tres fuentes potencialmente explotables de litio a nivel mundial: de mineral de roca o pegmatitas (comúnmente en la forma de espodumeno), salmueras (típicamente en reservorios acuosos continentales) y rocas sedimentarias.

Los depósitos de salmueras son los más abundantes a nivel mundial. Sin embargo, los yacimientos pegmatíticos, especialmente de espodumeno, cuentan con la ventaja de estar ampliamente distribuidos a nivel mundial. En la actualidad estos dos tipos de depósitos son las dos únicas fuentes de producción de litio.

Tipo	Tipos de depósitos	Part. a nivel mundial	Estado natural	Ubicación mayores depósitos
Pegmatitas	Esodumeno, petalitas, lepidolitas, amblogonita y eucryptita	26%	Roca dura (a partir de magma cristalizado bajo la superficie terrestre)	Australia, EE.UU., RDC, Canadá
Salmueras	Continental (salares), geotermales y petroleros	66%	Salmueras (arenas, agua y sales minerales)	Triángulo del litio (Chile, Argentina, Bolivia)
Rocas sedimentarias	Arcillas, toba volcánica, rocas evaporitas lacustres	8%	Rocas minerales de esmectita (arcilla) jadarita (evaporita lacustre)	EE.UU., México, Serbia (Jadar), Perú (Falchani)

Fuente: Cochilco en base a diversas fuentes de mercado.

Tabla 11. Clasificación de los recursos de litio.

Ahora bien, una ventaja relevante del procesamiento de litio a partir de salmueras es que requiere menos insumos. En efecto, a diferencia del tratamiento clásicamente minero de las pegmatitas (involucrando extracción, chanchado, molienda, flotación, calentamiento y lixiviación con ácido sulfúrico), el tratamiento de las salmueras es más bien de naturaleza química (evaporación y precipitación). Como consecuencia, dependiendo en parte de las tasas de evaporación e impurezas de magnesio y otros elementos en el reservorio, el procesamiento de litio a partir de salmueras tiende a resultar menos costoso.

Tipo	Part. nivel mundial	Método de extracción	Rango estándar* costos ('000 USD/t)		Tiempo promedio	Subproductos típicamente asociados en yacimiento
			Carb.	Hidr.		
Pegmatitas	55%	Mina subterránea o rajo abierto	8,3-9,0	6,0-9,0	1-2 meses	Estaño, tantalio y niobio
Salmueras	45%	Evaporación y precipitación	4,1-5,8	5,2-6,8	18-24 meses	Potasio, boro

Tabla 12. Clasificación de la producción de litio (2019).

Considerando la oferta agregada de litio, Australia es el principal productor a nivel mundial, contribuyendo la mitad de la oferta mundial (48%). Le sigue Chile (29%), Argentina (9%) y China (9%).

Chile se destaca por las dos grandes operaciones en el Salar de Atacama, el mayor reservorio de litio en forma acuífera a nivel mundial. Estas son Salar del Carmen (operada por SQM) y La Negra (Albemarle), que, dadas las expansiones previstas, en conjunto doblarían su producción ya a partir de 2025 desde unas 100

kt. LCE en 2019. Igualmente, es posible que en los próximos años se comience a explotar litio en el Salar de Maricunga, opción que actualmente es estudiada por Codelco y Minera Salar Blanco.

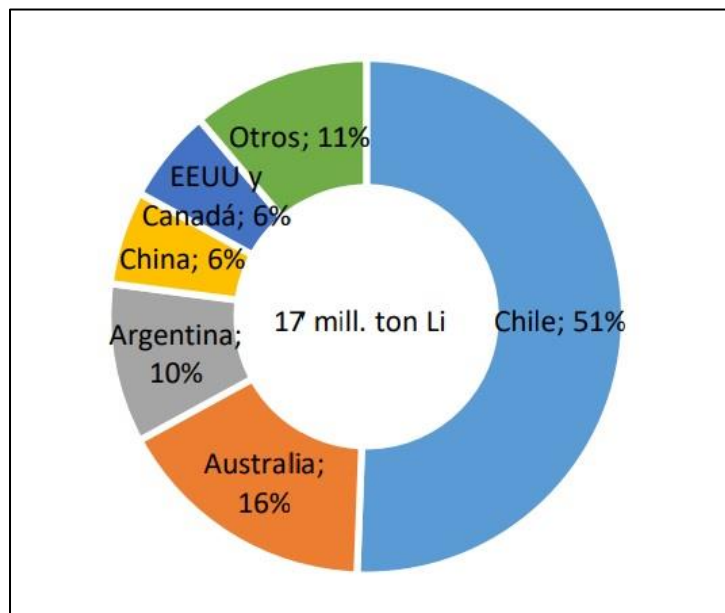


Figura 17. Participación por país en las reservas de litio.

19. ESTUDIOS AMBIENTALES, PERMISOS E IMPACTO SOCIAL

De acuerdo con las leyes chilenas, el Prospecto Imperio debe ser sometido a una Evaluación Ambiental a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Dependiendo de las características del futuro proyecto y de los impactos ambientales que se generen, es necesario optar por una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o por un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

En cuanto a los permisos y autorizaciones, se requerirán los siguientes:

Para la realización de las Campañas Geológicas de Exploración, se debe informar al Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), mediante un Formulario de Inicio de actividades, el lugar de ejecución y tipo de Exploración, además de los responsables y tiempo de ejecución, de acuerdo con el Reglamento del Código de Minería.

Para la realización del Proyecto de Explotación del depósito Imperio, se deberá informar al Servicio Nacional de Geología y Minería, respecto del alcance y objetivos.

Declaración de Impacto Ambiental (DIA) es aquel documento realizado para demostrar que un proyecto no genera efectos ambientales significativos sobre el medio ambiente, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes, se puede tramitar de forma física o electrónica en el SEIA (Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental).

Someter un proyecto o actividad al SEIA permite acreditar el cumplimiento de la normativa y obtener las autorizaciones ambientales respectivas. A través de la DIA, la autoridad ambiental competente se pronuncia sobre la conveniencia o no de realizar un proyecto, bajo la perspectiva ambiental. Esta declaración se formula en base del Estudio de Impacto Ambiental.

Las DIA pueden ser de tres tipos:

Negativa: La autoridad estima que el proyecto es inaceptable desde el punto de vista ambiental y desestima su realización, lo que equivale a una autentica prohibición de que pueda llevarse a cabo dicho proyecto en la forma que se ha presentado.

Positiva Absoluta: Es la aceptación absoluta del proyecto presentado sin la necesidad de modificar nada por considerarlo adecuado desde un punto de vista ambiental.

Positiva Condicionada: Este es el caso más frecuente, donde se deben adoptar determinadas medidas correctoras para la aprobación del proyecto.

Estudios de Impacto Ambiental (EIA) permiten determinar si el proyecto o actividad se hace cargo de los efectos ambientales que genera, mediante la aplicación de medidas de mitigación, reparación y/o compensación.

Debe realizarse un Estudio de Impacto Ambiental en caso de que el proyecto genere o presente a lo menos uno de los efectos, características o circunstancias

establecidas en el art. 11 de la Ley sobre las Bases de Medio Ambiente N° 19.300/1994.

El Estudio de Impacto Ambiental es un estudio técnico, objetivo y de carácter interdisciplinario, realizado por un equipo de especialistas en distintas áreas de trabajo según el proyecto necesite, con el fin de realizar una descripción detallada del proyecto, emprendimiento, proceso, tecnología, actividad, e indicando como afectará los recursos de agua, clima, suelo, así como a la población aledaña, valores culturales, históricos y actividades humanas.

Este procedimiento técnico-administrativo, está destinado a identificar e interpretar, así como prevenir los efectos de corto, mediano y largo alcance que proyectos, programas o emprendimientos públicos o privados puedan causar al ambiente, si la autoridad ambiental competente estima aceptarlo, se procede a la emisión de la DIA permitiendo así la ejecución del proyecto.

20. COSTOS CAPITAL Y FUNCIONAMIENTO

A la fecha de realización del presente informe técnico, no se han realizado cálculos de costos de capital y funcionamiento.

21. ANÁLISIS ECONÓMICO

A la fecha de realización del presente informe técnico, no se han realizado análisis económicos para el Prospecto Imperio.

22. PROPIEDADES ADYACENTES

La totalidad de la superficie del Salar de Maricunga cuenta con concesiones mineras de exploración y explotación de privados y empresas estatales, a modo de ejemplo, Codelco Chile posee un 18% de las concesiones de explotación.

Considerando esta realidad, las pertenencias evaluadas tienen importancia solo por el hecho de tener una cuota de recursos a extraer, independiente de su ubicación.

Las concesiones mineras adyacentes al Prospecto Imperio se detallan a continuación:

ROL	CONCESIÓN	RUT TITULAR	NOMBRE TITULAR	FOJAS	N°	AÑO	CIUDAD
03201-C170-6	BRANDON 50 III 1/30	093007000-9	SQM S.A.	979	278	2016	COPIAPO
03201-1813-1	SEPTIMO GRUPO 1/22	061704000-K	CODELCO CHILE	100 V	52	1941	COPIAPO
03201-8242-5	CLARITA V 1/20	014116078-8	RODO PONCE PABLO	673	141	2011	COPIAPO
03201-9367-2	SANTA TERESITA 19 1/30	076590221-5	SIMCO SPA	4387	931	2015	COPIAPO
03201-B267-7	NANJING 11, 1/30	077116500-1	CIA MINERA CASALE	3803	957	2014	COPIAPO
03201-5935-0	CUNGA 4 41/79	093007000-9	SQM S.A.	303	85	2000	COPIAPO
03201-7578-K	BONGO 35 1/91	013872434-4	GODOY ESPOZ MELISSA	0572V	171	2009	COPIAPO
03201-6901-1	VICTORIA IV 1/17	003692702-K	SLM VICTORIA 4 SALAR MARICUNGA	0730V	226	2006	COPIAPO
03201-7864-9	MARICUNGA 3 1/250	076541630-2	K+S CHILE SA	534	171	2012	COPIAPO
03201-2407-7	LOS SAUCES 1/5	076541630-2	K+S CHILE SA	436	91	1984	COPIAPO
03201-6806-6	NITRATOS NORTE II 1/10	008121330-5	AMO RIFFO LYNOLN RAUL	12	4	2007	COPIAPO
03201-6521-0	LITIO 6 1/60	076602739-3	MINERA SALAR BLANCO S.A	511	163	2004	COPIAPO
03201-D438-7	SALMUERA 1 1/30	007645990-8	SLM SALMUERA 1 LLANO CIENAGA R	511	176	2021	COPIAPO
03201-B249-9	AMBAR XII 1/3	076074636-3	INVER.SERGIO RODRIGO GONCALVEZ	653	136	2015	COPIAPO
03201-C566-3	NITRA XI 1/6	010366514-0	GUERRERO HOIDALGO CARLOS	2148	565	2017	COPIAPO
03201-6539-3	MILENIUM II 1/10	008121330-5	SLM MILENIUM II 1 HOYADA MARIC	0114V	51	2005	COPIAPO
03201-C861-1	SUERTE II 1/10	006894613-1	SLM RESGUARDO 1SECTORLLANOCI.R	0476V	168	2021	COPIAPO
03201-9414-8	DON PRIMERO III 1 1/20	093007000-9	SQM S.A.	4100	829	2012	COPIAPO
03201-D009-8	SALAR AZUL 3 1/5	006540607-1	VILLAR GARCIA RODOLFO FCO.	0067V	15	2022	COPIAPO
03201-D077-2	MACARENA 4, 1/30	061704000-K	CODELCO CHILE	1433V	383	2019	COPIAPO

Tabla 13. Concesiones mineras adyacentes al Prospecto Imperio.

23. OTROS DATOS E INFORMACIÓN RELEVANTES

Codelco a través de su filial Salar de Maricunga SpA, obtuvo un permiso de amplio alcance para la explotación de litio. El Ministerio de Minería suscribió con filial de Codelco un Contrato Especial de Operación de Litio (CEOL) amplio y único para la explotación del Salar de Maricunga.

Consiste en la ejecución de un programa de exploraciones, cuyo objetivo es la captura de información hidrogeológica del Salar de Maricunga y la evaluación preliminar de los recursos in situ de litio presentes en la salmuera, asociados a parte de las pertenencias mineras de Codelco presentes en el salar.

Para lograr el objetivo mencionado, se consideran las siguientes obras y/o actividades: SRK Consulting 04-2103-01: DIA Exploración Salar de Maricunga:

- Construir y habilitar 16 pozos con sus respectivas plataformas;
- Ejecutar 3 pruebas de bombeo;
- Instalar una estación meteorológica;
- Instalar dos lisímetros;
- Ejecutar una exploración geofísica de superficie (gravimetría); y
- Como logística de apoyo a las actividades de exploración, se considera habilitar un campamento y accesos a las áreas de trabajo.

El programa de exploraciones aborda dos aspectos:

- La exploración hidrogeológica en el Salar que permitirá realizar una evaluación preliminar de los recursos económicos de litio y otros elementos disueltos en las salmueras del Salar de Maricunga. Para ello se habilitarán 9 pozos de monitoreo y 3 pozos de bombeo.
- Exploración hidrogeológica en la Cuenca, territorio que se extiende desde los límites del Salar de Maricunga y hacia los bordes de la cuenca hidrológica, particularmente hacia el Este. Será explorada la relación de las aguas superficiales con las salmueras, así como el funcionamiento y dinámica de los acuíferos de agua dulce y contacto con los acuíferos al interior del salar.

Para ello se habilitarán 4 pozos de monitoreo. Al respecto, el sondaje MC1 de coordenadas (E: 501.411 m y N: 7.031.227 m), se localiza dentro de la concesión minera Imperio 5 1/30, área de muestreo N14.

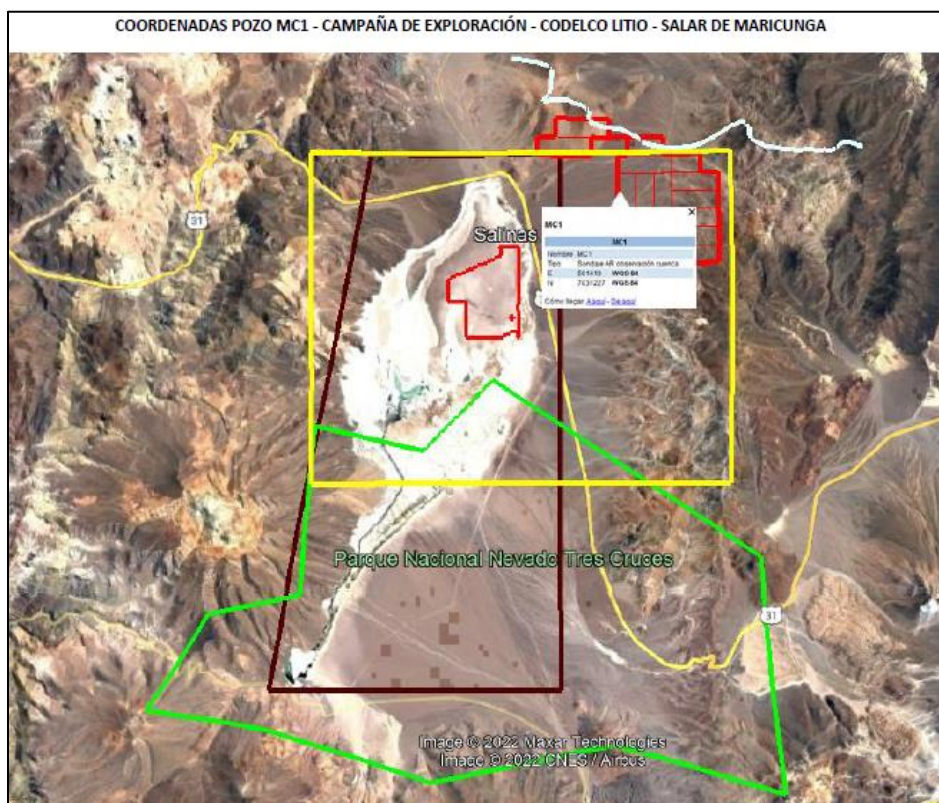


Figura 19. Ubicación del sondaje MC1 de Codelco, dentro de la concesión Imperio 5 1/30

Vértices o Puntos Centrales de las Obras		Coordenadas UTM (Datum WGS-84 Huso 19s)	
		Este (m)	Norte (m)
Vértices Campamento	V1	496.506	7.032.050
	V2	496.457	7.032.054
	V3	496.462	7.032.104
	V4	496.511	7.032.100
Puntos Centrales Sondajes Sónicos	SON1	495.931	7.024.030
	SON2	496.286	7.023.805
	SON3	487.006	7.018.801
	SON4	487.729	7.020.792
	SON5	488.019	7.022.508
	SON6	488.226	7.024.037
	SON7	488.497	7.025.440
Puntos Centrales Sondajes Observación Salar	SONDDH-1	496.004	7.024.389
	SONDDH-2	488.073	7.023.172
Puntos Centrales Sondajes Observación Cuenca	MC1	501.410	7.031.227
	MC2	497.005	7.027.120
	MC3	497.738	7.023.385
	MC4	497.490	7.019.697
Puntos Centrales Sondajes AR Bombeo	BAR1	496.165	7.023.987
	BAR2	488.353	7.024.706
	BAR3	487.853	7.021.751
Puntos Centrales Piscinas Ensayos de Bombeo	PBAR1	495.776	7.024.380
	PBAR2	488.234	7.025.108
	PBAR3	487.490	7.021.377
Puntos Centrales Estaciones Meteorológicas y Lisímetro	LSI-1	487.807	7.021.272
	LSI-2	495.949	7.024.003
	MET-1	487.788	7.021.272

Tabla 14. Tabla mostrando coordenadas principales de vértices de campamento, puntos centrales de sondajes, piscinas y estaciones metereológicas

24. INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES

El Prospecto Imperio, se localiza en el Salar de Maricunga, comuna de Copiapó, provincia de Copiapó, Región de Atacama, a 3800 m.s.n.m.

El titular del prospecto es la Sociedad Legal Minera Imperio del Salar de Maricunga, cuya Representante Legal es María Angélica Villar quien posee el 65% de participación.

El prospecto se compone de ocho concesiones mineras denominadas Imperio 1, Imperio 3, Imperio 4, Imperio 5, Imperio 6, Imperio 7, Imperio 8 e Imperio 9, abarcando una superficie total de 2.300 hectáreas.

La cuenca de Maricunga es del tipo endorreica y su zona terminal contiene un salar tipo playa con numerosos cuerpos de agua salinos, la evaporación desde las zonas húmedas y lagunas cierra el balance hidrológico de la cuenca.

El Salar de Maricunga corresponde a un salar mixto, en donde destaca una unidad de halita, de aproximadamente 34 metros, en la zona centro-norte del salar, rodeado de sedimentos aluviales y fluviales de grano relativamente grueso. Estos abanicos delimitan el perímetro del salar actual y en profundidad se inclinan hacia el centro del salar donde forman la facies distal con un aumento de sedimentos de tamaño arena y limo.

La cuenca del salar está limitada al oeste por cordones montañosos alzados por las fallas inversas Vegas La Junta y Varillar, entre otras, que exponen un basamento del Paleozoico Superior – Terciario Inferior, cubierto por complejos volcánicos del Mioceno. El límite oriental de la cuenca está compuesto por la Cordillera Claudio Gay de orientación NS en la cual se expone secuencias volcanoclásticas deformadas del Oligoceno Superior – Mioceno Inferior sobre un basamento del Paleozoico Medio a Superior, representando el trasarco del frente volcánico preservado en la Franja Maricunga

En la cuenca se concentran salmueras no solo ricas en litio, sino que también en potasio, boro, calcio, sodio y magnesio.

En este estudio preliminar se extrajeron 21 muestras geoquímicas de suelo, representativas de los sedimentos laterales del salar. Muchas de estas muestras fueron tomadas en la zona de recarga del Salar de Maricunga.

Los resultados de litio fueron favorables, ya que la mayoría de las concesiones que conforman el Prospecto Imperio tienen valores sobre los 100 ppm de litio en sedimento.

Los valores más favorables se encuentran en las concesiones Imperio 4, Imperio 5 Imperio 6 e Imperio 7 e Imperio 8, los cuales presentan valores que van desde los 250 a 588 ppm de litio.

Por otra parte, el lado oeste de las concesiones Imperio 1, Imperio 3 e Imperio 9, presentan valores totalmente descartables de litio desde el punto de vista económico.

Respecto de las tierras raras (REE), las concesiones mineras que conforman el Prospecto Imperio no presentan valores sobre los 200 ppm para la sumatoria de los elementos de REE en ninguna de sus concesiones.

Los valores más significativos se presentan en las concesiones Imperio 1 e Imperio 9. Estos valores fluctúan entre los 158 y 196,5 ppm de sumatoria total de REE.

25. RECOMENDACIONES

En virtud de los resultados obtenidos, queda claro que concentraciones económicas de litio no son observables en los sectores altos del prospecto (cerros).

Para poder continuar con los estudios geológicos exploratorios en este prospecto es necesario realizar los siguientes trabajos:

- Estudios geofísicos de transiente electromagnético (TEM), el cual permitirá determinar con precisión los diferentes acuíferos y estratos saturados dentro de las concesiones mineras.
- Sondajes ya sea tipo Sonic o tipo, con recuperación encapsulada de muestras, de manera de obtener muestras representativas de la columna estratigráfica.

26. REFERENCIAS

- Área Inteligencia de Mercados de Editec. (2018) Mercado del Litio 2018. Santiago, Chile.
- AMEC, 2011, Estudio Impacto Ambiental (EIA) Reinicio y Expansión Proyecto Lobo Marte, Kinross Gold Corporation
- Atwood, J. (2021). Mining dot com. Bloomberg News. Recuperado de <https://www.mining.com>
- Bradley D., Munk, L., Jochens, H., Hynek, S., y Labay, K., 2013, "A Preliminary Deposit Model for Lithium Brines", Informe Geológico de los Estados Unidos Open File Report 2013-1006, 6 pp.
- Cochilco. (2013). Mercado internacional del litio. Recuperado de <https://www.cochilco.cl>
- Cochilco. (2014). La explotación del litio en Chile en el contexto del mercado internacional. Recuperado de <https://www.cochilco.cl>
- Cochilco. (2018). Mercado internacional del litio y su potencial en Chile. Recuperado de <https://www.cochilco.cl>
- Cochilco. (2019). Antecedentes para una política pública en minerales estratégicos: Litio. Recuperado de <https://www.cochilco.cl>
- Cochilco. (2020). Oferta y demanda del Litio hacia el 2030. Recuperado de <https://www.cochilco.cl>
- CORFO (1982): Informe Prospección Preliminar salar de Maricunga; Comité de Salas Mixtas CORFO, Santiago, Chile.
- Desormeaux, D. (2020). Situación actual commodities y perspectivas para el litio. Sonami. Recuperado de <https://www.sonami.cl>
- DGA, 2006, Análisis de la Situación Hidrológica e Hidrogeológica de la Cuenca del Salar de Maricunga, III Región. DGA, Departamento de Estudios y Planificación.

- Houston, J. et al., 2011, "La evaluación de las perspectivas de la salmuera y el requisito de modificaciones a las normas de presentación", Society of Economic Geologists.
- Minera Salar Blanco Sociedad Anónima. (2018). Estudio de Impacto Ambiental (EIA) "Proyecto Blanco". Recuperado de <https://seia.sea.gob.cl/>
- Niemeyer, H. 1968. Estudio de las cuencas cerradas de la cuenca de Copiapó. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección de Riego, 110 pp.
- Risacher, F., Alonso, H., Salazar, C. (1999). Salar de Maricunga. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III Regiones - Chile. (pp. 211-229). Santiago, Chile.
- Sernageomin. (2013). Estudio del potencial de litio en salares del norte de Chile. Recuperado de <http://www.sernageomin.cl>
- Tassara, A. 1997. Geología del salar de Maricunga, Región de Atacama Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe IR-97-10, 30 pp.
- Venegas, M., Iriarte, S. y Aguirre, I., 2000, Mapa hidrogeológico de la Cuenca Salar de Maricunga: sector Ciénaga Redonda, escala 1: 100.000, Región de Atacama.

27. ABREVIATURAS

Significado de la abreviatura

°C	Grados Celcius
CEO	Contrato Especial de Operación
CEOL	Contrato Especial de Operación de Litio
cm	centímetro
COCHILCO	Comisión Chilena del Cobre
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
DEM	Digital Elevation Model
DGA	Dirección General de Aguas
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
g/l	gramos x litro
ICP	Espectrometría de Plasma Acoplado Inducido
km	kilómetro
kt	kilo tonelada
Kwh	Kilowatt hora
l/s	litros x segundo
LCE	Carbonato de Litio Equivalente
m	metro
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
mg/L	milígramo x Litro

mm	milímetros
ppb	partes por billón
ppm	partes por millón
PSAD 56	Provisional South American Datum of 1956
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Minería
SIG	Sistema de Información Geográfica
SQM	La Sociedad Química y Minera de Chile
TDS	Sólidos Totales Disueltos
TEM	Transiente Electromagnético
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversal de Mercator
WGS 84	World Geodetic System 1984

ANEXOS AL INFORME