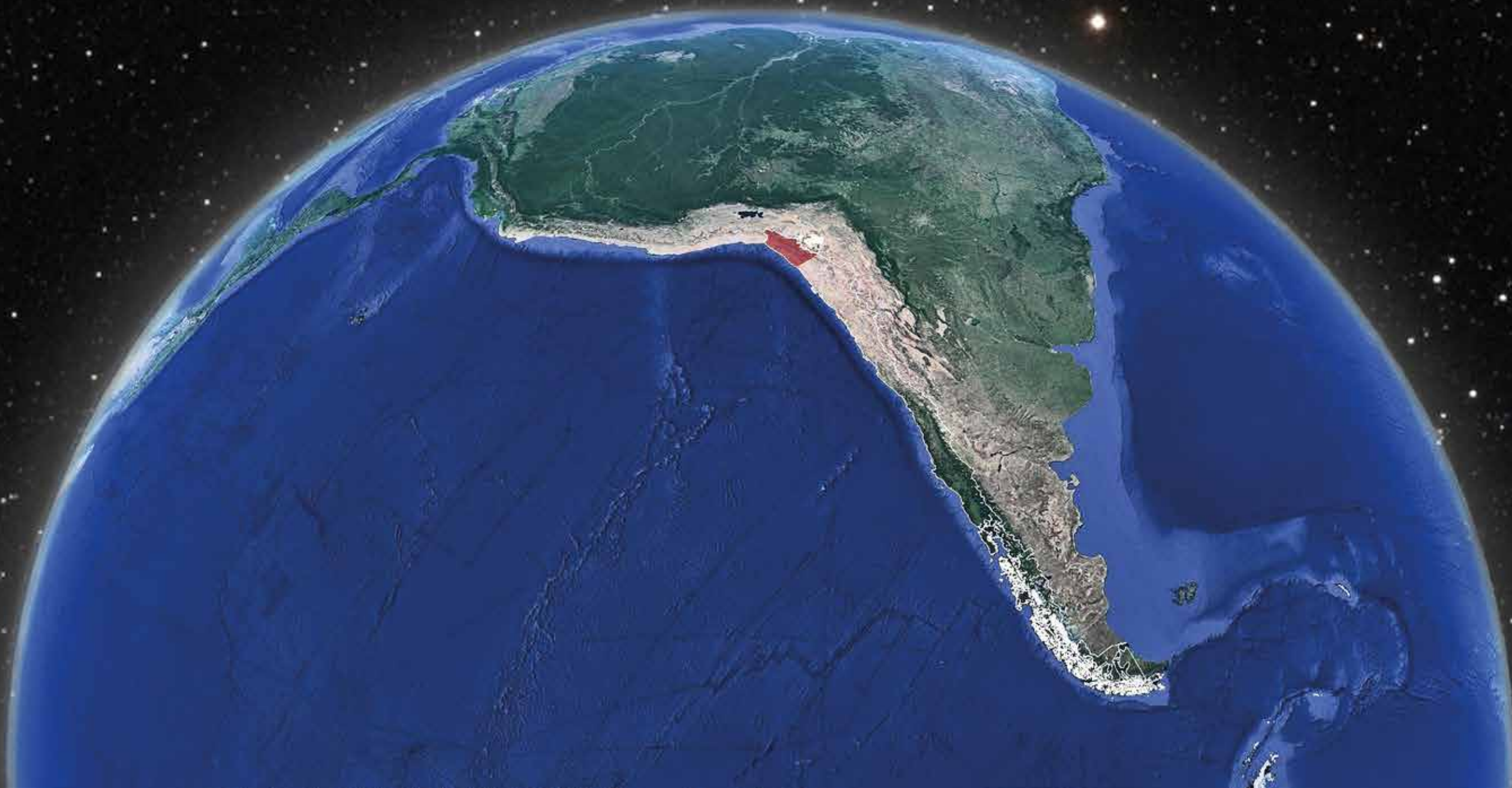




ATLAS

GEOLÓGICO Y MINERO

17° 30' S - 21° 00' S





ATLAS GEOLÓGICO Y MINERO / GEOLOGICAL AND MINING ATLAS

ISBN 978-956-8309-17-6
Inscripción No./Inscription No. 262979

©Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Casilla 10465, Santiago, Chile

Director Nacional / National Director: **Rodrigo Álvarez S.**
Subdirector Nacional de Geología / Subdirector of Geology: **Mario Pereira A.**
Subdirector Nacional de Minería / Subdirector of Mining: **Hugo Rojas A.**

Autorizada su reproducción parcial o total por cualquier medio, con la sola mención de la fuente/Partial o total reproduction for any purpose is authorized upon the reference of the source.

Este documento no ha sido editado en conformidad con los estándares y/o nomenclatura de la Subdirección Nacional de Geología, del Servicio Nacional de Geología y Minería/This document has not been edited in accordance with the standards and/or nomenclature of the National Subdirection of Geology of the National Geological and Mining Service.

Revisión para Publicación/Revision for Publication: **Aníbal Gajardo C. [Comité Editor], Mario Pereira A.**

Producción digital/Digital Production: **Hugo Neira S, cartógrafo de la Subdirección Nacional de Geología**/Cartographer of the National Subdirection of Geology.

Traducción al inglés/Translation to English: **Nicole Muñoz V.**

Diseño y diagramación/Design and Layout: **Fabián Ortiz J.**

Apoyo Financiero/Finnancial Support: **Fondos sectoriales del Servicio Nacional de Geología y Minería a través del Plan Nacional de Geología**/Sectorial Funds of the National Geological and Mining Service through the National Plan of Geology

Referencia bibliográfica/Reference
Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2016. Atlas Geológico y Minero. Servicio Nacional de Geología y Minería, 37 p. Santiago, Chile.

Primera Versión/First Version
Año/Year 2016
www.sernageomin.cl

Autorizada su circulación por Resolución N° 25 del 02 de marzo de 2016 de la Dirección de Fronteras y Límites del Estado. La edición y circulación de mapas, cartas geográficas u otros impresos y documentos que se refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen, en modo alguno, al Estado de Chile, de acuerdo con el Art. 2°, letra g) del D.F.L. N° 83 de 1979 del Ministerio de Relaciones Exteriores/Distribution authorized by the Resolution N° 25 of march 2nd 2016 from the Directions of Borders and Limits of the Chilean Government. The edition and circulation of maps, geographic charts or other printed materials and documents indicating or pertaining to the borders and limits of Chile do not compromise in any way the Chilean Government, in accordance with the Article 2, letter g of the D.F.L. N° 83 of 1979 from the Exterior Relations Ministry.

BIENVENIDO A CHILE / WELCOME TO CHILE

Through this Geological and Mining Atlas, *opera prima* of the National Geological and Mining Service of Chile (Sernageomin) that allows knowing the natural and productive heritage of the extreme north of Chile, you will be able to delve into some of the more important mining and geological characteristics of a country favorable to the development, geoscientific research and exploration of new natural resources in a framework of sustainability.

In effect, Chile stands out for its vast tradition and experience in the study and extraction of its mineral, hydrogeological, and energetic resources; for constituting a center of cultural integration and transit of goods in South America; recognized for its economic and political stability in Latin America and for its growing relations with many countries in the Asia Pacific Basin.

Based on an abundant natural heritage, rules favorable to investment and governance by democratic dialogue, Chile is, from various points of view, a country institutionally prepared to receive investments that promote productive activities leading to its sustainable development.

Sernageomin, as the geological and mining service of Chile responsible for generating information about the geological nature and mineral resources of the country, makes available this Atlas with the conviction that the information it contains will be of great use for those who prefer Chile as a center of their activities in the areas of geology and mining.

Rodrigo Álvarez Seguel
Director Nacional/National Director
Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)/National Geological and Mining Service

CONTENIDO

CONTENT



BIENVENIDO A CHILE / WELCOME TO CHILE	3
INTRODUCCIÓN / INTRODUCTION	5
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA / GEOGRAPHIC INFORMATION	6 - 7
SÍNTESIS POLÍTICO ADMINISTRATIVA, FISIOGRÁFICA Y COMERCIAL / POLITICAL ADMINISTRATIVE, PHYSIOGRAPHICAL, AND COMMERCIAL SUMMARY.	8
INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y MINERA / GEOLOGICAL AND MINING INFORMATION	10 - 11
APLICACIONES DE IMÁGENES SATELITALES EN GEOLOGÍA / APPLICATIONS OF SATELLITE IMAGES IN GEOLOGY.	12
GEOLOGÍA BÁSICA / BASIC GEOLOGY.	14
YACIMIENTOS DE MINERALES METÁLICOS Y DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES / METALLIC MINERALS AND INDUSTRIAL ROCKS AND MINERALS ORE DEPOSITS.	16
CONCESIONES MINERAS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN / MINING CLAIMS OF EXPLORATION AND EXPLOITATION	18
ANTECEDENTES PARA LA EXPLORACIÓN MINERA / BACKGROUND INFORMATION FOR MINING EXPLORATION	20-21
GEOFÍSICA PARA LA EXPLORACIÓN / GEOPHYSICS FOR EXPLORATION	22
Anomalías del Campo Magnético Terrestre / Anomalies of the Terrestrial Magnetic Field	23
Señal Analítica del Campo Magnético Terrestre / Analytical Signal of the Terrestrial Magnetic Field	24
GEOQUÍMICA PARA LA EXPLORACIÓN / GEOCHEMISTRY FOR EXPLORATION	25
Distribución de Concentraciones de Cobre (Cu) en sedimentos / Distribution of Copper (Cu) Concentrations in sediments	26
Distribución de Concentraciones de Molibdeno (Mo) en sedimentos / Distribution of Molybdenum (Mo) Concentrations in sediments	27
Distribución de Concentraciones de Oro (Au) en sedimentos / Distribution of Gold (Au) Concentrations in sediments	28
Distribución de Concentraciones de Plata (Ag) en sedimentos / Distribution of Silver (Ag) Concentrations in sediments	29
Distribución de Concentraciones de Plomo (Pb) en sedimentos / Distribution of Lead (Pb) Concentrations in sediments	30
Distribución de Concentraciones de Cinc (Zn) en sedimentos / Distribution of Zinc (Zn) Concentrations in sediments	31
Distribución de Concentraciones de Lantano (La) en sedimentos / Distribution of Lanthanum (La) in sediments	32
DISTRIBUCIÓN DE LAS CONCESIONES MINERAS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN EN CHILE / DISTRIBUTION OF THE MINING CLAIMS OF EXPLORATION AND EXPLOITATION	34-35
BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY	37

INTRODUCCIÓN / INTRODUCTION

Con el propósito de motivar la exploración en la región norte del país, el Atlas Geológico y Minero pone a disposición de la comunidad información geológica y minera de las regiones de Arica y Parinacota, y de Tarapacá.

Esta obra, elaborada a partir de información geológica, geofísica, geoquímica, y de yacimientos minerales aportada por la Subdirección Nacional de Geología e información de propiedad minera aportada por la Subdirección Nacional de Minería, se presenta a escala 1:750.000 y abarca entre los 17°30' y 21°00' de latitud Sur, sector que cuenta con una importante cobertura de información de geología básica, geofísica y geoquímica de reciente data, y donde se realiza una actividad minera relacionada con la explotación de minerales metálicos y de rocas y minerales industriales, orientada principalmente a la producción de cobre, cloruro de sodio, boratos, diatomita, nitratos y yodo.

En esta zona, la extracción de cobre constituye el 10% de la producción de Chile; el cloruro de sodio representa el 100% del país y corresponde a la tercera producción de América Latina después de México y Brasil; y la de boratos es el 90 % del país y 16 % de la producción mundial.

Asimismo, se incluye la distribución vigente de las concesiones mineras de exploración y explotación, y el mapa a escala 1: 4.000.000 que contiene la ubicación de los yacimientos en explotación e inactivos del país, y, de manera desagregada, las concesiones de exploración.

En suma, Chile presenta un creciente atractivo para la actividad minera metálica y de rocas y minerales industriales.

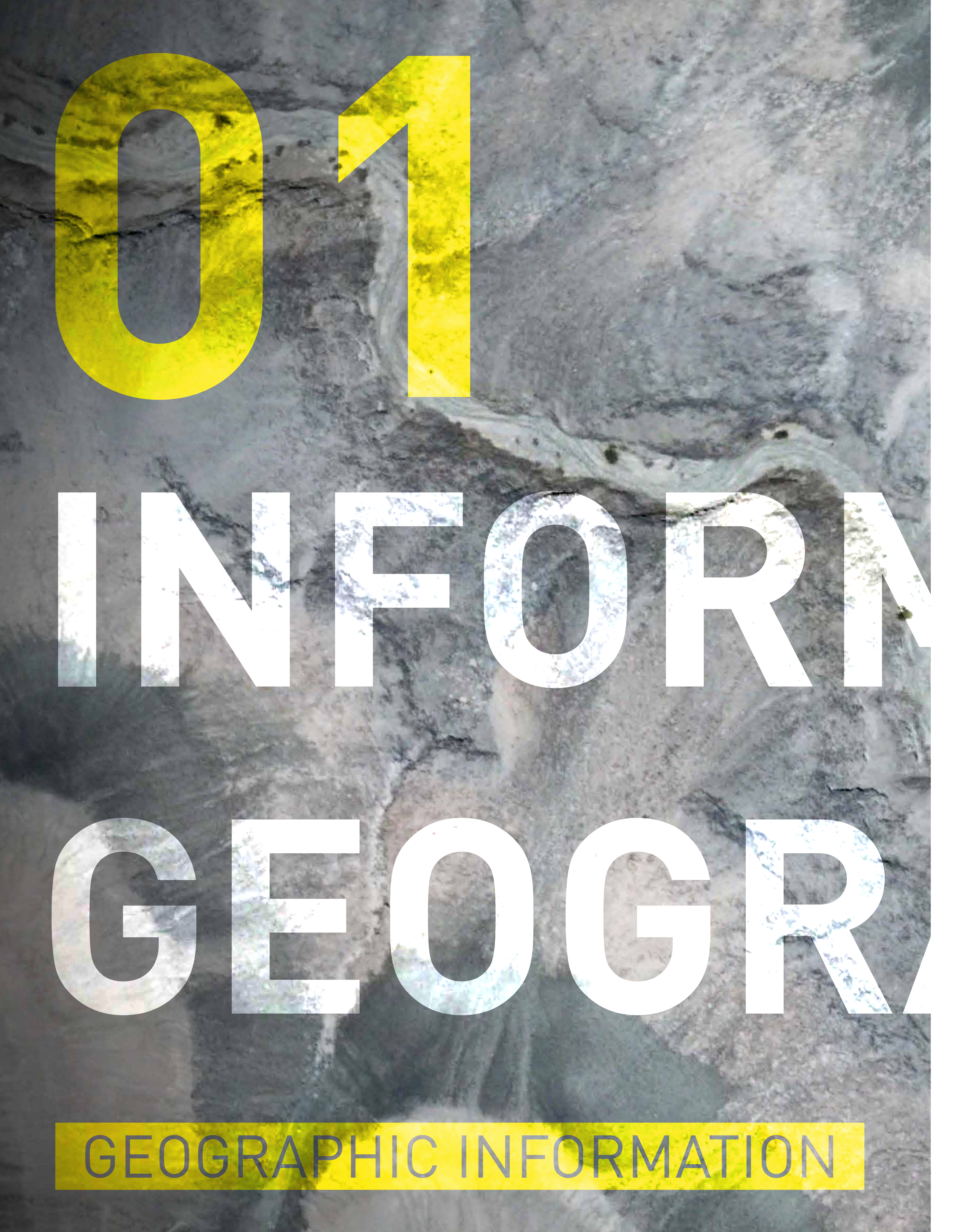
The Geological and Mining Atlas provides geological and mining information of the Regions of Arica y Parinacota and Tarapacá with the objective to enhance the mining exploration.

This work was elaborated with the geological, geophysical, geochemical, and mineral ore deposits information from the National Subdirection of Geology, and mining claims information from the National Subdirection of Mining. It is presented as a map on a scale 1:750,000, covering the latitudes from 17°30' to 21°00' S. This area has important geological, geophysical, and geochemical information and has mining activity of metallic minerals and industrial rocks and minerals, oriented in the production of copper, sodium chlorides, borates, diatomite, nitrates, and iodine.

In production, copper is 10% of the national production, sodium chlorides represent 100% in the country and correspond to the third production in Latin America behind Mexico and Brazil, and borates is 90% of the national production and 16% of the global production.

Also included is the current distribution of mining claims of exploration and exploitation and a map on a scale of 1:4,000,000 of the country that contains the locations of the ore deposits in exploitation and inactive, and the mining exploration claims.

In conclusion, Chile is an attractive country for mining activity of metallic minerals and industrial rocks and minerals.

A satellite map of a coastal region, showing a river delta and surrounding land. The map is in grayscale, with the river and its branches clearly visible. The land is textured with various shades of gray, indicating different terrain features.

01

INFORM

GEOGR

GEOGRAPHIC INFORMATION

MACIÓN ÁFICA

SÍNTESIS POLÍTICO ADMINISTRATIVA, FISIOGRÁFICA Y COMERCIAL

POLITICAL ADMINISTRATIVE, PHYSIOGRAPHIC, AND COMMERCIAL SUMMARY

El área comprendida en este Atlas Geológico y Minero abarca las dos regiones administrativas más septentrionales de Chile, denominadas Arica y Parinacota, y Tarapacá. Estas forman parte de las 15 regiones en que se divide el territorio de Chile.

Atendiendo a su fisiografía, esta área se caracteriza por la existencia, de oeste a este, de las siguientes entidades geomorfológicas mayores: Planicies litorales, con alturas entre 0 y 50 m sobre el nivel del mar (m.s.n.) y escaso desarrollo longitudinal; Cordillera de la Costa, cordón montañoso de entre 15 y 60 km de ancho y alturas promedio entre 800 y 1.100 m s.n.m.; Depresión Central, planicie interior de unos 40 km de ancho promedio y hasta 400 km de longitud, cuya superficie está cortada por quebradas principales y secundarias de dirección general este-oeste.; Precordillera Andina, cordón montañoso discontinuo que alcanza alturas entre 2.000 y 4.500 m s.n.m.; Altiplano, planicie de origen volcánico y sedimentario ubicada entre los 3.500 y 4.500 m s.n.m., y sobre la cual se elevan numerosos conos volcánicos, cuyas alturas máximas pueden sobrepasar los 6.000 m s.n.m., y que en conjunto integran la Cordillera Andina.

REGIÓN ARICA Y PARINACOTA

La región cuenta con aeropuerto y terminal portuario, y está conectada por tierra mediante la Carretera Panamericana Norte (Ruta 5), y una red de rutas que unen la zona costera con localidades interiores. Se distingue la Carretera Internacional Arica-La Paz, principal vía terrestre de integración entre Chile y Bolivia, además de una vía ferroviaria que une Chile con Bolivia. Se encuentra geográficamente ubicada como punto de convergencia entre los países que componen la “Macrorregión Andina”, y el comercio en ella es muy activo pues corresponde al paso de los productos desde y hacia Perú, Bolivia y Brasil, mediante el denominado “corredor interoceánico”. Esto la convierte en una zona estratégica para satisfacer necesidades logísticas de la cuenca Asia Pacífico, entre muchos otros mercados que requieren servicios portuarios, transporte y almacenaje. La actividad minera, de pequeña escala, se orienta a la producción de cobre, boratos, diatomita y bentonita. La actividad turística es relevante, debido a la presencia de algunas de las mejores playas del país, y a la belleza del Altiplano con sus parques y reservas naturales, aguas termales, lagos y volcanes.



REGIÓN DE TARAPACÁ

La región posee tres puertos y un aeropuerto. En cuanto a infraestructura terrestre, está conectada mediante la Carretera Panamericana Norte (Ruta 5), la carretera costera CH-1 y una red de rutas que conectan estas carreteras con localidades interiores y centros mineros. Su terminal portuario es el punto de entrada y salida desde y hacia países como Paraguay, Bolivia, Brasil y Argentina, de productos industriales y mineros. La región se caracteriza, además, por la presencia de la Zona Franca de Iquique (ZOFRI), centro de una pujante actividad comercial. La actividad minera, de mediana a gran escala, es relevante y destaca por la producción de cobre, oro, sal común, diatomita y yodo, que abastece a diversos países, principalmente de la cuenca de Asia Pacífico. La actividad pesquera se orienta a la producción de harina y aceite de pescado, de importancia mundial, y de conservas. La actividad turística es muy activa por la existencia de playas de aguas templadas, las oficinas salitreras (declaradas Patrimonio de la Humanidad), los geoglifos, relictos de culturas originarias, las festividades religiosas y las fuentes termales de la Precordillera Andina.

The area in the Geological and Mining Atlas covers the two northern administrative Regions of Chile, Arica y Parinacota and Tarapacá. These regions are included in the fifteen regions, in which the national territory is divided.

Physiographically, the area is characterized by the following major geomorphological entities, from west-east: the Coastal Plains with altitudes between 0 and 50 m above sea level (a.s.l) and with scarce longitudinal development; the Coastal Range, a mountainous belt between 15 and 60 km wide and average altitudes between 800 and 1,100 m a.s.l.; the Central Depression, a plain with an average width of 40 km and length of 400 km, often marked with primary and secondary ravines flowing from east to west; the Andean Precordillera, a discontinuous mountainous belt that reaches altitudes between 2,000 and 4,500 m a.s.l.; the High Andean Plateau, a volcanic and sedimentary plain located between 3,500 and 4,500 m a.s.l. from which numerous volcanic cones elevate at maximum altitudes above the 6,000 m a.s.l, and all together integrate the Andean Cordillera.

REGION OF ARICA Y PARINACOTA

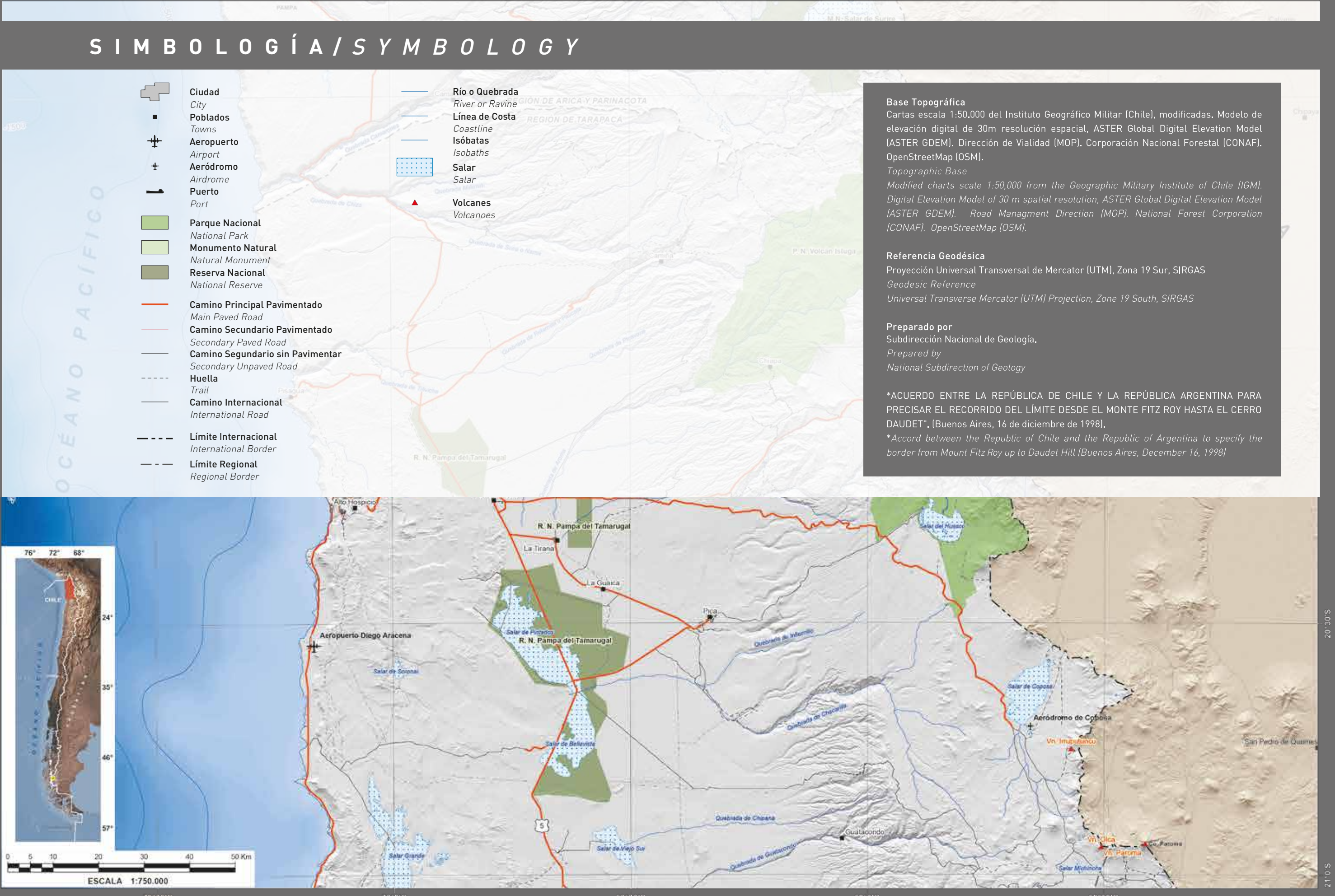
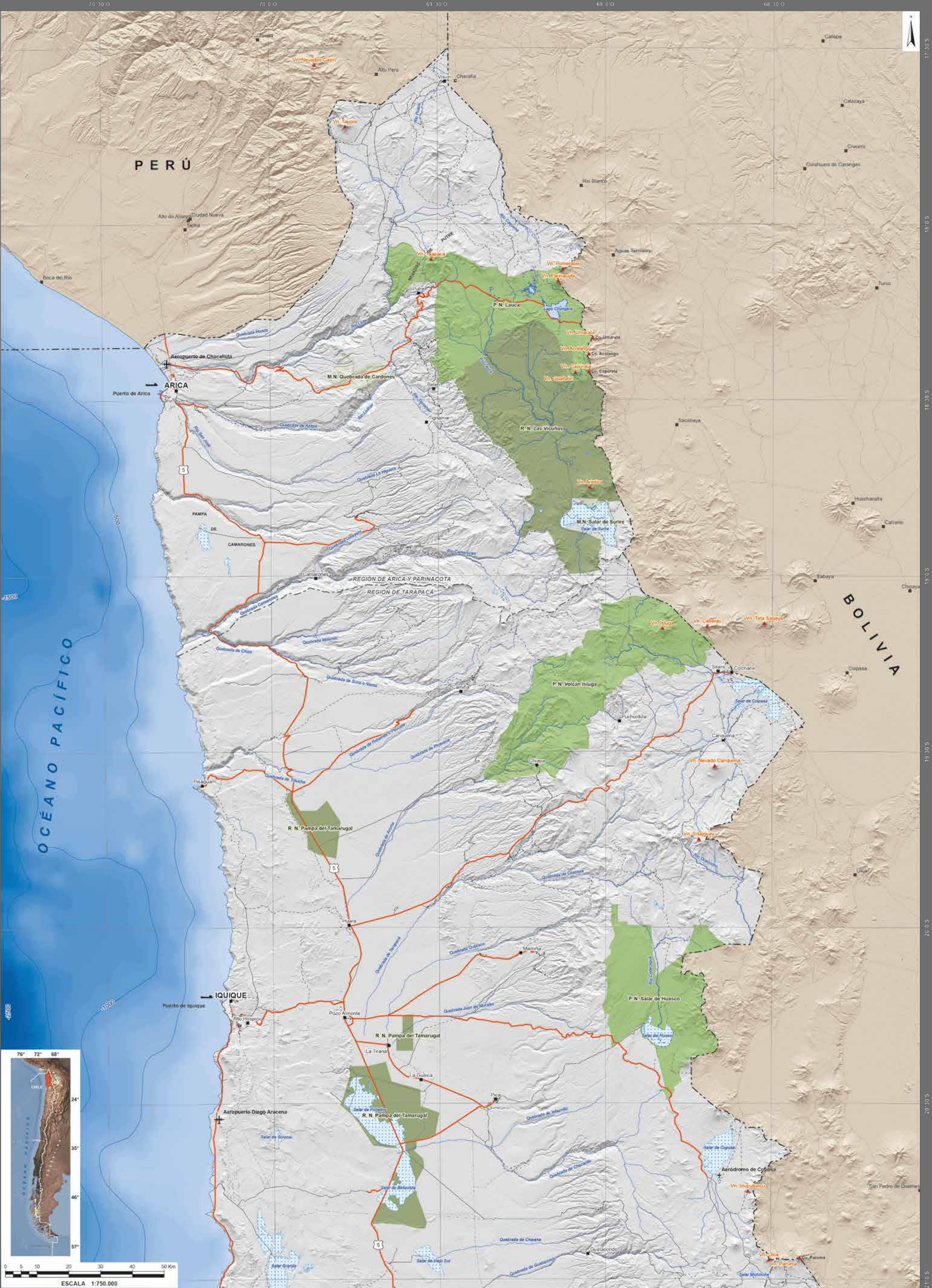
The region has an airport and a terminal port and it is connected by land through the North Panamerican Highway (Ruta 5) and a network of roads that connect the coastal zone with interior localities. The International Arica-La Paz Highway and the railway connect Chile with Bolivia. Geographically, the region is located in a point of convergence between the countries that comprise the “Andean Macroregion”, and the commercial sector is very active due to the transport of products to and from Peru, Bolivia, and Brazil through an “interoceanic passage”. This makes the region a strategic zone to satisfy the logistical needs of the Asian Pacific basin, among the many other trade markets that require port services, transportation, and warehouses. The small scale mining activity produces copper, borates, diatomite, and bentonite. The tourist activity is relevant due to some of the best beaches of the country and the beauty of the High Andean Plateau with its natural parks and reserves, hot springs, lakes, and volcanoes.



REGION OF TARAPACÁ

The region has three ports and one airport. The terrestrial infrastructure consists of the North Panamerican Highway (Ruta 5), the Coastal Highway Ch-1, and a network of roads that connect these highways with interior localities and mining centers. The terminal port is the point of entry and exit of industrial and mining products to and from countries such as Paraguay, Bolivia, Brazil, and Argentina. This region is also characterized by the existence of the Free Port of Iquique (ZOFRI), which is a thriving commercial center. The medium to large scale mining activity highlights for its production of copper, gold, common salt, diatomite, and iodine, and supplies many diverse countries, mainly in the Asian Pacific Basin. The fishing activity is oriented towards the production of fish flour and oil of global importance, and canned food. The tourist activity is very active due to the beaches with temperate waters, the nitrate field offices (declared Heritage of Humanity), the geogliphs of the indigenous cultures, the religious festivities, and the hot springs of the Andean Precordillera.







MINERALS GEOLOGICAL

GEOLOGICAL AND MINING INFO

ión Y MINERA

RMATION

APLICACIONES DE IMÁGENES SATELITALES EN GEOLOGÍA

APPLICATIONS OF SATELLITE IMAGES IN GEOLOGY

Las imágenes satelitales, junto con la fotografía aérea, son herramientas ampliamente utilizadas en proyectos de exploración de recursos naturales. En efecto, contribuyen a la elaboración de cartografía geológica, la evaluación de recursos mineros y energéticos, y la zonificación de peligros geológicos, entre otros.

En particular, la percepción remota se utiliza para:

- 1.- Identificar y discriminar unidades geológicas
- 2.- Identificar zonas de alteración
- 3.- Determinar presencia de minerales de distintos orígenes
- 4.- Reconocer morfoestructuras
- 5.- Identificar anomalías geotermales
- 6.- Realizar monitoreo de volcanes
- 7.- Efectuar estudios de peligros geológicos
- 8.- Otras.

Variadas son las técnicas que se pueden utilizar para el mapeo geológico, y dependiendo de lo que se requiera representar cartográficamente se elige la técnica y el tipo de imagen o sensor. Entre estas técnicas se encuentran:

- Combinaciones de bandas (RGB)
- Álgebra de bandas : Sustracción – cocientes - índices
- Clasificaciones: Supervisadas y no supervisadas.
- Análisis de Componentes Principales (ACP)

COMBINACIONES DE BANDAS

Las combinaciones de bandas RGB son composiciones de imágenes en color utilizando la sumatoria de 3 colores, en este caso bandas de un sensor satelital.

La principal combinación es el denominado color verdadero o color natural. En el caso de una imagen Landsat 5, este RGB corresponde a las bandas 321, y con esto se representa el territorio tal cual como el ojo humano lo percibe.

Realizando combinaciones que no correspondan al color verdadero, se logra distintas cualidades de elementos de la superficie de la tierra que no es posible discriminar utilizando el color natural. Por ello se utilizan bandas que no pertenecen al segmento visible del espectro electromagnético. A esto se le llama falso color y esta técnica tiene numerosas aplicaciones en estudios medioambientales.

COMBINACIÓN 742 – LANDSAT 5

La presente imagen satelital corresponde a un mosaico Landsat 5, específicamente a la Combinación 742. Esto quiere decir que en los canales RGB, las bandas fueron dispuestas de la siguiente manera:

- Canal R: Banda SWIR (7) – 2,08 a 2,35 micrómetros (μm)
- Canal G: Banda VNIR (4) – 0,76 a 0,90 micrómetros (μm)
- Canal B: Banda VNIR (2) – 0,52 a 0,60 micrómetros (μm)

Esta es una de las combinaciones más utilizadas para estudios geológicos, porque es posible resaltar rocas sedimentarias como areniscas y algunos intrusivos como el granito, y distintos minerales hidratados como la arcilla.

La vegetación es posible distinguirla en tonos verdes brillantes y el agua en tonos azules oscuros, debido al orden en que están dispuestas estas bandas en los canales RGB. Por ejemplo, el canal R (red) resalta en tonos rojos a naranjos los minerales hidratados pues en este canal se encuentra la banda 7 (SWIR) que presenta alta reflectancia en este tipo de minerales; en el canal G (green) la vegetación resalta en colores verdes pues la banda 4 presenta una alta reflectancia de la vegetación; finalmente en el canal B (blue), el agua se presenta en tonos azules a negros debido a su alta reflectancia en esta banda en comparación al resto de los segmentos del espectro electromagnético.

The satellite images and aerial photography are tools widely used in the exploration of natural resources. They contribute to the elaboration of geologic cartography, evaluation of mining and energetic resources, and geologic hazards zoning, among others,

Particularly, the remote sensing is useful to:

- 1. Identify and discriminate geological units*
- 2. Identify zones of alteration*
- 3. Determine the presence of minerals of distinct origins*
- 4. Recognize morphostructures*
- 5. Identify geothermal anomalies*
- 6. Execute monitoring of volcanoes*
- 7. Execute studies of geological hazards*
- 8. Others*

Various techniques are used for geological mapping and, depending on the object to represent cartographically, the technique and the type of image or sensor is selected. These techniques are:

- Combinations of bands (RGB)*
- Algebra of bands: Subtraction-coefficients-indices*
- Classifications: Supervised and not supervised.*
- Principal Component Analysis (PCA)*

BAND COMBINATIONS

The combinations of bands RGB are image compositions in color, using the sum of three colors, in this case, bands of a satellite sensor.

The main combination is the “true color” or natural color. In the case of a Landsat 5 image, this RGB correspond to the bands 321, and with this, the territory is represented as perceived by the human eye.

With combinations that do not correspond to the “true color”, distinct qualities of elements of the surface of the Earth are achieved which are not possible to discriminate using the natural color. For this, bands that do not pertain to the visible electromagnetic spectrum are used. This is called “false color” and this technique has numerous applications in environmental studies.

COMBINATION 742– LANDSAT 5

The following satellite image corresponds to a mosaic Landsat 5, specifically the Combination 742. This means that in the channels RGB, the bands were organized in the following manner:

- -Channel R: Band SWIR (7) – 2.08 a 2.35 micrometers (μm)*
- -Channel G: Band VNIR (4) – 0.76 a 0.90 micrometers (μm)*
- -Channel B: Band VNIR (2) – 0.52 a 0.60 micrometers (μm)*

This is one of the most commonly used combinations for geological studies due to the possibility of highlighting sedimentary rocks such as sandstones, some intrusive rocks such as granites, and different hydrated minerals such as clay.

The vegetation is distinguished in bright green tones and the water is represented by dark blue tones due to the order in which the bands are arranged in the RGB channels. For example, the channel R (red) highlight in red to orange tones the hydrated minerals as this type of channel has the Band 7 (SWIR), which presents high reflectance in this type of minerals. In the channel G (green), the vegetation highlights in green colors as the Band 4 represents a high reflectance of the vegetation. Finally in the channel B (blue), the water is shown in blue to black tones due to the high reflectance in this band compared to the rest of the segments of the electromagnetic spectrum.





LEYENDA / LEGEND

Landsat 5 Thematic Mapper (TM) Combinación 742

Esta combinación permite diferenciar unidades litológicas pues las expone en tonalidades que favorecen la fotointerpretación de una zona árida. También se pueden detectar características morfológicas e interpretar estructuras geológicas. Es una combinación ideal para suelos desnudos, ya que detecta minerales hidratados como las arcillas.

This combination differentiates lithological units by exposing them in tones that favor the photointerpretation of an arid zone. It is also useful for detecting morphological characteristics, and for the interpretation of geological structures. This combination is also ideal for bare soils because it detects hydrated minerals such as clays.

SIMBOLOGÍA / SYMBOLLOGY

- Ciudad
City
- Poblados
Towns
- ✈ Aeropuerto
Airport
- ✈ Aeródromo
Airdrome
- ⚓ Puerto
Port
- Parque Nacional
National Park
- Monumento Natural
Natural Monument
- Reserva Nacional
National Reserve
- Camino Principal Pavimentado
Main Paved Road
- Camino Secundario Pavimentado
Secondary Paved Road
- Camino Secundario sin Pavimentar
Secondary Unpaved Road
- Huella
Trail
- Camino Internacional
International Road
- Limite Internacional
International Border
- Limite Regional
Regional Border
- Rio o Quebrada
River or Ravine
- Línea de Costa
Coastline
- Isóbatas
Isobaths
- Salar
Salar
- Volcanes
Volcanoes

Base Topográfica
Cartas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificadas. Modelo de elevación digital de 30m resolución espacial, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Dirección de Vialidad (MOP). Corporación Nacional Forestal (CONAF). OpenStreetMap (OSM).

Referencia Geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19 Sur, SIRGAS
Geodesic Reference
Universal Transverse Mercator (UTM) Projection, Zone 19 South, SIRGAS

Preparado por
Subdirección Nacional de Geología.
Prepared by
National Subdirection of Geology

***ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LIMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET*. (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).**
***Accord between the Republic of Chile and the Republic of Argentina to specify the border from Mount Fitz Roy up to Daudet Hill. (Buenos Aires, December 16, 1998)**



GEOLOGÍA BÁSICA

BASIC GEOLOGY

Las rocas en las regiones de Arica y Parinacota y Tarapacá abarcan desde el periodo Precámbrico (mayor que ~500 Millones de años atrás, Ma) hasta el presente. Las más antiguas corresponden a rocas metamórficas, afectadas por metamorfismo regional ocurrido durante el Cámbrico-Ordovícico (540-440 Ma), y rocas intrusivas y volcánicas del Carbonífero-Pérmico (360-250 Ma) y Triásico (250-200 Ma).

Durante el Jurásico-Cretácico Inferior, una tectónica extensional generó una cuenca de trasarco (Cuenca de Tarapacá), asociada a un sistema plutónico-volcánico (Magmatismo de La Negra), donde se acumularon depósitos sedimentarios marinos y continentales, interdigitados hacia el oeste con depósitos volcánicos, intruidos por cuerpos plutónicos e hipabisales. Un régimen contraccional, la Fase Orogénica Peruana, ocurrido durante el Cretácico Superior temprano (~100-90 Ma), produjo alzamiento y plegamiento de los depósitos y la reactivación inversa de antiguas fallas normales que, en el Triásico-Jurásico, controlaron el desarrollo de la cuenca. Durante el Cretácico Superior (100-66 Ma), un arco magmático generó potentes secuencias de rocas volcánicas acumuladas en cuencas extensionales de intra arco junto a sedimentos clásticos continentales y, contemporáneamente, se emplazaron cuerpos plutónicos asociados a este arco. Desde el Cretácico Superior hasta el Reciente, los centros intrusivos como sus arcos volcánicos asociados, migraron gradual y progresivamente hacia el este.

Un nuevo evento tectónico, pero esta vez de carácter contraccional (Fase Tectónica 'K-T'), ocurrido en el Paleoceno, produjo el plegamiento de las rocas del Cretácico Superior. Este cambio en el régimen tectónico, de gran influencia en la metalogénesis regional, generó condiciones favorables para el emplazamiento de sistemas porfíricos de Cu-Mo, Cu-Au y Au, lo que formaría la franja Norte-Sur del Paleoceno-Eoceno Inferior (65-50 Ma), que alberga el yacimiento de cobre de Cerro Colorado (54 Ma) y el prospecto Mocha (56 Ma) en la Precordillera Andina.

Durante el Eoceno, un intenso evento magmático generó centenares de metros de rocas volcánicas, con sus equivalentes plutónicos e hipabisales y, simultáneamente, se depositaron sedimentos continentales en cuencas extensionales. Al este de la franja del Paleoceno-Eoceno Inferior, se emplazó la franja de pórfidos Cu-Mo del Eoceno Superior-Oligoceno (43 - 31 Ma), que alberga los yacimientos de Quebrada Blanca (39-36 Ma) y Collahuasi (34 Ma), y los prospectos La Planada (-40 Ma) y Queen Elizabeth (38 Ma). Durante el Eoceno Medio-Superior, se desarrolló una nueva fase compresiva (la Fase Orogénica Incaica) que afectó gran parte del Perú y norte de Chile y a la que se asocia un importante evento de erosión y exhumación, del orden de 4-5 km, en un ámbito de precordillera. Esta exhumación expuso los intrusivos eocenos y generó enriquecimiento secundario en los yacimientos de Cu-Mo del Paleoceno-Eoceno Inferior.

En el Oligoceno Superior-Mioceno Medio, se depositaron gravas aluviales y flujos ignimbríticos que formaron una extensa meseta que cubre las unidades de roca más antiguas. En la Depresión Central, las sucesiones son principalmente sedimentarias, y presentan espesores hasta 550-800 m, mientras que, en la Precordillera, son principalmente volcánicas; están suavemente plegadas en ambas regiones y muy deformadas en la Cordillera Andina en la Región de Arica y Parinacota, donde alcanzan espesores de hasta 2.500 m. Destaca en este periodo el desarrollo de procesos supérgenos sobre los depósitos metálicos del Eoceno-Oligoceno del área, como en los yacimientos Quebrada Blanca, Collahuasi y Cerro Colorado, y la formación de depósitos exóticos, como el yacimiento Sagasca-La Cascada, cuya fuente aún se desconoce, y Huiniquintipa asociado al yacimiento de Collahuasi.

En el Mioceno Medio-Superior se desarrolló un suelo yesífero y un pedimento, que representan condiciones de aridez extrema que favoreció la formación de depósitos salinos-evaporíticos y la preservación de los horizontes de enriquecimiento secundario de los yacimientos del norte de Chile. Asociado al volcanismo durante ese periodo se emplazó el yacimiento epitermal de Choquelimpie, en la Cordillera Andina de la Región de Arica y Parinacota. Durante el Mioceno Superior-Plioceno, se desarrolló una nueva fase de deformación, mayormente compresiva, que alzó el Altiplano; durante el Pleistoceno-Holoceno se acumularon depósitos volcánicos en la Cordillera Andina, y depósitos fluviales y aluviales principalmente en la Precordillera Andina y Depresión Central.

The rocks in the Regions of Arica y Parinacota and Tarapacá span, in age, from the Precambrian period (greater than ~500 Million years before present, Ma) to the present. The oldest rocks correspond to metamorphic rocks affected by regional metamorphism that occurred during the Cambrian-Ordovician (540-440 Ma), and intrusive and volcanic rocks of the Carboniferous-Permian (360-250 Ma) and Triassic (250-200 Ma)

During the Jurassic-Early Cretaceous, an extensional tectonic regime generated a backarc basin (Tarapacá Basin) associated with a plutonic-volcanic magmatic system (La Negra magmatism), in which accumulated marine and continental sedimentary deposits, interbedded towards the west with volcanic deposits, intruded by plutonic and hypabyssal bodies. A contractional regime, the Peruvian Orogenic Phase, occurred on a regional scale during the early Late Cretaceous (~100-90 Ma), produced uplifting and folding of the deposits with reverse reactivation of older normal faults that controlled the formation of the Tarapacá Basin. During the Late Cretaceous (~100-66 Ma), a magmatic arc produced thick sequences of volcanic rocks accumulated in extensional intra-arc basins together with continental clastic sediments and, contemporaneously, plutonic intrusive rocks were emplaced. Since the Late Cretaceous and up to the Recent, the intrusive centers as well as its associated volcanic arcs migrated gradually and progressively towards the east.

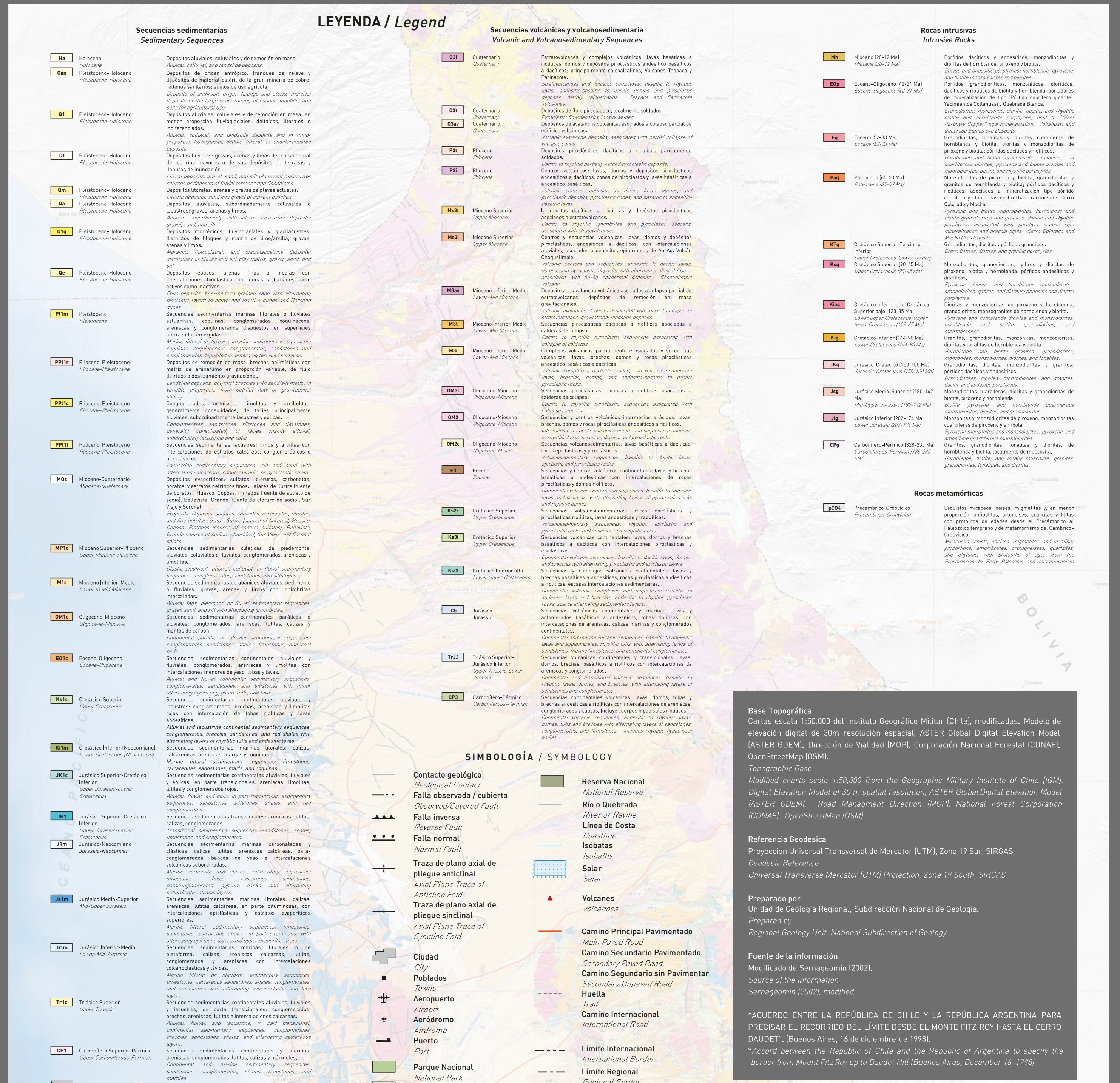
A new contractional tectonic regime ('K-T' Tectonic Phase) occurred in the Paleocene and produced folding of the Upper Cretaceous rocks. This change in the tectonic regime had a great influence in the regional metallogenesis, producing favorable conditions for the emplacement of Cu-Mo, Cu-Au, and Au porphyry systems, and forming the North-South Paleocene-Early Eocene Belt (65-50 Ma) that contains the Cerro Colorado Ore Deposit (54 Ma) and the Mocha Prospect (56 Ma) in the Andean Precordillera.

During the Eocene, an intense magmatic event produced hundreds of meters of volcanic rocks, with its plutonic and hypabyssal equivalents and, simultaneously, continental sediments were deposited in extensional basins. To the east of the Paleocene-Early Eocene Belt, the Cu-Mo porphyry systems of the Late Eocene-Oligocene Belt (43-31 Ma) were emplaced, including the Quebrada Blanca (39-36 Ma) and Collahuasi (34 Ma) Ore Deposits and the La Planada (40 Ma) and Queen Elizabeth (38 Ma) Prospects. During the Middle Late Eocene, a new compressive event, the Incaica Orogenic Phase, occurred, which affected a large part of Peru and northern Chile and to which is associated an important event of erosion and exhumation, on the order of 4-5 km, in the Andean Precordillera. This exhumation exposed the Eocene intrusions and generated secondary enrichment in the Paleocene-Early Eocene Cu-Mo deposits.

During the Late Oligocene-Middle Miocene, alluvial gravels and ignimbritic flows accumulated, forming an extensive plateau that covered older units. In the Central Depression, the successions are mainly sedimentary in origin, up to 550-800m thick, while in the Andean Precordillera are mainly volcanic, slightly folded in both regions, but very deformed in the Andean Range of the Arica-Parinacota Region, where they are up to 2,500 m thick. Characteristic of this period is the development of supergene processes affecting the Eocene-Oligocene metallic deposits of the area, such as the Quebrada Blanca, Collahuasi and Cerro Colorado Ore Deposits and the formation of exotic deposits such as the Sagasca-La Cascada Ore Deposit, whose source is unknown, and the Huiniquintipa deposit associated with the Collahuasi deposit.

During the Middle-Late Miocene, a gypsum-rich soil and pediment represent a change towards extreme arid conditions, favoring the formation of saline-evaporitic deposits and the preservation of secondary enrichment blankets of the ore deposits in northern Chile. Associated with volcanism, the epithermal ore deposit Choquelimpie was emplaced in the Andean Range of the Arica-Parinacota Region. During the late Miocene-Pliocene, a new compressive tectonic phase developed, uplifting the High Andean Plateau, and during the Pleistocene-Holocene volcanic deposits in the Andean Range, and fluvial and alluvial deposits mainly in the Andean Precordillera and Central Depression were accumulated.





YACIMIENTOS DE MINERALES METÁLICOS Y DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

METALLIC MINERALS AND INDUSTRIAL ROCKS AND MINERALS ORE DEPOSITS

El origen y la distribución de los recursos minerales de las regiones de Arica y Parinacota y Tarapacá, están asociados a los procesos tectónico-magmáticos relacionados al régimen de subducción en el margen pacífico de Sudamérica, desde el Jurásico Superior al Reciente, y a procesos climáticos del Cenozoico.

MINERALES METÁLICOS

Los depósitos metálicos económicamente más relevantes son tipo porfídico Cu-Mo, Cu-Au y Au. Dos franjas de pórfidos albergan a los yacimientos y prospectos en estas regiones: a) Franja del Paleoceno-Eoceno Inferior (65-50 Ma) incluye los yacimientos Cerro Colorado (54 Ma) y Sagasca-La Cascada y el prospecto Mocha (56 Ma), y b) Franja del Eoceno Superior-Oligoceno (43-31 Ma) con los yacimientos Quebrada Blanca (39–36 Ma) y Collahuasi (34 Ma) y los prospectos La Planada (40 Ma) y Queen Elizabeth (38 Ma), ubicados en la Precordillera Andina. Los yacimientos Cerro Colorado, Quebrada Blanca y Collahuasi producen en conjunto 600 mil t de Cu fino al año, representando 10% de la producción nacional.

Los depósitos metálicos más antiguos (Jurásico Superior-Cretácico Inferior), ubicados en la Cordillera de la Costa, corresponden a depósitos de cobre-oro-óxidos de hierro (tipo IOCG), estratoligados de Cu asociados a rocas volcánicas, vetiformes hidrotermales de Cu y vetas epitermales de Au. Destacan en esta franja los yacimientos Santa Rosa (Ag) y Carmen (Au), ambos paralizados.

Depósitos metálicos más recientes (Neógeno-Cuaternario), están asociados a la actividad volcánica y localizados en el Altiplano. Corresponden a depósitos epitermales de Au y Ag, con variables contenidos de Cu, entre los cuales destacan los yacimientos Choquelimpie y Challacollo, actualmente paralizados.

ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

Las rocas y minerales industriales de mayor importancia, corresponden a recursos en depósitos de nitratos y salares, cuyo origen está relacionado con factores geológicos, morfológicos, estructurales y climáticos, ocurridos desde Mioceno Superior hasta el Cuaternario.

Los depósitos de nitratos se distribuyen en una franja discontinua de dirección N-S, de 700 km de longitud y 30-50 km de ancho, ubicada en el borde occidental de la Depresión Central. Estos depósitos contienen nitratos, yodo y sulfato de sodio. La producción de nitratos del año 2013 fue de alrededor de 30 mil t y de yodo fue de 12 mil t.

Los salares ubicados en la Cordillera de la Costa, incluyen el salar Grande que contiene un cuerpo cristalino de alta pureza (>98% NaCl), cuya producción supera los 6 millones t al año; en la Depresión Central se ubica el salar de Pintados, fuente de sulfato de sodio, actualmente paralizada; y el salar de Surire, en el Altiplano, es una de las principales fuentes de boratos del país, cuya explotación se destina a la producción de ácido bórico y ulexita tratada, que el año 2013 fue de 90 t y 500 mil t, respectivamente.

Otros recursos corresponden a diatomitas y bentonitas, relacionados, genéticamente con procesos sedimentarios biogénicos y de alteración supérgena, respectivamente, en secuencias sedimentarias desde el Mioceno Inferior hasta el Pleistoceno. Los yacimientos de diatomita, en la Depresión Central de ambas regiones, son los únicos en explotación con una producción de 6 mil t el año 2013.

Las RMI más antiguas corresponden a calizas relacionadas genéticamente con procesos sedimentarios biogénicos marinos ocurridos en el Jurásico Medio-Superior. Estas secuencias, distribuidas en la Cordillera de la Costa de la región de Tarapacá, constituyen un recurso de alta ley y volumen, nunca explotado.

The origin and distribution of the mineral resources of the regions of Arica y Parinacota and Tarapacá are associated with the tectonic-magmatic processes of the subduction regime of the pacific margin of South America, from the Late Jurassic to Recent, and with climatic processes of the Cenozoic.

METALLIC MINERALS

The metallic deposits of economic importance are the Cu-Mo, Cu-Au, and Au Porphyry Type. Two porphyry belts host the ore deposits and prospects in these regions: a) Paleocene-Early Eocene (65-50 Ma) Belt that includes the Cerro Colorado (53 Ma) and Sagasca-La Cascada Ore Deposits with the Mocha Prospect (56 Ma), and b) Late Eocene-Oligocene (43-31 Ma) Belt that includes the Quebrada Blanca and Collahuasi Ore Deposits and La the Planada (40 Ma) and Queen Elizabeth (38 Ma) Prospects, located in the Andean Precordillera. Cerro Colorado, Quebrada Blanca, and Collahuasi Ore Deposits produce altogether 600,000 t of fine Cu per year, representing 10% of the national production.

The older metallic deposits (Late Jurassic-Lower Cretaceous), located in the Coastal Range, correspond to Iron Oxide-Copper-Gold (IOCG) Type Deposits, mainly Cu stratabound associated to volcanic rocks, Cu hydrothermal veins, and Au epithermal veins. Included in this belt are Santa Rosa (Ag) and Carmen (Au) ore deposits, both paralyzed.

Recent metallic deposits (Neogene-Quaternary) are associated with the volcanic activity in the High Andean Plateau. They correspond to Au and Ag epithermal deposits with various concentrations of Cu, as emphasized in the ore deposits Choquelimpie and Challacollo, both currently paralyzed.

INDUSTRIAL ROCKS AND MINERALS

The industrial rocks and minerals of great importance correspond to the resources in the nitrate deposits and salars, whose origin is associated with geological, morphological, structural, and climatic factors during the Late Miocene-Quaternary

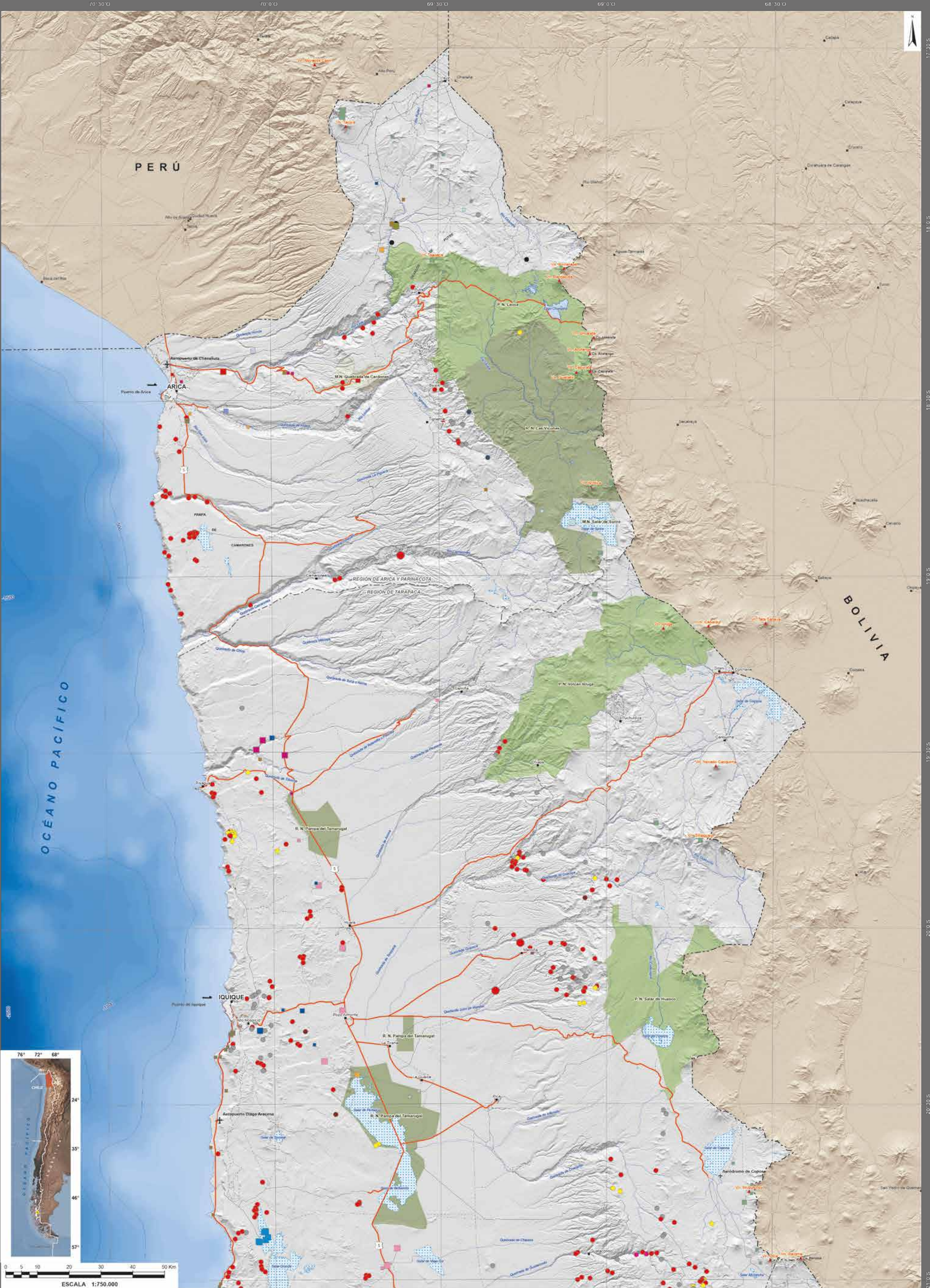
The nitrate deposits are distributed in a discontinuous NS belt, 700 km long and 30 to 50 km wide, located in the western margin of the Central Depression. They consist of nitrates, iodine, and sodium sulfate. In 2013, the production of nitrates was around 30,000 t and iodine was 12,000 t.

The salars, located in the Coastal Range, include Salar Grande that has a crystalline body of high purity (>98% NaCl) and whose production exceeds 6,000,000 t per year. Salar de Pintados, the source of sodium sulfate, is located in the Central Depression and is currently paralyzed. Salar de Surire, one of the main source for borates in the country, is located in the High Andean Plateau, whose exploitation is destined to the production of boric acid and treated ulexite. In 2013, the production of boric acid was 90 t while the production of ulexite was 500,000 t.

Other important resources are diatomite and bentonite, related genetically to biogenic sedimentary processes and supergene alteration, respectively, in sedimentary sequences from the Early Miocene to the Pleistocene. The deposits of diatomite in the Central Depression of both regions are the only ones in exploitation with a production of 6,000 t in 2013.

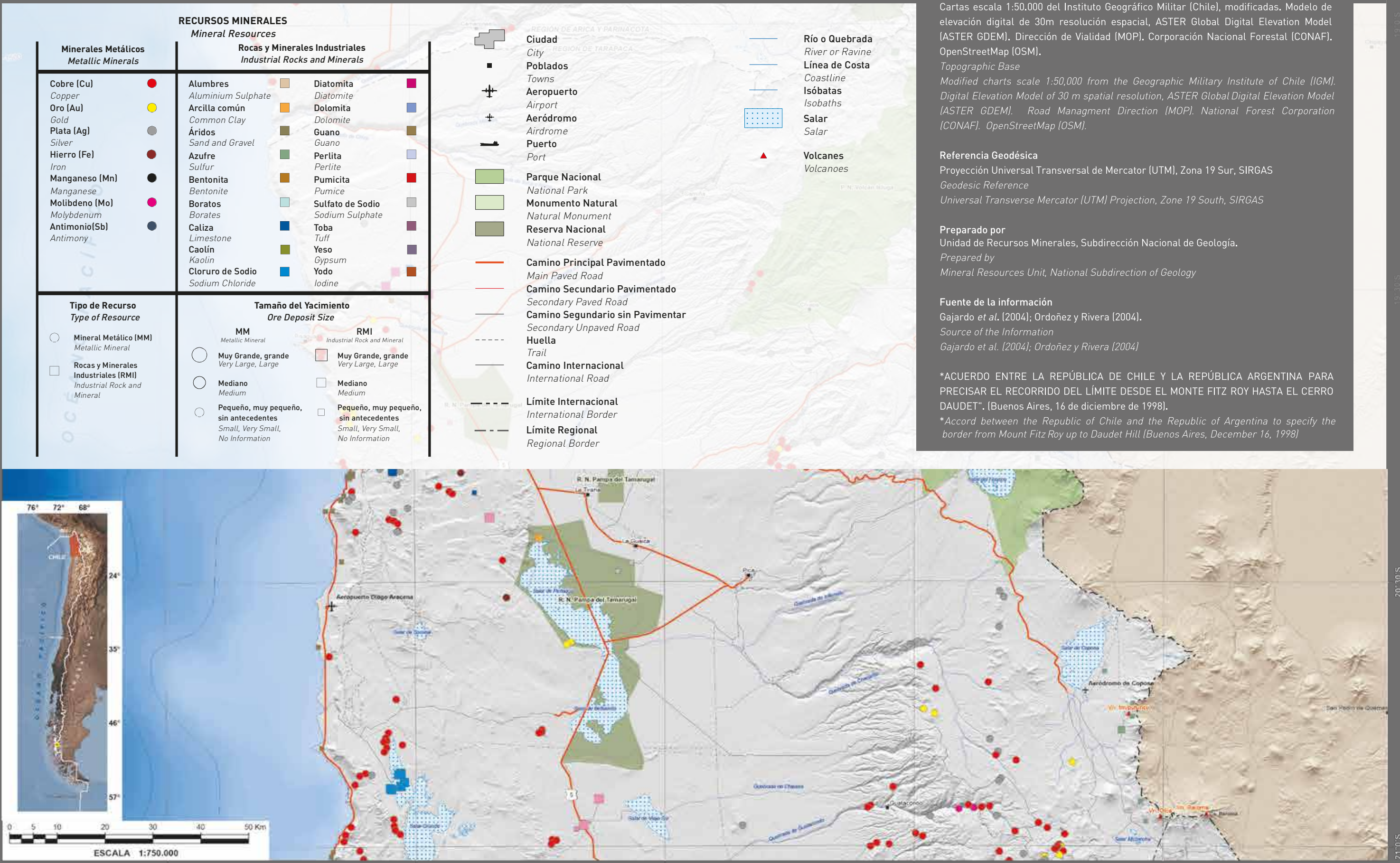
The oldest resource corresponds to limestones genetically related to marine biogenic sedimentary processes of the Middle-Late Jurassic. These limestones are distributed in the Coastal Range of the Region of Tarapacá and are considered of highest grade and volume never exploited.





LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY



CONCESIONES MINERAS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN

MINING CLAIMS OF EXPLORATION AND EXPLOITATION

El Mapa de Concesiones Mineras de Exploración y Explotación representa gráficamente la propiedad minera del país, vigente al momento de la publicación del presente Atlas Geológico Minero. Los datos en el contenidos son transitorios, a causa del dinamismo de la actividad minera, y son mapeados aquí con la finalidad de informar tendencias generales sobre la distribución y disponibilidad de concesiones en el área considerada.

Para la actualización habitual de esta información, Sernageomin mantiene un Registro Nacional de Concesiones, en el cual se incluye la georreferenciación de las concesiones según el Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM). Este Registro incluye tanto las concesiones constituidas con arreglo a ese sistema de coordenadas como las constituidas de acuerdo con un sistema diferente, cuyos vértices pasen a quedar determinados en coordenadas UTM.

INSTITUCIONALIDAD

El sistema de concesiones mineras de Chile está regulado por el Artículo 19 N° 24 del Derecho de Propiedad de la Constitución Política, la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras y específicamente por el Código de Minería. La institucionalidad mandata a Sernageomin para que genere información sobre las concesiones de exploración y explotación, asesore técnicamente a los Juzgados de Letras del país en materia de constitución de concesiones mineras, y actualice el Catastro de Propiedad Minera y el Rol Nacional de Concesiones Mineras. Cabe señalar que las concesiones de exploración duran dos años y son renovables por otros dos, pero sólo por la mitad de la superficie. Las concesiones de explotación, por otra parte, son indefinidas y están sujetas al pago de una patente.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento para formalizar las concesiones contempla que el Conservador de Minas remita al Departamento de Propiedad Minera de Sernageomin copias autorizadas de las inscripciones del Registro de Descubrimientos, de la inscripción de la sentencia constitutiva en el Registro de Propiedad y de las inscripciones de transferencias y transmisiones.

Por otro lado, el Catastro de Concesiones Mineras (<http://catastro.sernageomin.cl/>) se alimenta de información proporcionada por las Direcciones Regionales de Sernageomin, en las cuales existe un equipo de inspectores encargados de revisar técnicamente, en gabinete y terreno, las solicitudes de concesiones de explotación y explotación minera, según se indica en el Código de Minería y otras normativas específicas.

La ley minera estipula un plazo máximo de 60 días hábiles para el pronunciamiento técnico de Sernageomin sobre las solicitudes de concesión de exploración y explotación, según la definición del Código Civil chileno.

ANÁLISIS TÉCNICO

En gabinete se revisan datos administrativos, tales como el nombre del titular y del perito mensurador, la verificación de las coordenadas UTM del Hito de Mensura y del Punto de Interés, y de cada uno de los vértices de la concesión. Si es una mensura tradicional, se deben revisar las visuales y cálculos; si es una mensura realizada íntegramente con Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se deben revisar los archivos RINEX, formato de intercambio estandarizado de datos de navegación satelital, al igual que el acta y plano de mensura y los cálculos de las mediciones realizadas.

En terreno se examinan las coordenadas UTM del Hito de Mensura y cada uno de los vértices de la concesión con GPS de doble frecuencia. En el caso de la revisión de ángulos, esto se realiza con estación total.

The Exploration and Exploitation Mining Claims Map represents graphically the mining property of the country, up-to-date with the current publication of the Geological and Mining Atlas. The data content are transitory due to the dynamics of the mining activity and are mapped here with the purpose to inform general tendencies on the distribution and availability of claims in the considered area.

Sernageomin maintains a National Record of Claims to update the information, which includes the georeferencing of the claims according to the Universal Transverse Mercator Coordinate System (UTM). This record includes the claims transformed in this coordinate system as well as those claims with a different coordinate system, in which the vertices are determined in UTM coordinates.

INSTITUTIONAL OPERATION

The claims system of Chile is regulated by the Article 19 N° 24 of the Property Right of the Political Constitution, the Constitutional Organic Law on Mining Claims, and the Mining Code. The Institutional Operation mandates Sernageomin to generate information on the exploration and exploitation mining claims, provide technical advisement to the Civil Court of the country on constitutional matters of mining claims, and to update the Mining Property Cadastre and the National File of the Mining Claims. The exploration claims last two years and are renewed for another two years, only for half of the surface. The exploitation claims, on the other hand, are indefinite and are subject to payment of a patent.

LEGAL PROCEDURE

The procedure to legalize the claims requires the Mining Conservative Agent to send to the Department of Mining Property of Sernageomin, authorized copies of the registration from the Record of Discoveries, the registration from the constitutive sentence in the Record of Property, and the registration of transfers and transmissions.

On the other hand, the Mining Claims Cadastre (<http://catastro.sernageomin.cl/>) receives information provided by the Regional Offices of Sernageomin, in which there exists a group of inspectors responsible for the technical revision, in the office and in the field, of the requests of exploration and exploitation mining claims in accordance with the Mining Code and other specific regulations.

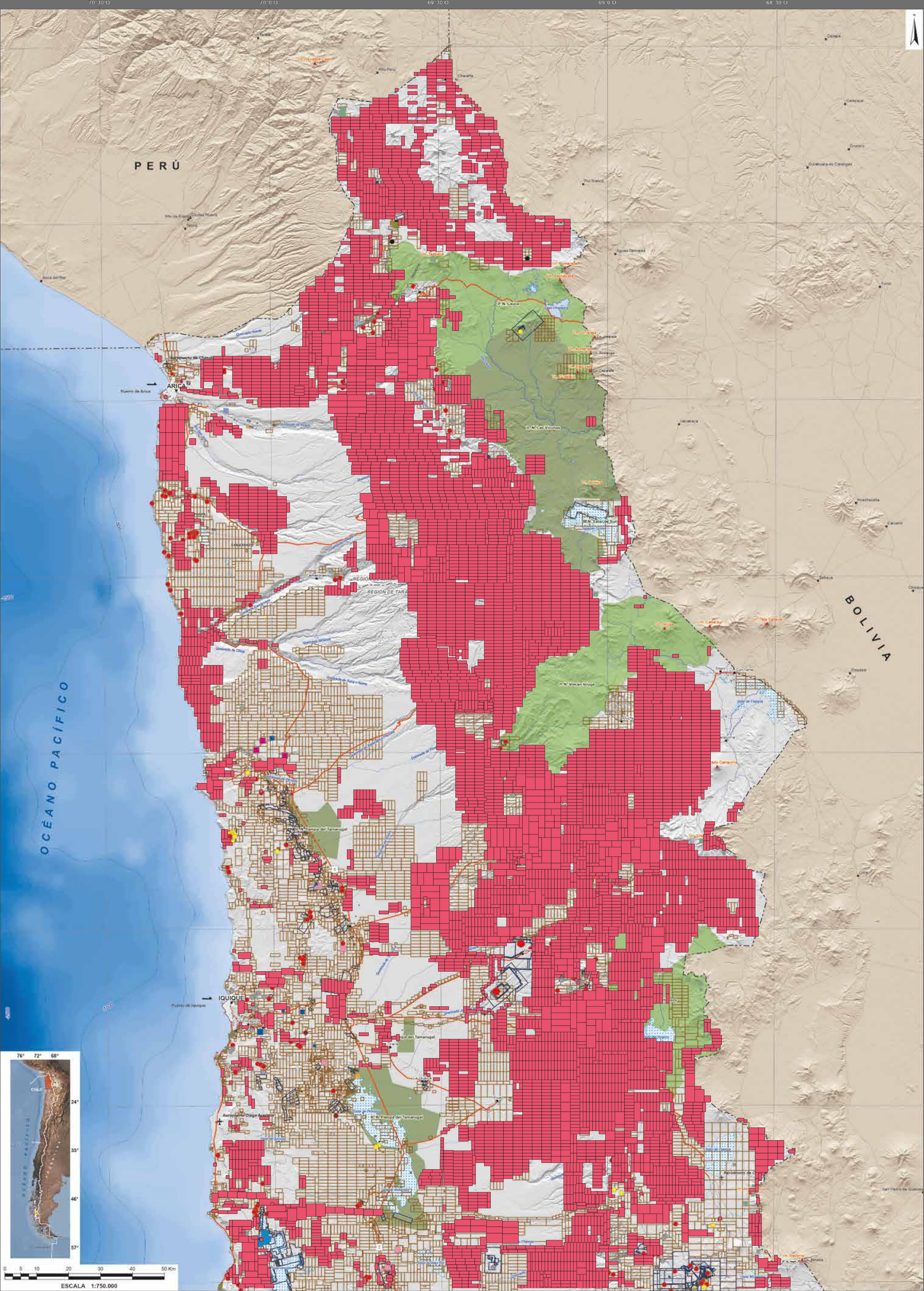
The mining law stipulates a maximum deadline of sixty weekdays for the technical statement of Sernageomin on the requests of exploration and exploitation claims according to the definition of the Chilean Civil Code.

TECHNICAL ANALYSIS

In the office, the administrative data are reviewed such as the name of the title holder and the certified topographer, the verification of the UTM coordinates for the Boundary Marker, the Point of Interest, and the vertices of the claims. If the claims were determined without the use of the Global Positioning System (GPS), visual aids and calculations must be reviewed, and if GPS was used, the Receiver Independent Exchange (RINEX) files, format for the standardized exchange of navigational satellite data, the act and blueprint of the measurements and calculations are reviewed.

In the field, the UTM coordinates of the Boundary Marker and the vertices of the claim are examined with GPS of double frequency. In the case of the revision of angles, this is done with the total station.





LEYENDA

SIMBOLOGÍA

YACIMIENTOS DE RECURSOS MINERALES
Mineral Resources Ore Deposits

Minerales Metálicos <i>Metallic Minerals</i>	Rocas y Minerales Industriales <i>Industrial Rocks and Minerals</i>
Cobre (Cu) Copper	Alumbres Aluminium Sulphate
Oro (Au) Gold	Arcilla común Common Clay
Plata (Ag) Silver	Áridos Sand and Gravel
Hierro (Fe) Iron	Azufré Sulfur
Manganeso (Mn) Manganese	Bentonita Bentonite
Molibdeno (Mo) Molybdenum	Boratos Borates
Antimonio (Sb) Antimony	Caliza Limestone
	Caolín Kaolin
	Cloruro de Sodio Sodium Chloride
	Diatomita Diatomite
	Dolomita Dolomite
	Guano Guano
	Perlita Perlite
	Pumicita Pumice
	Sulfato de Sodio Sodium Sulphate
	Toba Tuff
	Yeso Gypsum
	Yodo y Nitratos Iodine and Nitrates

Tipo de Recurso <i>Type of Resource</i>	Tamaño del Yacimiento <i>Ore Deposit Size</i>
Mineral Metálico (MM) <i>Metallic Mineral</i>	MM <i>Metallic Mineral</i>
Rocas y Minerales Industriales (RMI) <i>Industrial Rock and Mineral</i>	RMI <i>Industrial Rock and Mineral</i>
	Muy Grande, grande Very Large, Large
	Mediano Medium
	Pequeño, muy pequeño, sin antecedentes Small, Very Small, No Information

Concesiones Mineras
Mining Claims

- Concesión Explotación
Código 1932
*Exploitation Claim
Code 1932*
- Concesión Explotación
Código 1983
*Exploitation Claim
Code 1983*
- Concesión Exploración
Exploration Claim

Ciudad
City

Poblados
Towns

Aeropuerto
Airport

Aeródromo
Airstrip

Puerto
Port

Parque Nacional
National Park

Monumento Natural
Natural Monument

Reserva Nacional
National Reserve

Rio o Quebrada
River or Ravine

Lineas de Costa
Coastline

Isobatas
Isobaths

Salar
Salar

Volcanes
Volcanoes

Camino Principal Pavimentado
Main Paved Road

Camino Secundario Pavimentado
Secondary Paved Road

Camino Secundario sin Pavimentar
Secondary Unpaved Road

Huella
Trail

Camino Internacional
International Road

Limite Internacional
International Border

Limite Regional
Regional Border

Base Topográfica
Cartas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificadas. Modelo de elevación digital de 30m resolución espacial, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Dirección de Vialidad (MOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF), OpenStreetMap (OSM).

Referencia Geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19 Sur, SIRGAS

Preparado por
Departamento de Propiedad Minera, Subdirección Nacional de Minería.

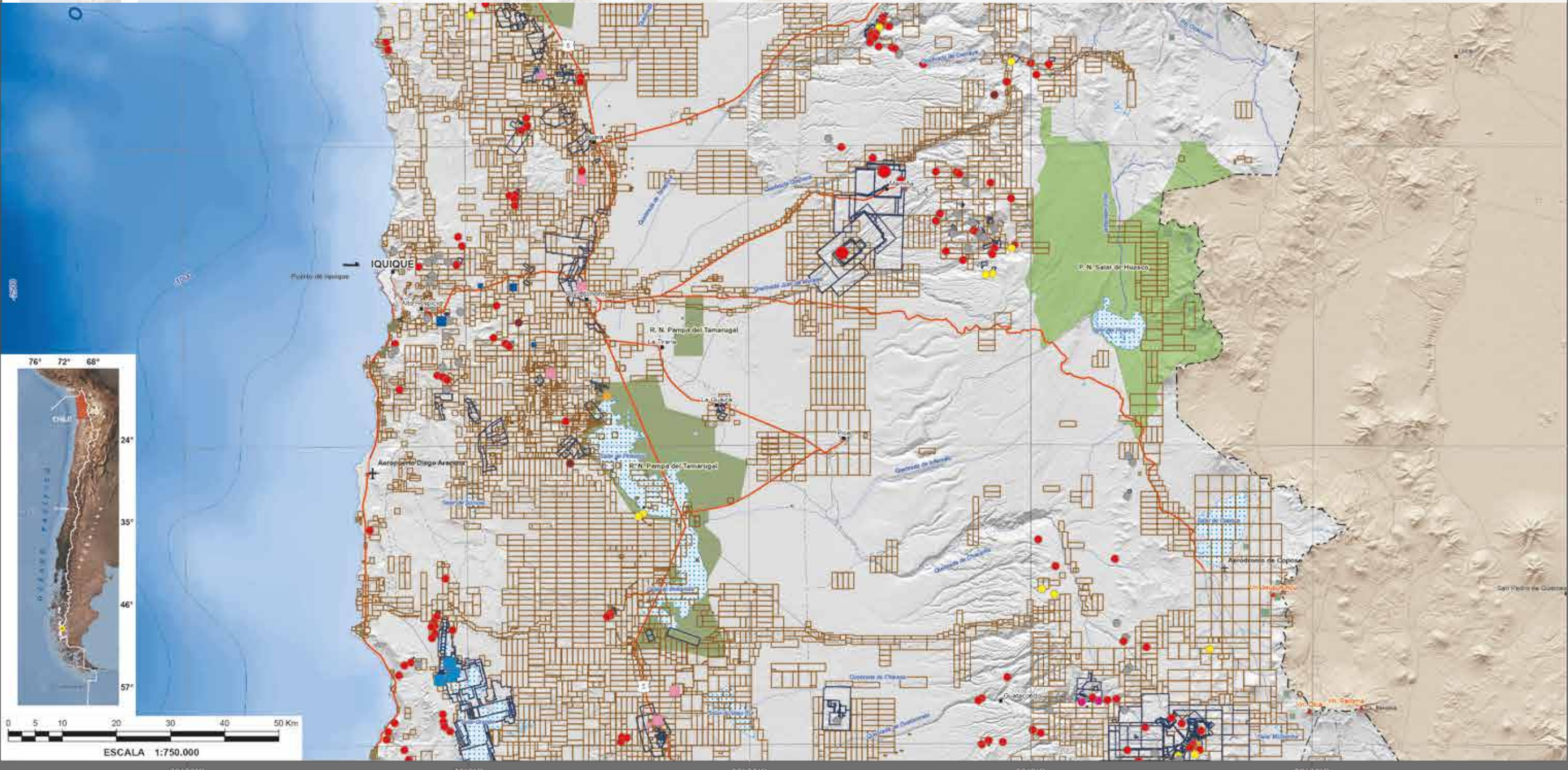
Fuente de la información de yacimientos
Gajardo et al. (2004), Ordoñez y Rivera (2004).

Nota
En el catastro online que se encuentra en el sitio web www.sernageomin.cl, se utilizan los siguientes colores para simbolizar las concesiones mineras:

- Concesión de explotación código 1932
- Concesión de explotación código 1983
- Concesión de exploración

***ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LÍMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET*, (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).**

***Accord between the Republic of Chile and the Republic of Argentina to specify the border from Mount Fitz Roy up to Daudet Hill (Buenos Aires, December 16, 1998).**



An aerial photograph of a city grid, likely Los Angeles, showing a dense pattern of streets and buildings. Several areas are highlighted with semi-transparent yellow circles. The text 'ANTECEDENT' and 'LA EXPLORAC' is overlaid in large, white, sans-serif capital letters.

ANTECEDENT LA EXPLORAC

BACKGROUND INFORMATION FOR

TES PARA CIÓN MINERA

OR MINING EXPLORATION

GEOFÍSICA PARA LA EXPLORACIÓN

GEOPHYSICS FOR EXPLORATION

Los levantamientos geofísicos aerotransportados son estudios realizados para obtener información sobre las propiedades físicas de las rocas que constituyen la corteza terrestre. Esta técnica consiste en instalar instrumentos y equipos geofísicos a bordo de una aeronave y realizar mediciones durante vuelos con una ruta definida a baja altura. El dato obtenido suministra información sobre características de distintos tipos de rocas y estructuras. El principal beneficio de este tipo de método es que permite abarcar y obtener información en poco tiempo de áreas extensas y remotas.

MÉTODO

La obtención de datos se realiza al sobrevolar trayectorias semejantes a una cuadrícula, la cual consta de líneas principales paralelas entre sí y espaciadas todas a la misma distancia, además de líneas de control también paralelas entre sí en dirección ortogonal a las líneas principales. Las diferencias de altura en los cruces entre las líneas principales y las líneas de control deben cumplir con una tolerancia máxima, pues de otra forma se da lugar a correcciones de nivelación excesivas, causando así la degradación del dato.

EL ÁREA DEL ATLAS GEOLÓGICO MINERO CONTEMPLA DOS LEVANTAMIENTOS AEROMAGNÉTICOS:

1) El levantamiento geofísico de magnetometría y espectrometría de rayos gamma, entre las latitudes 17°30' a 18°30'S, fue realizado entre 2000 y 2001 en el marco del Proyecto Multinacional Andino (MAP-GAC), mediante una iniciativa liderada por el Servicio Geológico de Canadá, con levantamientos en áreas adyacentes a Bolivia, Chile y Perú. Orientación de las líneas principales: 0° AZ con espaciamiento de 1.000 m. Orientación de las líneas de control: N90°E con espaciamiento entre líneas de 7.500 m. Altura nominal de vuelo fue de 150 m.

2) El levantamiento geofísico aeroportado de magnetismo y de espectrometría de rayos Gamma, al sur de la latitud 18°30', fue desarrollado en el marco del programa “Cartografía Geofísica” del Plan Nacional de Geología de Sernageomin. En este caso, la orientación de las líneas principales es N45°E con espaciamiento nominal de 500 m para toda el área. La orientación de las líneas de control es N135°E con espaciamiento de 5.000 m. La altura de vuelo nominal es de 150 m sobre el “drape” (superficie ajustada al terreno).

La información se muestra como “mapa de anomalías del campo magnético terrestre”, y “mapa de señal analítica del campo magnético terrestre”. Los bajos magnéticos se representan en tonos verdes a azul y los altos magnéticos en tonos rojos a magenta. Estos contrastes son causados por diferencia en el grado de magnetización de las rocas, y reflejan la variación de susceptibilidad magnética de ellas, lo que permite establecer localización, emplazamiento y geometría de cuerpos mineralizados.

De esa forma se proporcionan datos que permiten optimizar la exploración de los recursos minerales y complementar otras informaciones disponibles: mapas geológicos y perforación de sondajes, para apoyar descripciones y comprensión del subsuelo en el estudio de recursos hídricos y recursos geotérmicos, y en la investigación geológica.

BANCO DE DATOS GEOFÍSICOS

La información es dispuesta mediante datos “fuente de campo magnético” y de “espectrometría de rayos gamma”, además de “grillas” y “mapas de datos magnéticos y radiométricos”. Esto se encuentra en la tienda virtual web (www.tienda.sernageomin.cl), y puede solicitarse directamente a la Oficina de Ventas de Sernageomin o ser consultados en la Biblioteca institucional (<http://www.sernageomin.cl/biblioteca>).

The airborne geophysical surveys are studies to obtain the information on the physical properties of the rocks that constitute the terrestrial crust. This technique consists of installing geophysical instruments and equipment on board an aircraft and making measurements during the flights in a defined route at low altitude. The data obtained provides information on the characteristics of distinct types of rocks and structures. The main advantage of this type of method is that it covers and gathers information of vast and remote areas in a short time.

METHOD

The data is obtained by overflying trajectories similar to a grid, which is composed of parallel main lines spaced out at the same distance and parallel control lines orthogonal to the main lines. The altitude differences in the intersection between the main and control lines must reach the maximum tolerance, otherwise, there will be corrections of excessive levelling, causing the degradation of the data.

THE GEOLOGICAL AND MINING ATLAS HAS TWO AIRBORNE MAGNETIC SURVEYS:

1) The geophysical survey of magnetometry and spectrometry of gamma rays between the latitudes of 17°30' and 18°30'S, completed between the years 2000 and 2001 under the Multinational Andean Project (MAP-GAC), through the initiative of the Geological Survey of Canada, with surveys in areas adjacent to Bolivia, Chile, and Peru. The orientation of the main lines was 0° AZ with spacing of 1,000 m and the orientation of the control lines was N90°E with spacing between the lines of 7,500 m. The nominal altitude of flight was 150 m.

2) The geophysical airborne survey of magnetism and spectrometry of gamma rays south of the 18°30' latitude was developed under the program “Geophysical Cartography” of the National Plan of Geology of Sernageomin. In this case, the orientation of the main lines is N45°E with nominal spacing of 500 m for the whole area. The orientation for the control lines is N135°E with spacing of 5,000m. The nominal altitude of flight is 150 m over the “drape”.

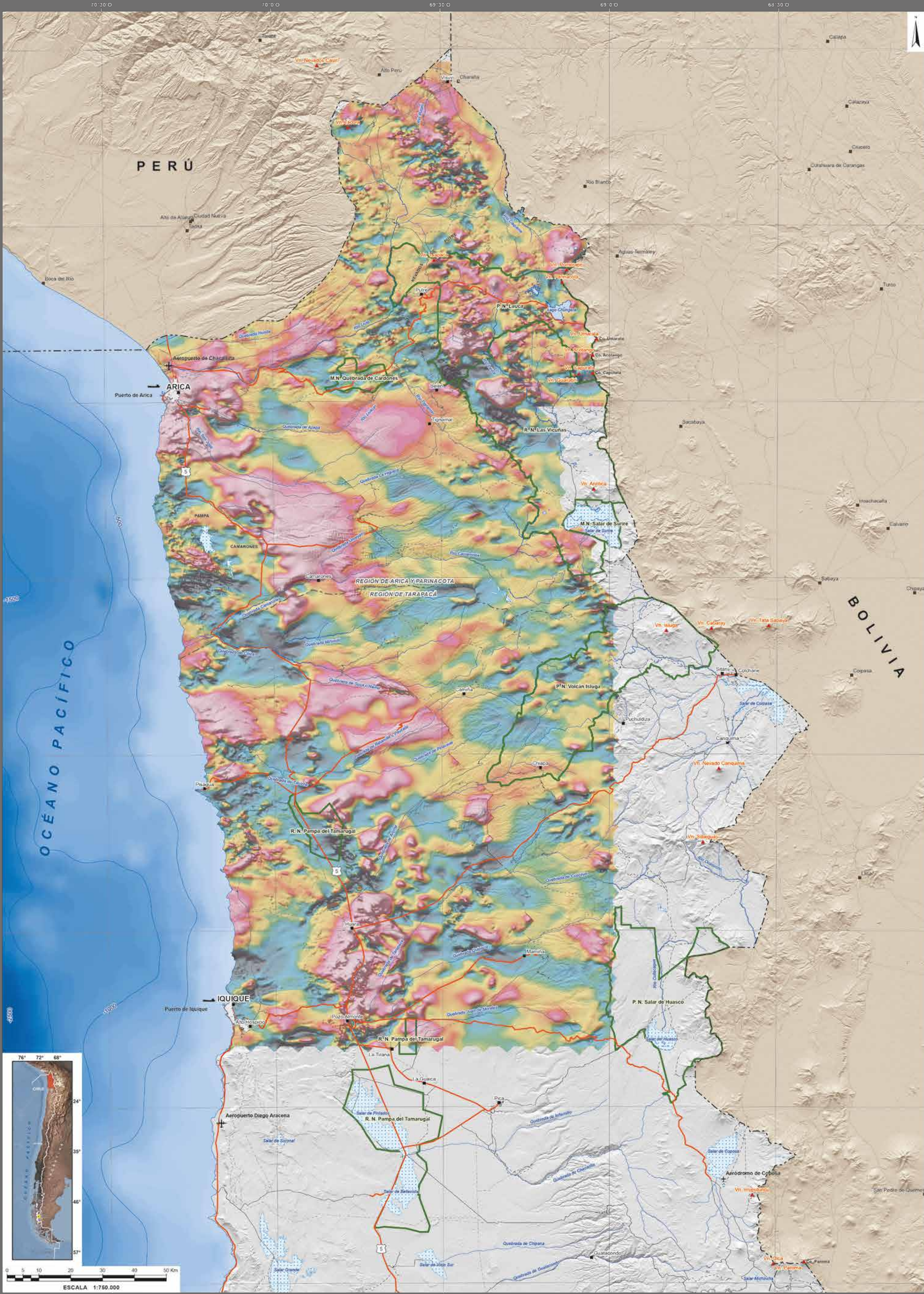
The information is shown as a “map of anomalies of the terrestrial magnetic field” and a “map of analytical signal of the terrestrial magnetic field”. The magnetic lows are represented in green to blue tones and the magnetic highs are in red to magenta tones. These contrasts are caused by the difference in the magnetization grade of the rocks and they reflect the variation of the magnetic susceptibility, which permits to establish location, site, and geometry of the mineralized bodies.

In this way, the data collected enhances the exploration of the mineral resources and complements other available information: geological maps and core drilling, in the description and comprehension of the subsurface in the study of water resources and geothermal resources, and in the geological research.

DATABANK OF GEOPHYSICAL INFORMATION

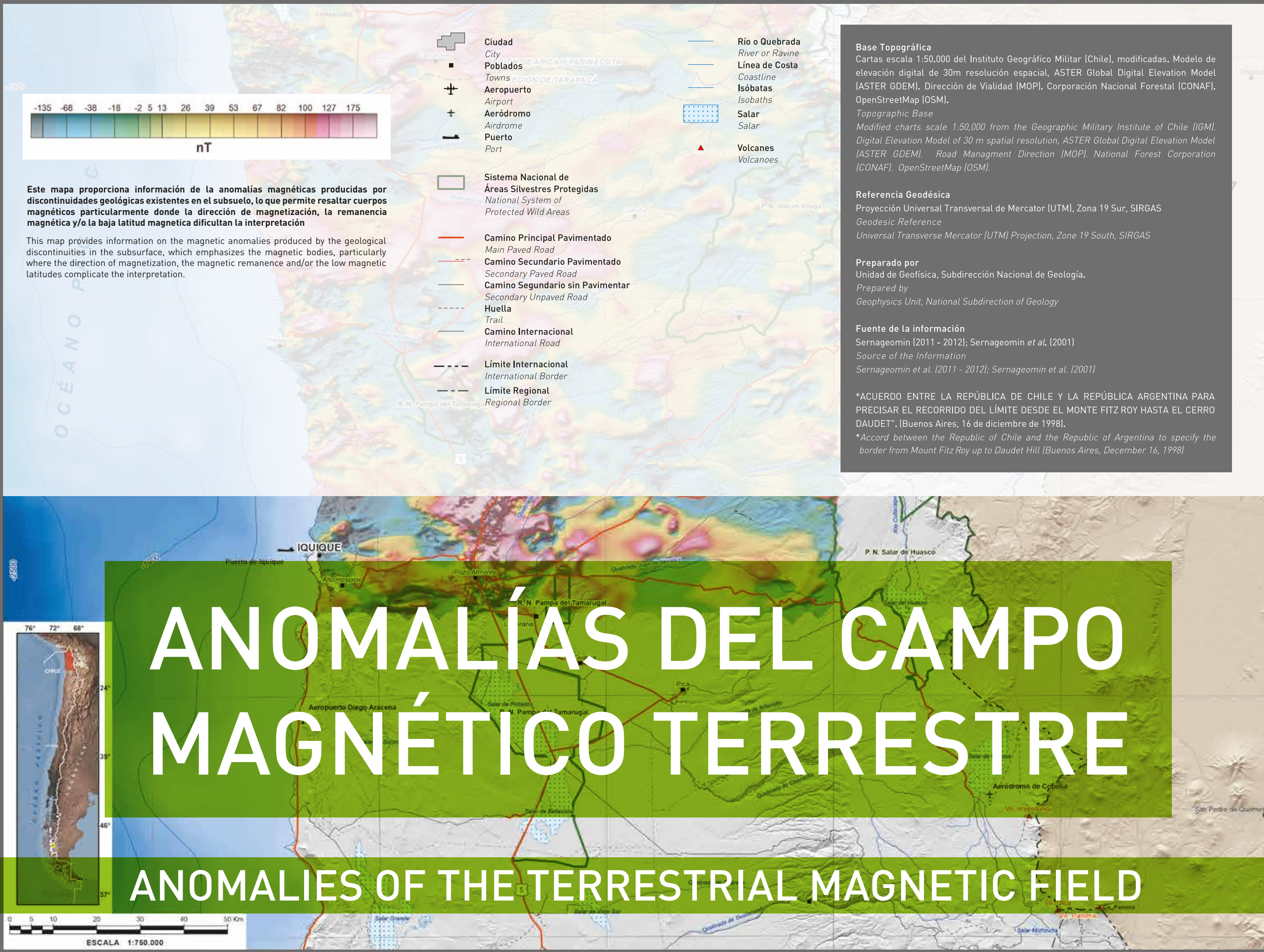
The information is organized as “magnetic field source” and “gamma ray spectrometry” and as “grids” and “maps of magnetic and radiometric data” products. These products are found in the virtual shop in the website www.tienda.sernageomin.cl, and can be requested directly at the Sales Office of Sernageomin or in the Sernageomin Institutional Library at <http://www.sernageomin.cl/biblioteca>.





LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY

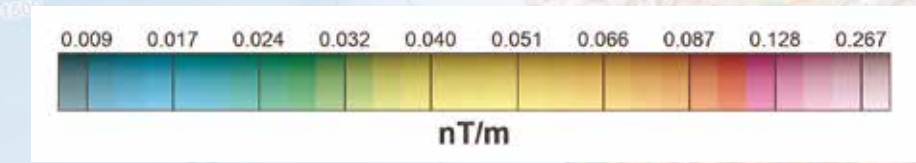


SEÑAL ANALÍTICA DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

ANALYTICAL SIGNAL OF THE TERRESTRIAL MAGNETIC FIELD

LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY



Este mapa muestra la respuesta del campo magnético de la Tierra, donde las anomalías magnéticas presentes pueden proporcionar de manera indirecta las tendencias o los rasgos litológicos y estructurales del subsuelo. Para lo anterior, es necesaria la aplicación de diversos procesos numéricos, que permitirán, además, identificar zonas favorables o prospectivas de recursos minerales.

This map shows the response from the magnetic field of the Earth where the magnetic anomalies can indirectly provide the tendencies or lithological and structural characteristics of the subsurface. For this response, it is necessary to use the application of diverse numerical processes, which identifies favorable or prospective zones of mineral resources.

- City
- Towns
- Airport
- Airport
- Port
- Volcanes
- Volcanes
- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas
- National System of Protected Wild Areas
- Camino Principal Pavimentado
- Main Paved Road
- Camino Secundario Pavimentado
- Secondary Paved Road
- Camino Secundario sin Pavimentar
- Secondary Unpaved Road
- Huella
- Trail
- Camino Internacional
- International Road
- Limite Internacional
- International Border
- Limite Regional
- Regional Border

Base Topográfica
Cartas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificadas. Modelo de elevación digital de 30m resolución espacial, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Dirección de Vialidad (MOP). Corporación Nacional Forestal (CONAF). OpenStreetMap (OSM).

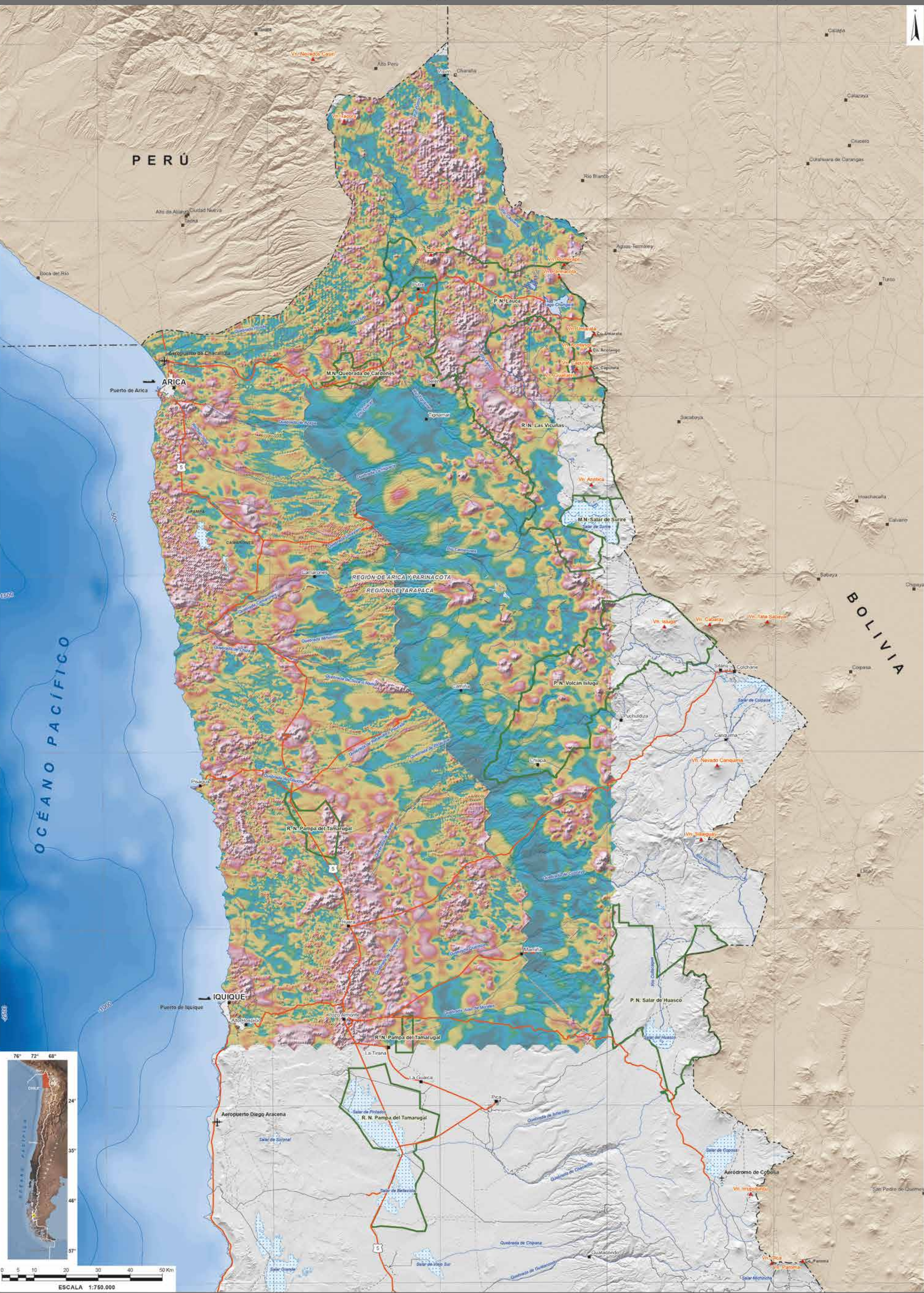
Topographic Base
Modified charts scale 1:50,000 from the Geographic Military Institute of Chile (IGM). Digital Elevation Model of 30 m spatial resolution, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Road Management Direction (MOP). National Forest Corporation (CONAF). OpenStreetMap (OSM).

Referencia Geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19 Sur, SIRGAS
Geodesic Reference
Universal Transverse Mercator (UTM) Projection, Zone 19 South, SIRGAS

Preparado por
Unidad de Geofísica, Subdirección Nacional de Geología.
Prepared by
Geophysics Unit, National Subdirection of Geology

Fuente de la Información
Sernageomin (2011 - 2012); Sernageomin et al. (2001)
Source of the Information
Sernageomin et al. (2011 - 2012); Sernageomin et al. (2001)

ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LÍMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET. (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).
*Accord between the Republic of Chile and the Republic of Argentina to specify the border from Mount Fitz Roy up to Daudet Hill (Buenos Aires, December 16, 1998)



GEOQUÍMICA PARA LA EXPLORACIÓN

GEOCHEMISTRY FOR EXPLORATION

El Servicio Nacional de Geología y Minería ha incorporado entre sus funciones la realización de la cartografía geoquímica de sedimentos de Chile, con el objetivo de generar información geoquímica multi-elemento, de carácter público, que apoya la exploración minera y establece líneas de base de carácter medio-ambiental.

Entre los elementos estudiados se incluyen: 18 metales preciosos y base (Au, Ag, As, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, Zn, Li, B, In, Te), constituyendo información de interés para investigaciones más avanzadas; metales pesados como Hg, Pb y As, y 16 elementos Tierras Raras, de especial interés en el desarrollo de tecnologías modernas.

Al momento de la elaboración del Atlas Geológico Minero se han publicado 3 mapas y 3 bases de datos geoquímicos, correspondientes a las Hojas a escala 1:250.000 Arica, Pisagua e Iquique, área ubicada en el extremo norte de Chile (18-21° S), parte de la cual se muestra en el presente Atlas distribuida en siete mapas referidos a Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn y La que incluye un total de 1969 puntos de muestreo, distribuidos en un área de aproximadamente 41.000 km².

Esta información se muestra en forma integrada, debido a la utilización sistemática de metodologías y procedimientos estandarizados, lo que permite: a) Consolidar grandes extensiones con información geoquímica; b) Revelar la existencia de zonas anómalas, tanto en elementos de interés económico como ambiental. La extensión y disposición de estas anomalías geoquímicas, varía en función de condiciones geológicas (litología, zonas mineralizadas y de alteración), geográficas (relieve e hidrografía), climáticas y antrópicas.

En términos regionales, los resultados muestran la existencia de fuertes contrastes geoquímicos, asociados a los distintos dominios geomorfológicos del área. La Cordillera de la Costa se caracteriza por altas concentraciones de Ca, S y Se, asociado a la incorporación de estos elementos en los suelos, a partir del aerosol marino. La Precordillera Andina y la Cordillera Andina, presentan altos valores de Si, K y Al, lo que refleja la incorporación periódica de detritos, ricos en silicatos y arcillas, debido a las intensas lluvias del invierno altiplánico. Concordantemente, los cauces que bajan desde estos dominios se caracterizan por presentar marcadas anomalías en As y Sb, producto del transporte de detritos desde diversas zonas de alteración hidrotermal, ubicadas en sus cabeceras. Mientras que la depositación de detritos en la Depresión Central ha generado anomalías, de extensión regional, en As y Sb.

En términos de anomalías en elementos de interés económico, es posible definir sectores anómalos tanto en la Cordillera de la Costa como en la Precordillera Andina y Cordillera Andina. A lo largo de la primera destacan dos extensas áreas, con concentraciones altas en Cu, Au y Mo. Mientras que, a lo largo de la Precordillera Andina y de la Cordillera Andina, se destaca la presencia de una marcada y extensa zona anómala, a lo largo de la cual se observan altos valores de Cu, Mo, Fe, U, Zn y, en forma más restringida, de Ag y Pb. Esta zona, que coincide con extensas estructuras geológicas de rumbo noreste, presenta además anomalías de elementos característicos de zonas de alteración hidrotermal, tales como As, Bi, Sb, Se y Hg. En el Altiplano destaca un sector anómalo de extensión kilométrica, con anomalías principalmente de origen natural, caracterizada por altas concentraciones de Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, As, Fe y U.

The National Geological and Mining Service has incorporated among its duties the execution of the geochemical cartography of sediments in Chile, with the objective to generate multi-element geochemical information, of public character, to orient the mining exploration and to establish baselines of environmental nature.

Among the elements studied, there are 18 precious and base metals (Au, Ag, As, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Zn, Li, B, In, and Te), which constitute information of interest for more advanced research. Also, there are heavy metals such as Hg, Pb, and As, and sixteen Rare Earth Elements of special interest in the development of modern technology.

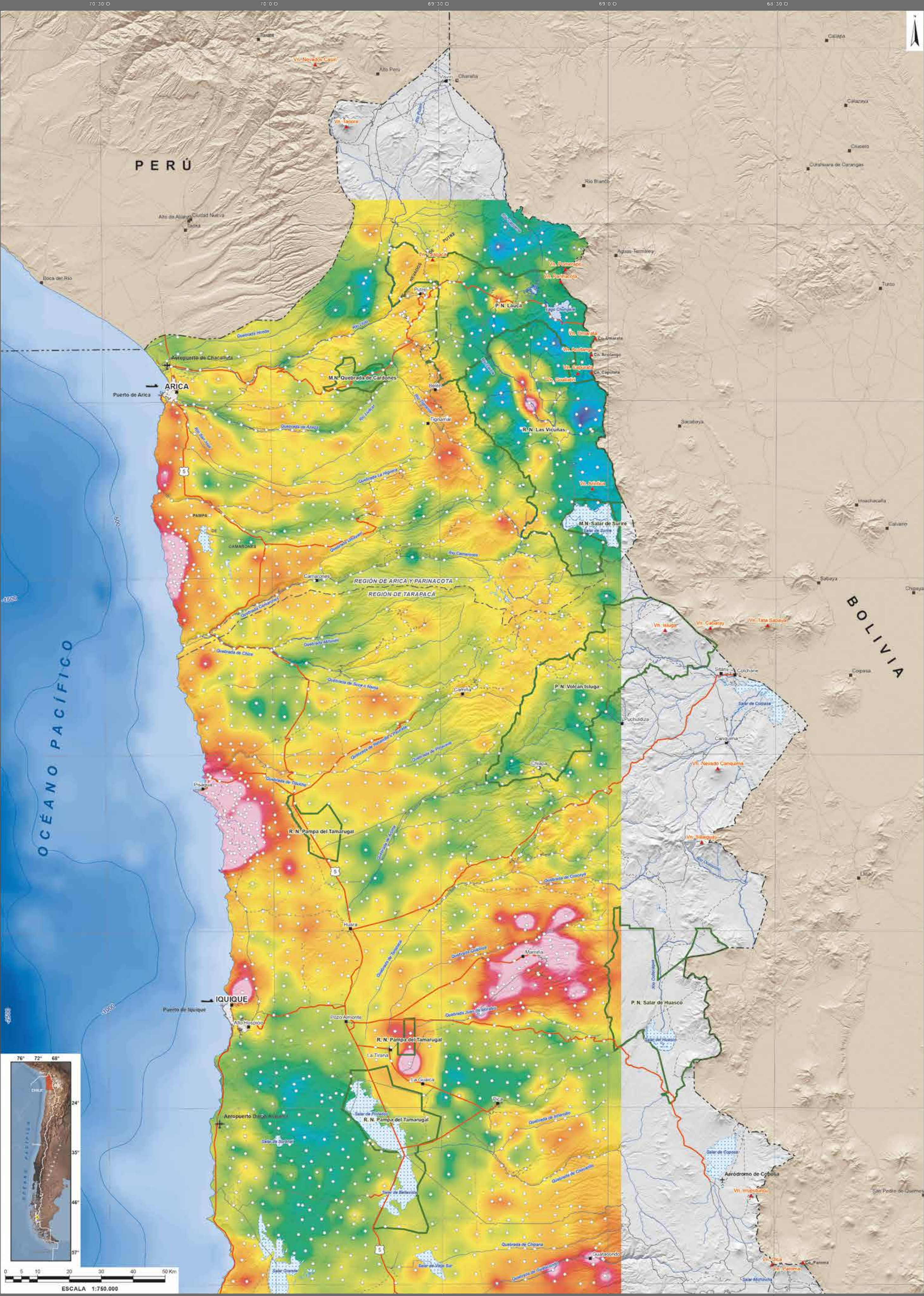
At the moment of the elaboration of the Geological and Mining Atlas, three geochemical maps and three geochemical databases have been published, corresponding to the Arica, Pisagua, and Iquique Sheets at a scale of 1:250,000. The area is located in the extreme north of Chile (18°-21°S), part of which is shown in the present Atlas in seven maps of Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, and La that includes a total of 1969 sampling points, distributed in an area of approximately 41,000 km².

This information is integrated through the use of systematic methodologies and standardized procedures, which has permitted: a) to consolidate great extensions with geochemical information, and b) to reveal the existence of anomalous zones of chemical elements of economic and environmental interest. The extension and disposition of these geochemical anomalies vary based on the geological (lithology, mineralized and alteration zones), geographical (relief and hydrography), climatic, and anthropic conditions.

Regionally, the results show the existence of strong geochemical contrasts, attributed to the distinct geomorphological domains of the area. The Coastal Range is characterized by the high concentrations of Ca, S, and Se, associated with the inclusion of these elements in the soil through marine aerosol. The Andean Precordillera and Andean Range have high concentration values of Si, K, and Al, which reflect the periodic inclusion of detritus, rich in silicates and clays, as a result of the intense rainfall during the high plateau winter. In addition, the rivers that flow from these domains have marked anomalies of As and Sb, product of the transport of detritus from diverse zones of hydrothermal alteration located in the headwaters. Concurrently, the deposition of detritus in the Central Depression domain has produced As and Sb anomalies of regional extent.

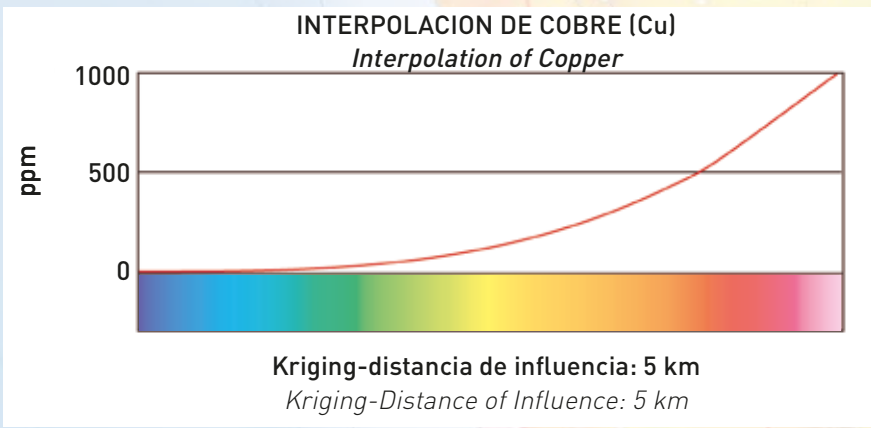
In terms of the anomalies of chemical elements of economic interest, it is possible to define anomalous sectors in the Coastal Range, Andean Precordillera, and Andean Range. Throughout the Coastal Range, there are two extensive areas with high concentrations of Cu, Au and Mo. There is a marked and extensive anomalous zone with high concentrations of Cu, Mo, Fe, Zn, and low concentrations of Ag and Pb in the Andean Precordillera and Andean Range. This zone, which coincides with the extensive geological structures oriented north-northeast, has an anomaly of elements typical of hydrothermal alteration zones such as As, Bi, Sb, Se, and Hg. In the High Andean Plateau, there is an anomalous sector, of kilometeric extent, with anomalies of natural origin, characterized by the high concentrations of Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, As, Fe, and U.





LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY



- Ciudad
- Poblados
- Aeropuerto
- Aeródromo
- Puerto
- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas
- Camino Principal Pavimentado
- Camino Secundario Pavimentado
- Camino Secundario sin Pavimentar
- Huella
- Camino Internacional
- Limite Internacional
- Limite Regional
- Río o Quebrada
- Línea de Costa
- Isóbatas
- Salar
- Volcanes

Base Topográfica
Cartas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificadas. Modelo de elevación digital de 30m resolución espacial, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Dirección de Vialidad (MOPI). Corporación Nacional Forestal (CONAF). OpenStreetMap (OSM).

Topographic Base
Modified charts scale 1:50,000 from the Geographic Military Institute of Chile (IGM). Digital Elevation Model of 30 m spatial resolution, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Road Management Direction (MOPI). National Forest Corporation (CONAF). OpenStreetMap (OSM).

Referencia Geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19 Sur, SIRGAS

Preparado por
Unidad de Geoquímica, Subdirección Nacional de Geología.

Fuente de la información
Lacassie et al. (2012); Lacassie et al. (2014); Baeza et al. (2014a); Baeza et al. (2014b); Astudillo et al. (2014); Astudillo et al. (2015).

ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LIMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET. (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

*Accord between the Republic of Chile and the Republic of Argentina to specify the border from Mount Fitz Roy up to Daudet Hill (Buenos Aires, December 16, 1998).

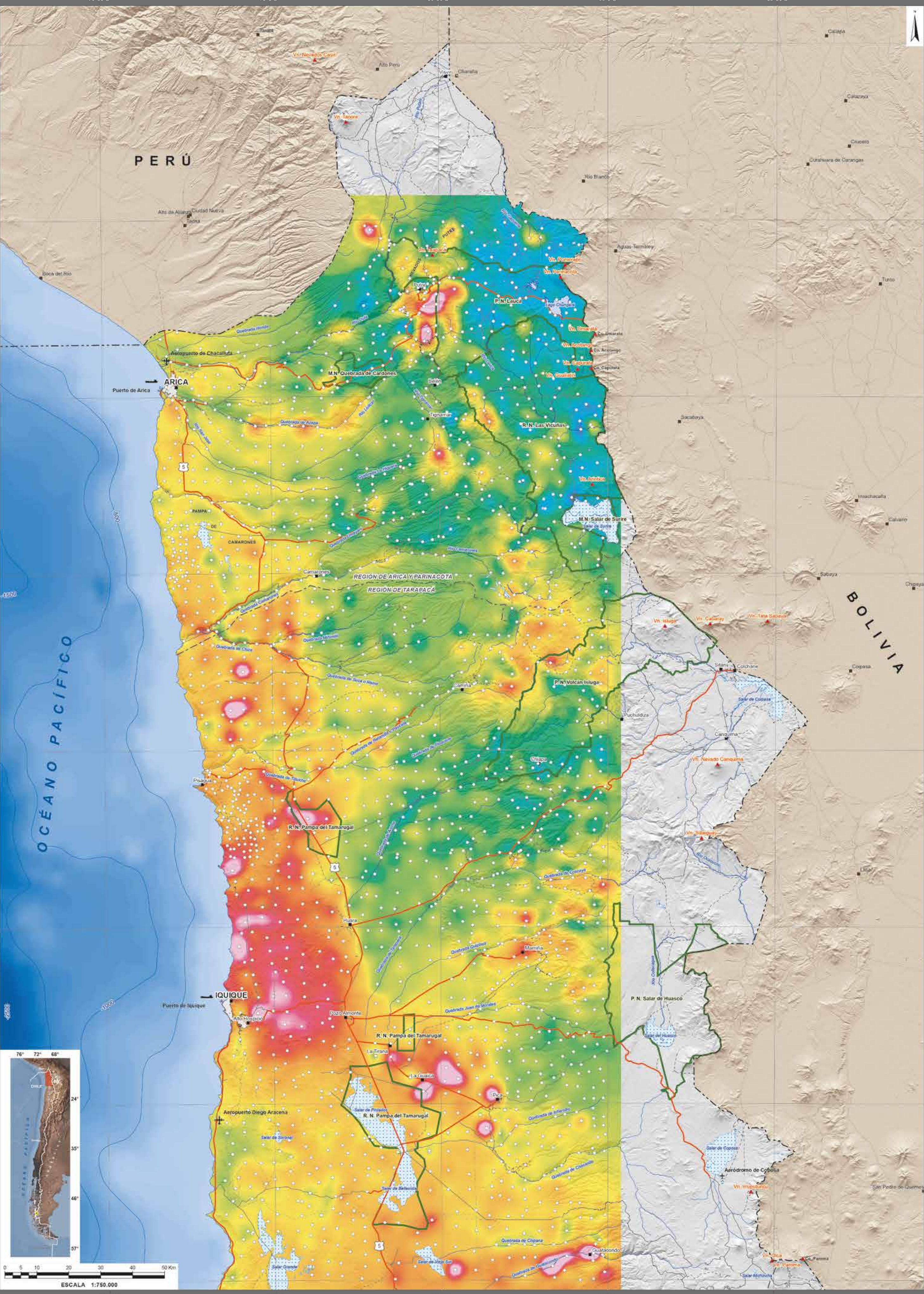
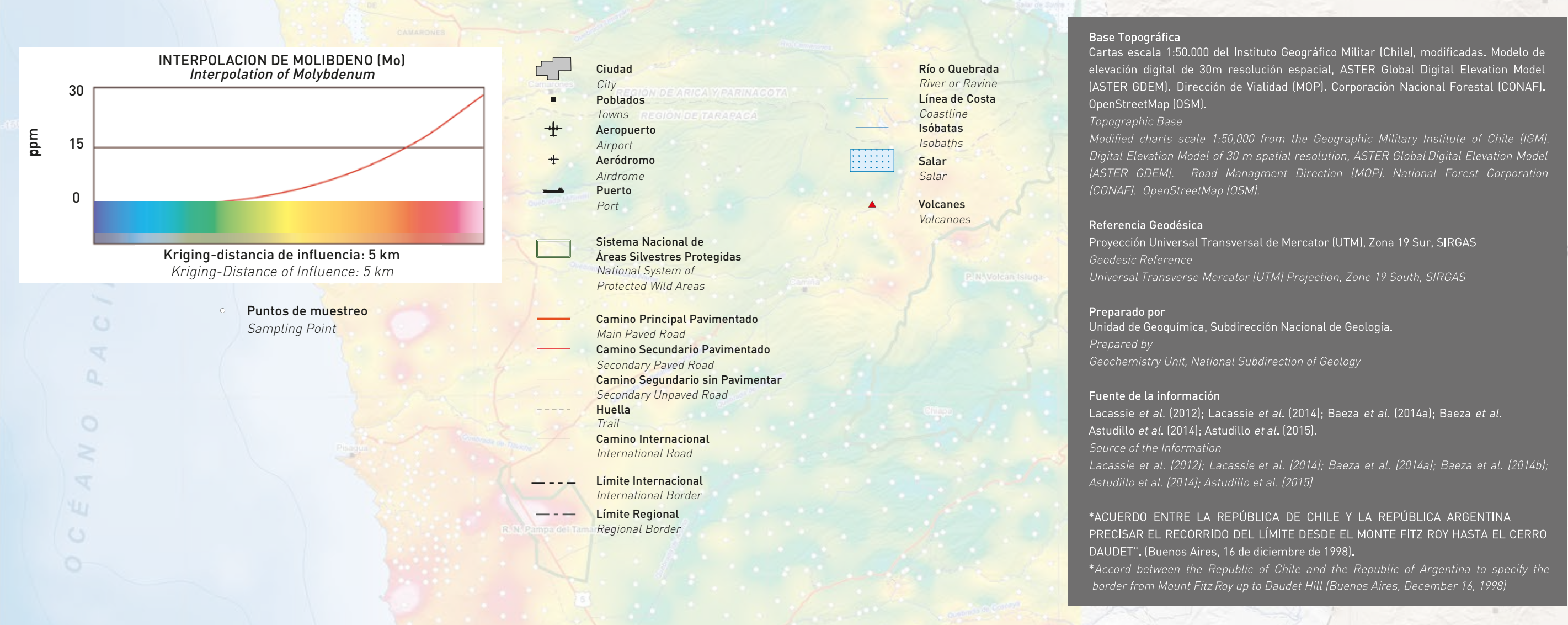
DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES DE COBRE (Cu) EN SEDIMENTOS

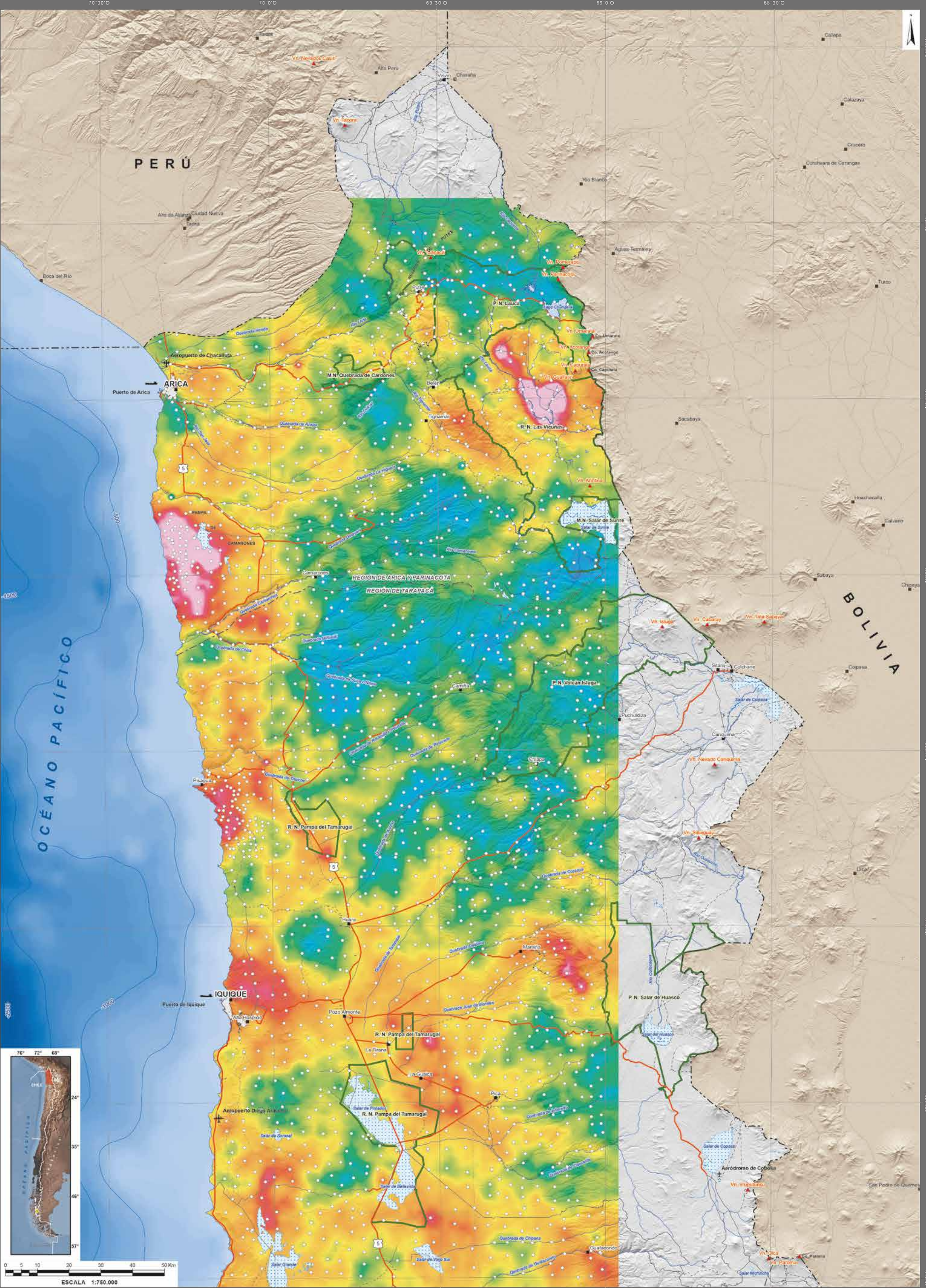
DISTRIBUTION OF COPPER (Cu) CONCENTRATIONS IN SEDIMENTS



LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY





LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY

INTERPOLACIÓN DE ORO (Au)
Interpolation of Gold

Kriging-distancia de influencia: 5 km
Kriging-Distance of Influence: 5 km

- Ciudad
- Poblados
- Aeropuerto
- Aeródromo
- Puerto
- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas
- Camino Principal Pavimentado
- Camino Secundario Pavimentado
- Camino Secundario sin Pavimentar
- Huella
- Camino Internacional
- Límite Internacional
- Límite Regional

- Río o Quebrada
- Línea de Costa
- Isobatas
- Salar
- Volcanes

Base Topográfica
Cartas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificadas. Modelo de elevación digital de 30m resolución espacial, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Dirección de Vialidad (MOPI), Corporación Nacional Forestal (CONAFI), OpenStreetMap (OSM).

Referencia Geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19 Sur, SIRGAS

Preparado por
Unidad de Geoquímica, Subdirección Nacional de Geología.

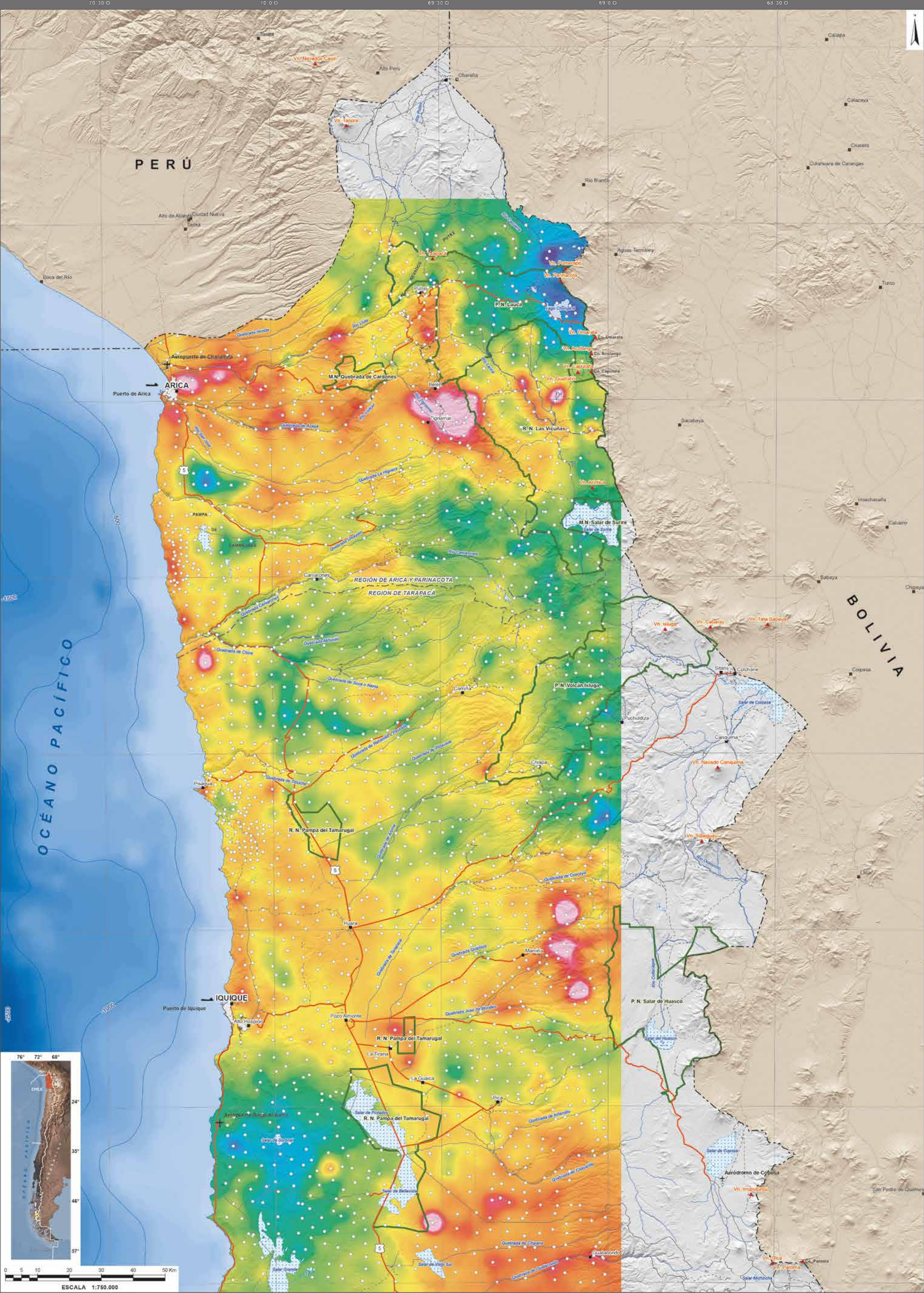
Fuente de la información
Lacassie et al. (2012); Lacassie et al. (2014); Baeza et al. (2014a); Baeza et al. (2014b); Astudillo et al. (2014); Astudillo et al. (2015).

ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LÍMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

***Accord between the Republic of Chile and the Republic of Argentina to specify the border from Mount Fitz Roy up to Daudet Hill** (Buenos Aires, December 16, 1998)

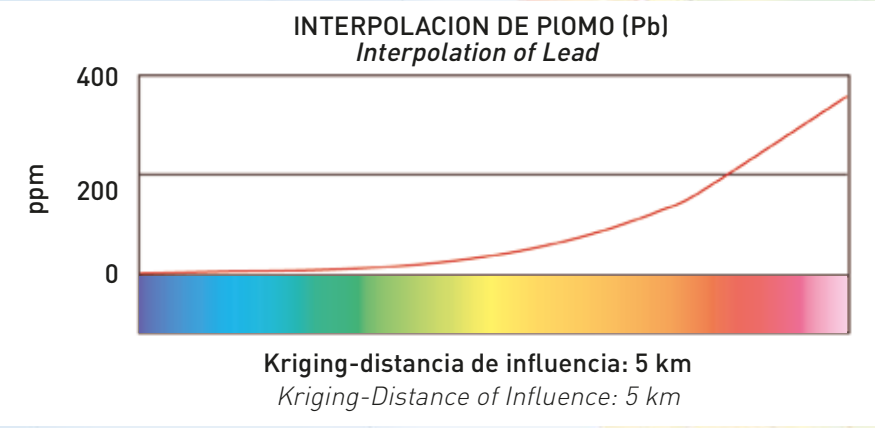
DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES DE ORO (Au) EN SEDIMENTOS

DISTRIBUTION OF GOLD (Au) CONCENTRATIONS IN SEDIMENTS



LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOLOGY



- Ciudad City
- Poblados Towns
- Aeropuerto Airport
- Aeródromo Airdrome
- Puerto Port
- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas National System of Protected Wild Areas
- Camino Principal Pavimentado Main Paved Road
- Camino Secundario Pavimentado Secondary Paved Road
- Camino Secundario sin Pavimentar Secondary Unpaved Road
- Huella Trail
- Camino Internacional International Road
- Límite Internacional International Border
- Límite Regional Regional Border
- Rio o Quebrada River or Ravine
- Línea de Costa Coastline
- Isobatas Isobaths
- Salar Saline
- Volcanes Volcanoes

Base Topográfica
Cartas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificadas. Modelo de elevación digital de 30m resolución espacial, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Dirección de Vialidad (MOPI), Corporación Nacional Forestal (CONAF), OpenStreetMap (OSM).

Referencia Geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19 Sur, SIRGAS
Geodesic Reference
Universal Transverse Mercator (UTM) Projection, Zone 19 South, SIRGAS

Preparado por
Unidad de Geoquímica, Subdirección Nacional de Geología.
Prepared by
Geochemistry Unit, National Subdirection of Geology

Fuente de la información
Lacassie et al. (2012); Lacassie et al. (2014); Baeza et al. (2014a); Baeza et al. (2014b); Astudillo et al. (2014); Astudillo et al. (2015).

Source of the Information
Lacassie et al. (2012); Lacassie et al. (2014); Baeza et al. (2014a); Baeza et al. (2014b); Astudillo et al. (2014); Astudillo et al. (2015)

ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LIMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

***Accord between the Republic of Chile and the Republic of Argentina to specify the border from Mount Fitz Roy up to Daudet Hill** (Buenos Aires, December 16, 1998)

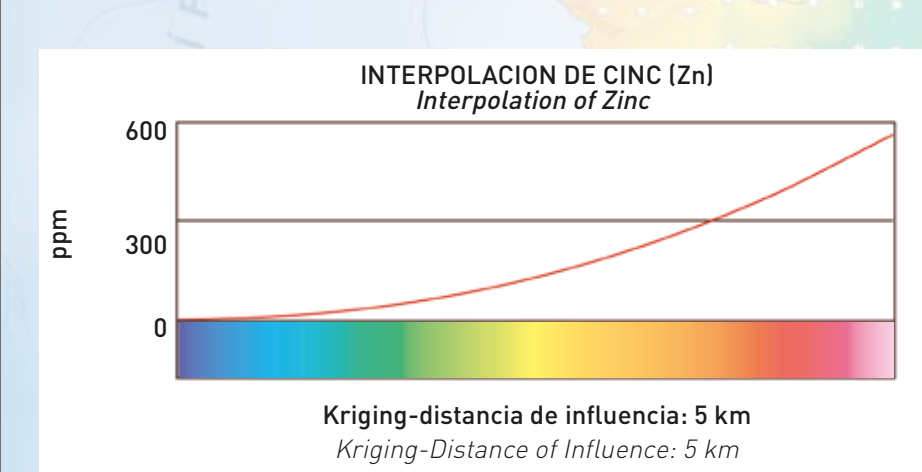
DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES DE PLOMO (Pb) EN SEDIMENTOS

DISTRIBUTION OF LEAD (Pb) CONCENTRATIONS IN SEDIMENTS



LEYENDA / LEGEND

SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY



Base Topográfica
Cartas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Militar (Chile), modificadas, Modelo de elevación digital de 30m resolución espacial, ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM), Dirección de Vialidad (IMOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF), OpenStreetMap (OSM).

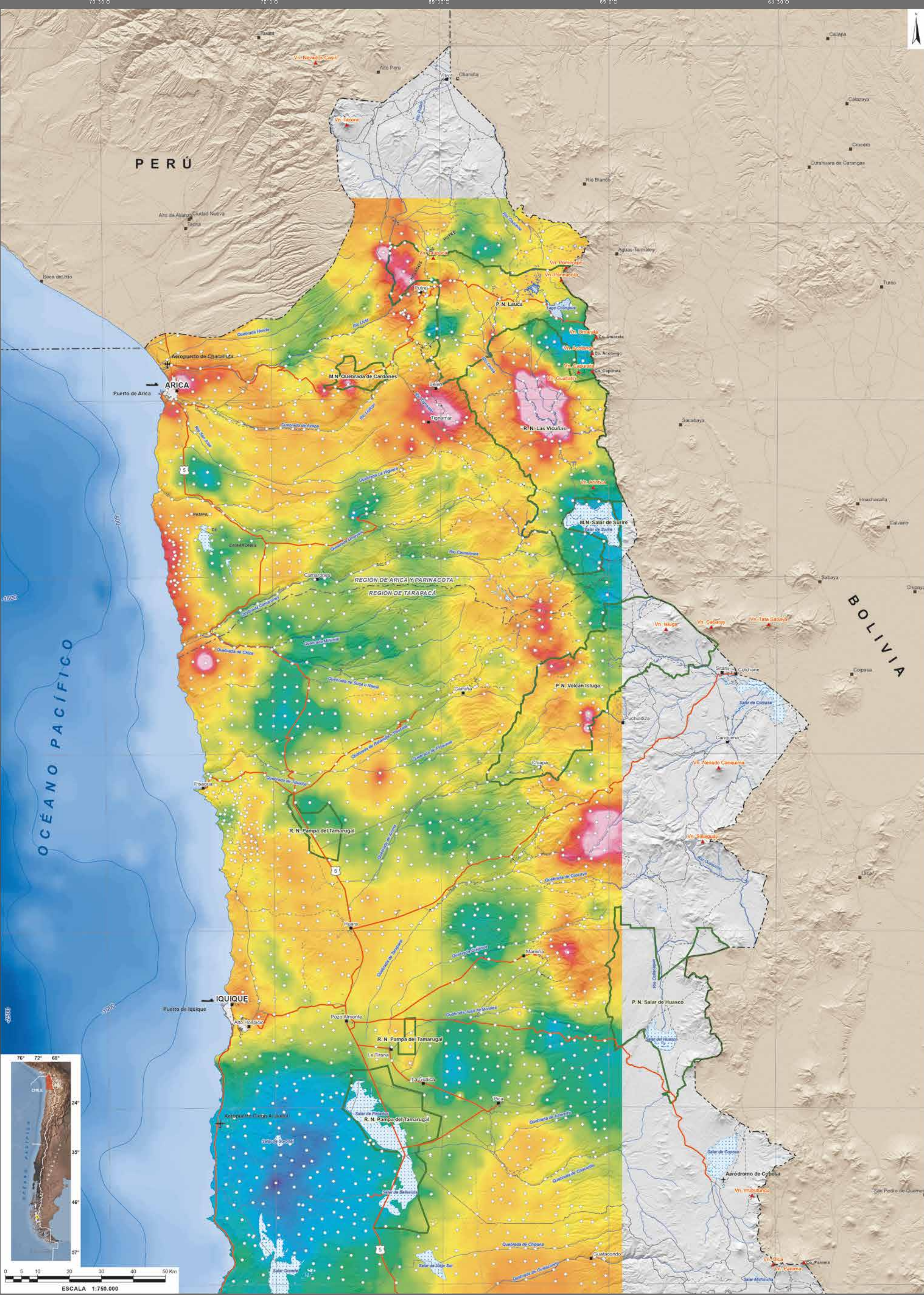
Referencia Geodésica
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 19 Sur, SIRGAS
Geodesic Reference
Universal Transverse Mercator (UTM) Projection, Zone 19 South, SIRGAS

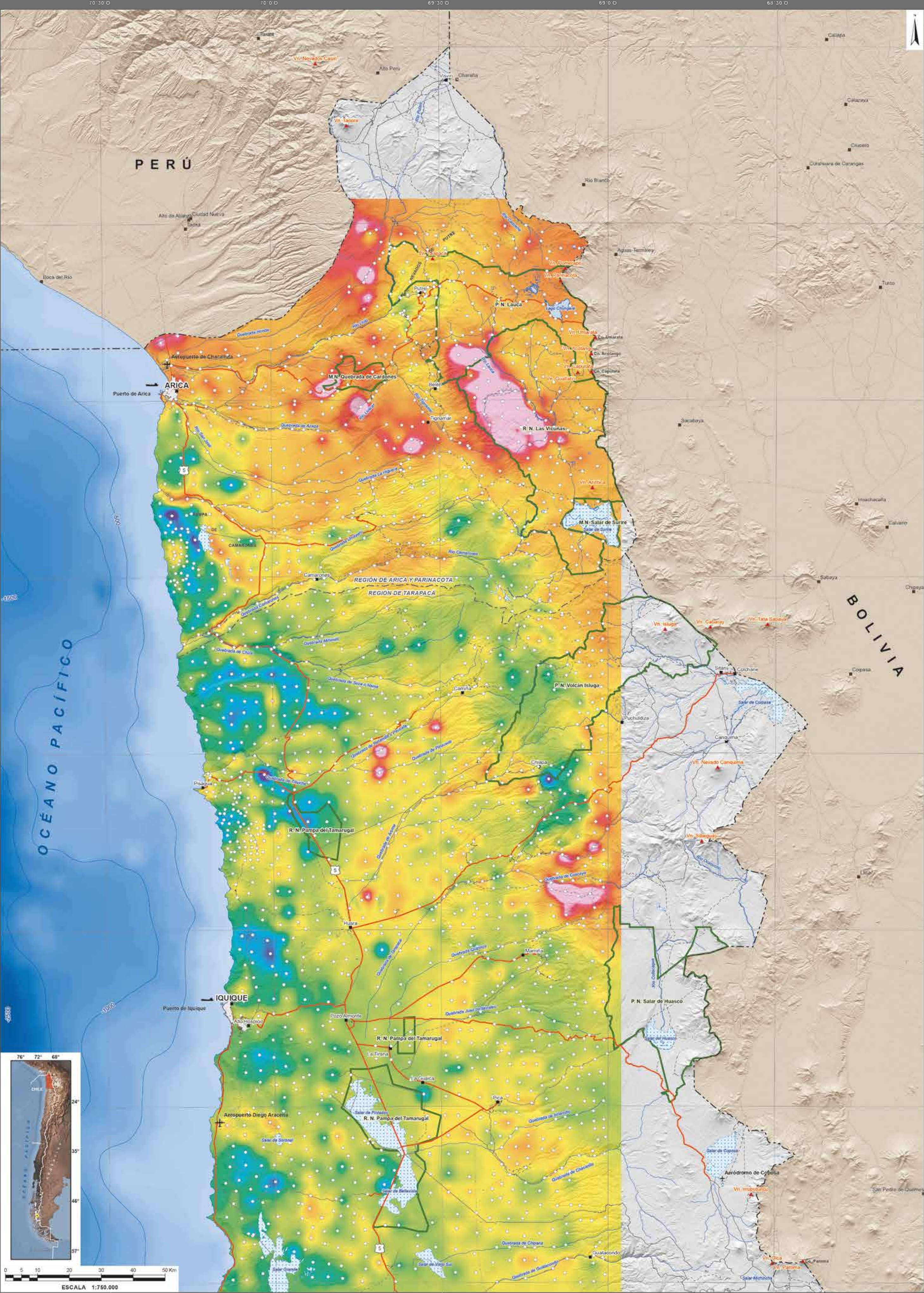
Preparado por
Unidad de Geoquímica, Subdirección Nacional de Geología.
Prepared by
Geochemistry Unit, National Subdirection of Geology

Fuente de la información
Lacassie et al. (2012); Lacassie et al. (2014); Baeza et al. (2014a); Baeza et al. (2014b); Astudillo et al. (2014); Astudillo et al. (2015).

Source of the Information
Lacassie et al. (2012); Lacassie et al. (2014); Baeza et al. (2014a); Baeza et al. (2014b); Astudillo et al. (2014); Astudillo et al. (2015)

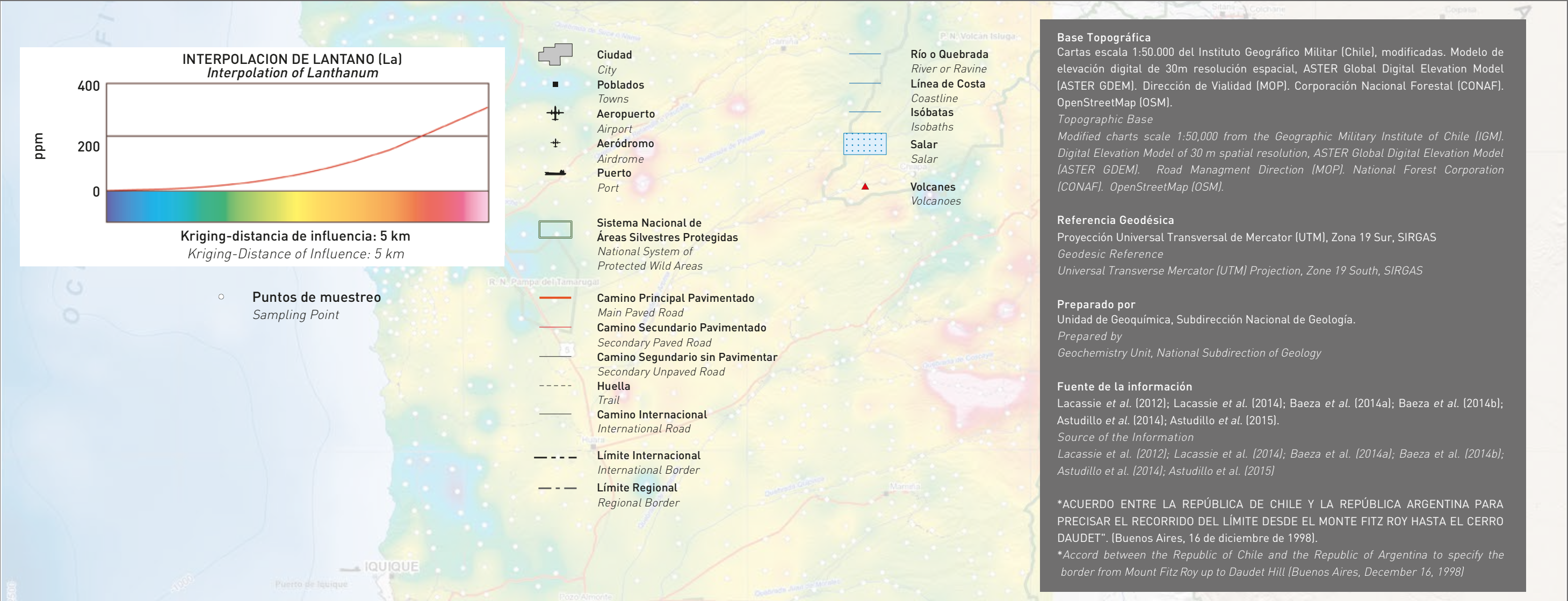
***ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LIMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET*, (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).**
***Accord between the Republic of Chile and the Republic of Argentina to specify the border from Mount Fitz Roy up to Daudet Hill (Buenos Aires, December 16, 1998)**





LEYENDA / LEGEND

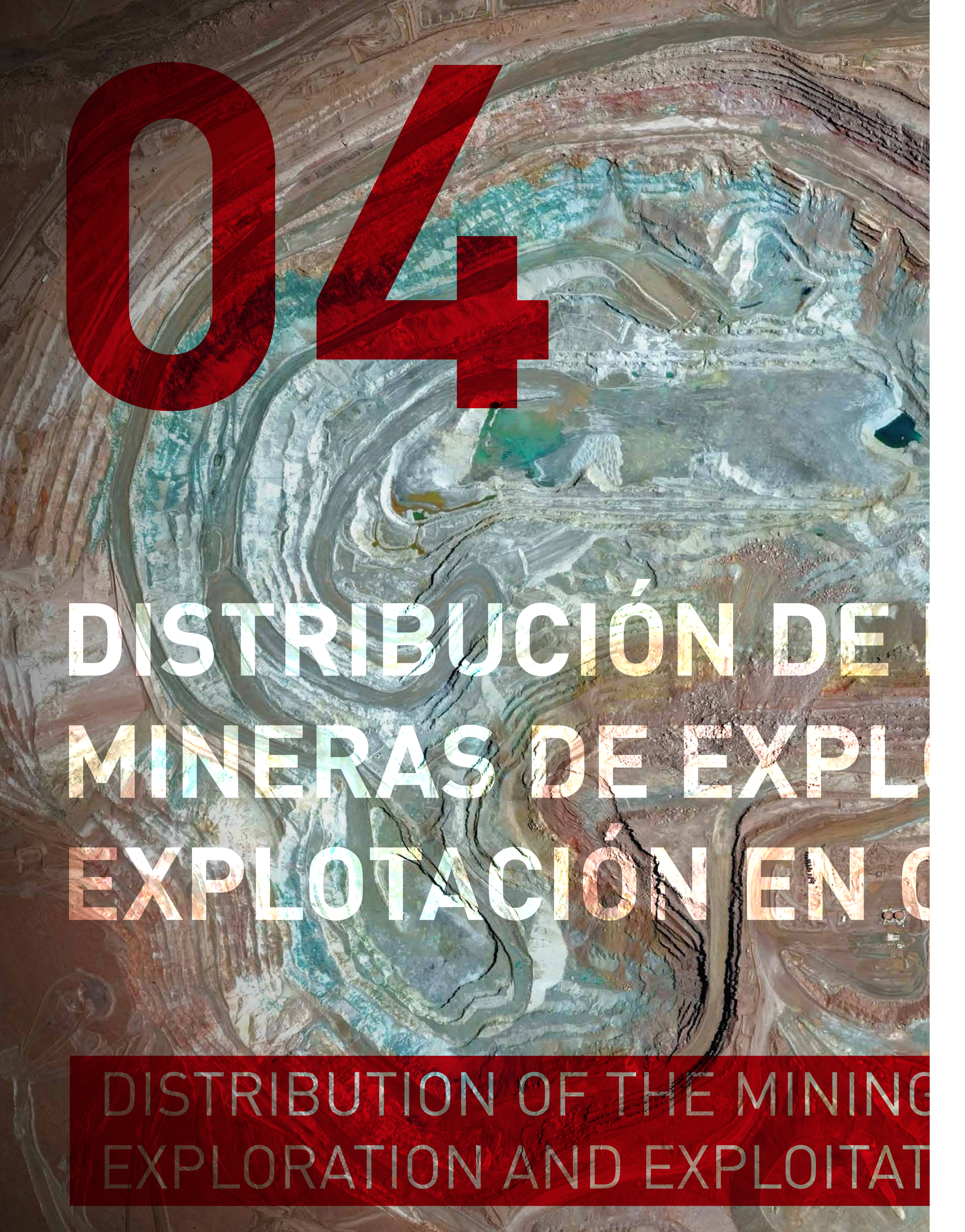
SIMBOLOGÍA / SYMBOLOGY



DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES DE LANTANO (La) EN SEDIMENTOS

DISTRIBUTION OF LANTHANUM (La) IN SEDIMENTS



An aerial photograph of a massive open-pit mine, showing the intricate terracing and winding roads of the excavation. The colors of the exposed earth range from dark browns to light greys and blues. A large, semi-transparent red number '4' is superimposed on the upper left portion of the image.

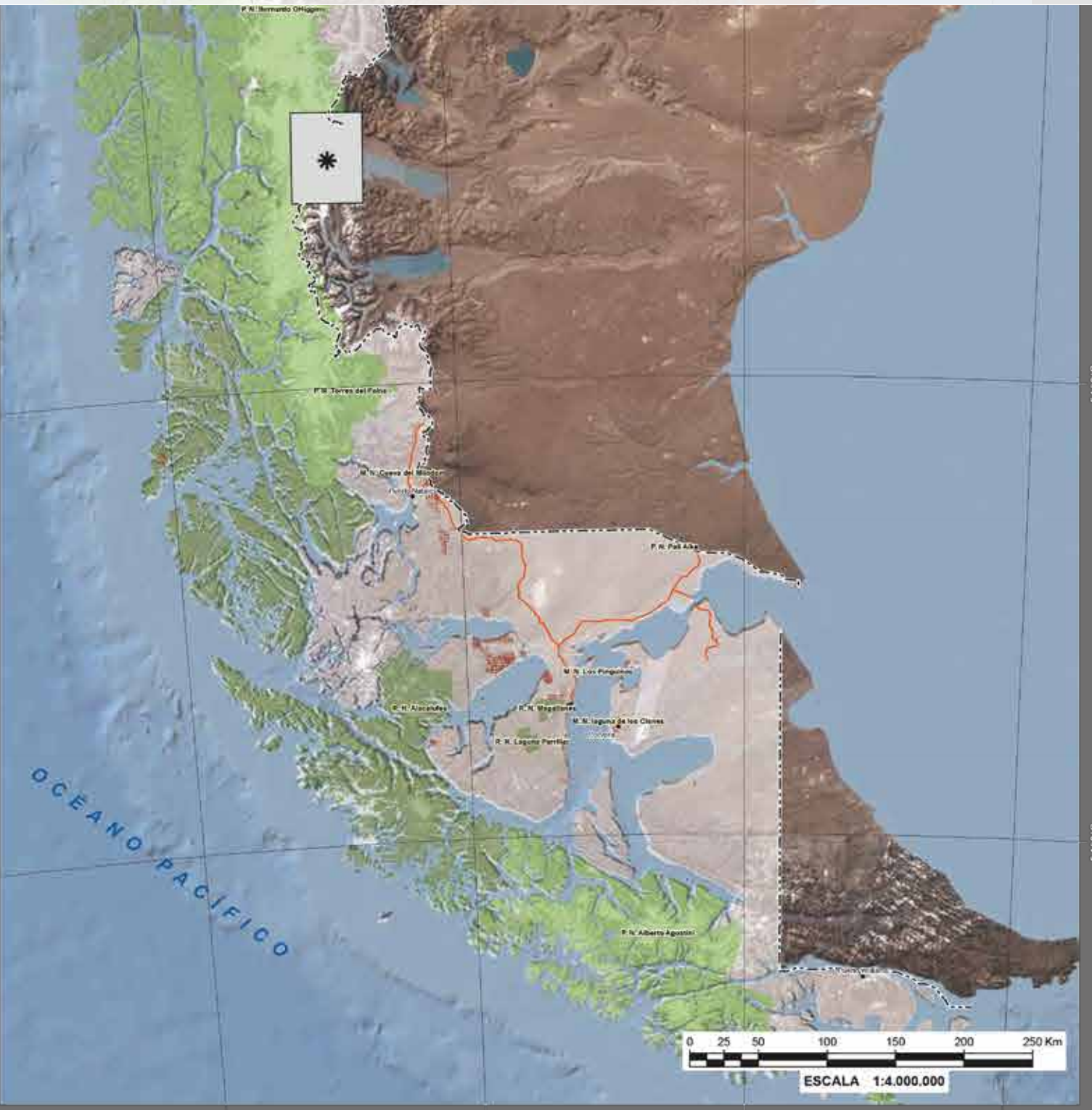
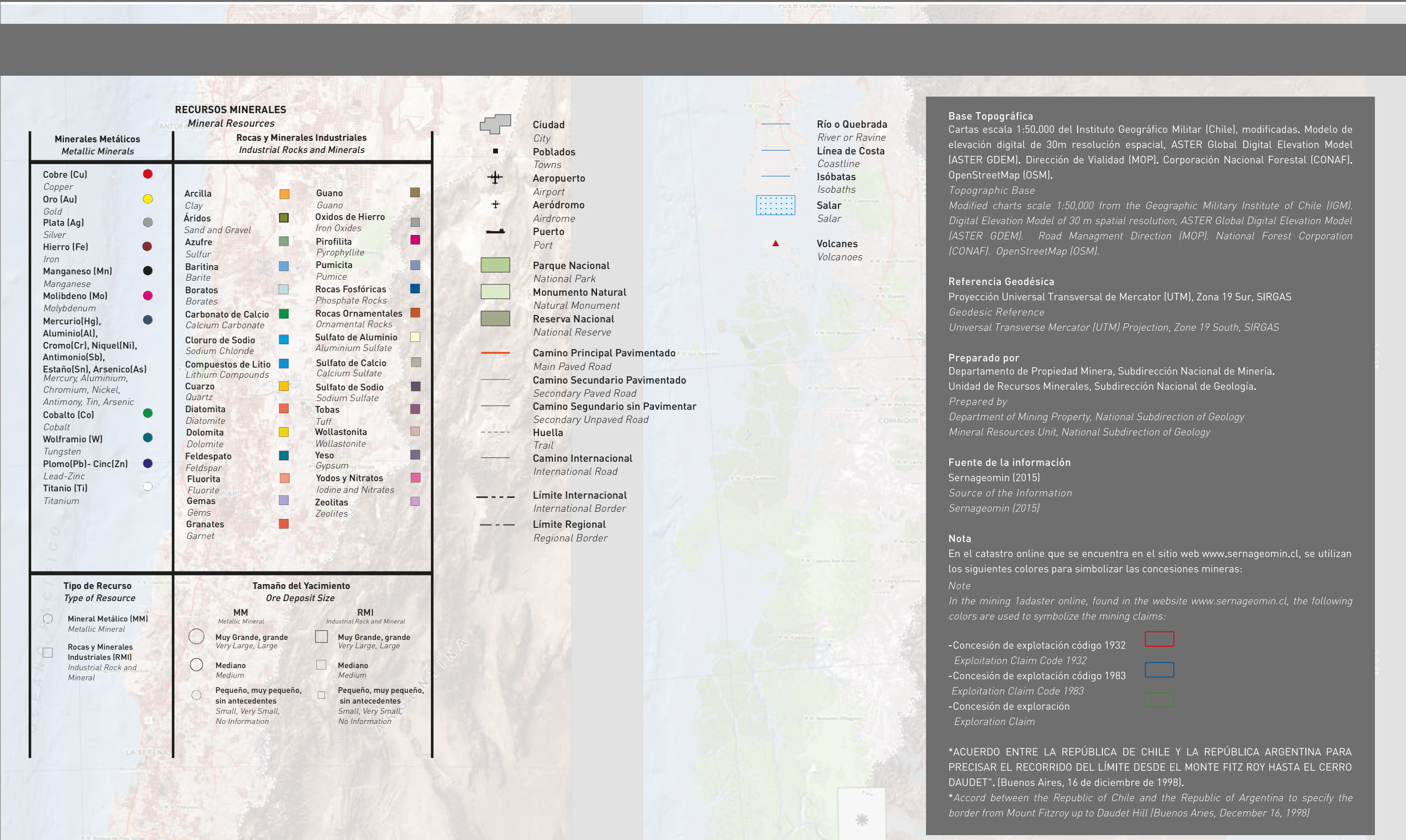
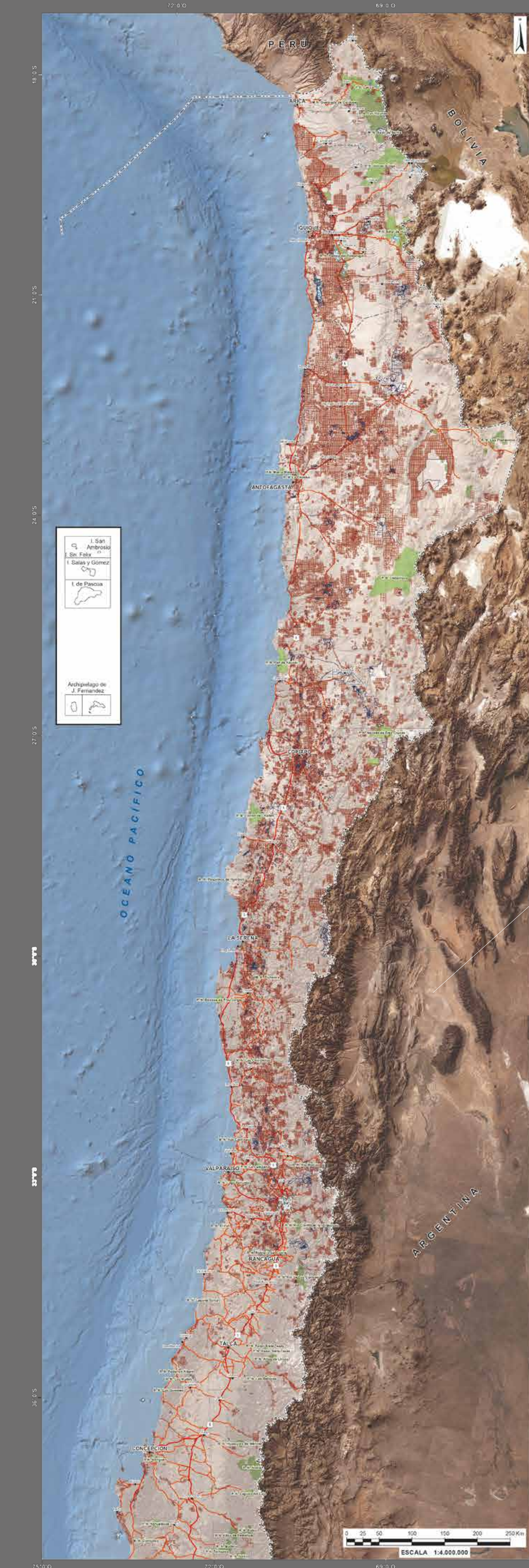
04

DISTRIBUCIÓN DE MINERAS DE EXPL EXPLOTACIÓN EN C

DISTRIBUTION OF THE MINING
EXPLORATION AND EXPLOITAT

LAS CONCESIONES EXPLORACIÓN Y CHILE

CLAIMS OF
TATION



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAPHY

SÍNTESIS POLÍTICO ADMINISTRATIVA, FISIOGRÁFICA Y COMERCIAL

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Población, país y regiones: actualización población 2002-2012 y proyecciones 2013-2020. [en línea] Chile, Instituto Nacional de Estadísticas, <http://www.inec.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones2014/proyecciones-de-poblacion-2014.xlsx> [consulta: 09 febrero 2016].

GEOLOGÍA BÁSICA / BASIC GEOLOGY

Blanco, N.; Vásquez, P.; Sepúlveda, F.A.; Tomlinson, A.J.; Quezada, A.; Ladino, M. 2012. Levantamiento geológico para el fomento de la exploración de recursos minerales e hídricos de la Cordillera de la Costa, Depresión Central y Precordillera de la Región de Tarapacá (20°-21°S). Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-12-50, 246 p., 7 mapas escala 1:100.000, Santiago.

Camus, F. 2003. Geología de los Sistemas Porfíricos en los Andes de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, 267 p. Santiago, Chile.

Coira, B; Davidson, J.; Mpodozis, C.; Ramos, V., 1982. Tectonic and Magmatic Evolution of the Andes of Northern Argentina and Chile. Earth Sciencie Reviews, Vol. 18, pp. 303-332, Amsterdam.

García, F. 1967. Geología del Norte Grande de Chile. Santiago, Sociedad Geológica de Chile, Simposio sobre el Geosinclinal Andino 3, 138 p.

García, M.; Gardeweg, M.; Clavero, J.; Hérail, G. 2004. Hoja Arica, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, 1 mapa escala 1:250.000. Santiago.

Ladino, M.; Tomlinson, A.; Blanco, N. 1997. Nuevos antecedentes para la edad de la deformación Cretácica en Sierra de Moreno, II Región de Antofagasta-Norte de Chile. En: VIII Congreso Geológico Chileno, Antofagasta.

Mpodozis, C.; Ramos, V.A. 1990. The Andes of Chile and Argentina. In Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources (Ericksen, G.E.; Cañas Pinochet, M.T.; Reinemund, J.A.; editors). Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series 11: 59-90. Houston, Texas.

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2002. Mapa Geológico de Chile. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica No 75, 3 mapas escala 1:1.000.000, Santiago.

Tomlinson, A.J.; Blanco, N.; Maksaev, V.; Dilles, J.H.; Grunder, A.L.; Ladino, M. 2001. Geología de la precordillera andina de Quebrada Blanca – Chuquicamata, Regiones I y II (20°30'-22°30' S). Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile), Informe Registrado IR-01-20, 2 Vol.: 444 p., 20 mapas escala 1: 50.000. Santiago.

Tomlinson, A.J.; Blanco, N.; Ladino, M. 2014. Carta Mamiña, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Vásquez, P.; Sepúlveda, F.A. 2013. Cartas Iquique y Pozo Almonte, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica Nos. 162-163, 103 pp., 1 mapa escala, 1:100.000. Santiago.

YACIMIENTOS DE MINERALES METÁLICOS Y ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES / METALLIC MINERALS AND INDUSTRIAL ROCKS AND MINERALS ORE DEPOSITS

Camus, F. 2003. Geología de los Sistemas Porfíricos en los Andes de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería. 267 p. Santiago, Chile.

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), 2016. Tabla 17: Producción chilena de cobre de mina por empresa - anual y mensual. En: Boletín Mensual electrónico. [en línea] Chile, Cochilco, <<http://www.cochilco.cl/estadisticas/boletin.asp>> [consulta: 01 febrero 2016].

Corporate Citizenship, 2015. Impacto Socio-económico de Collahuasi en la Región de Tarapacá, Chile. [en línea] Chile, Collahuasi, <<http://www.collahuasi.cl/pdf/IMPACTO-SOCIO-ECONOMICO-DE-COLLAHUASI.pdf>> [consulta: 09 febrero 2016].

Gajardo, A. 2000. Yacimientos de rocas y minerales industriales de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín, N° 58, 181 p. Santiago.

Gajardo, A.; Carrasco, R.; López, M. C.; Mendoza, J.L. 2004. Yacimientos de rocas y minerales industriales de la I Región de Tarapacá, Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Recursos Minerales y Energéticos 8: 18 p., 1 mapa escala 1:500.000, Santiago.

Maksaev, V. 1979. Las Fases Tectónicas Incaica y Quechua en la Cordillera de los Andes del Norte Grande de Chile. In: Congreso Geológico Chileno, N° 2, Actas, Vol. 1, p. B63-B77. Arica, Chile.

Ordóñez, A.; Rivera, G. 2004. Mapa metalogénico de la I región de Tarapacá. Santiago. (Inédito). Geodatos. 1 mapa escala 1:500.000, Santiago.

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2014. Anuario de la Minería de Chile 2013. Servicio Nacional de Geología y Minería. [en línea] Santiago, Chile. <<http://www.sernageomin.cl/sminera-anuario.php>> [consulta: 09 febrero 2016].

U.S. Geological Survey. 2015. Mineral Commodity Summaries 2015.U.S.Geological Survey, 196 p. [en línea] Reston, Virginia, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2015/mcs2015.pdf> [consulta: 09 febrero 2016].

CONCESIONES MINERAS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN / EXPLOITATION AND EXPLORATION MINING CLAIMS

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2015. Concesiones mineras de exploración y explotación de Chile. Catastro on-line. [en línea] Chile, Sernageomin, <<http://catastro.sernageomin.cl/>> [consulta: 02 febrero 2016].

GEOFÍSICA PARA LA EXPLORACIÓN / GEOPHYSICS FOR EXPLORATION

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Plan Nacional de Geología, Programa de Cartografía Geofísica 2011-2012. Levantamiento geofísico aeroportado de datos magnéticos y de espectrometría de rayos gamma, regiones de Arica y Parinacota, y Tarapacá.

SERNAGEOMIN; Canadá Geological Survey Commission Géologique; Proyecto Multinacional Andino; SERGEOMIN; INGEMMET; Canadian International Development Agency. 2001. Levantamiento geofísico aéreo magnetometría.

GEOQUÍMICA PARA LA EXPLORACIÓN / GEOCHEMISTRY FOR EXPLORATION

Astudillo, F.; Lacassie, J.; Baeza, L.; Barrera, J.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Figueroa, M.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Ramírez, C.; Salinas, P. 2014. Geoquímica de sedimentos de la Hoja Pisagua, Regiones de Tarapacá y de Arica y Parinacota. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica 2: 131 p., 1 mapa interactivo escala 1:250.000, 2 Anexos (1 DVD versión 1.0). Santiago.

Astudillo, F.; Baeza, L.; Barrera, J.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Figueroa, M.; Lacassie, J.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Ramírez, C. 2015. Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Pisagua, Regiones de Tarapacá y de Arica y Parinacota. Servicio Nacional de Geología y Minería, Base de datos 3: 40 p., 1 Anexo (1 DVD versión 1.0). Santiago.

Baeza, L.; Astudillo, F.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Lacassie, J.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Ramírez, C. 2014. Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Arica, Región de Arica y Parinacota. Servicio Nacional de Geología y Minería, Base de datos 3: 40 p., 1 Anexo (1 DVD versión 1.0). Santiago.

Baeza, L.; Lacassie, J.; Astudillo, F.; Barrera, J.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Figueroa, M.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Ramírez, C.; Salinas, P. 2014. Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Arica, Región de Arica y Parinacota. Servicio Nacional de Geología y Minería, Base de datos No. 2: 1 Texto, 1 Base de datos para 59 elementos y compuestos químicos, 1 Anexo (1 DVD versión 1.0, 2014) Santiago.

Lacassie, J. P.; Astudillo, F.; Baeza, L.; Castillo, P.; Figueroa, M.; Muñoz, N.; Ramírez, C. 2012. Geoquímica de sedimentos de la Hoja Iquique, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica 1, 1 DVD versión 1.0, que contiene 1 mapa interactivo para 59 elementos químicos escala 1:250.000, 1 texto (41 p.) y 2 anexos.

Lacassie, J.; Astudillo, F.; Baeza, L.; Barrera, J.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Figueroa, M.; Muñoz, N.; Ramírez, C.; Salinas, P. 2014. Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Iquique, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Base de datos No. 1: 1 Texto, 1 Base de datos para 59 elementos y compuestos químicos, 1 Anexo (1 DVD versión 1.0, 2014) Santiago.

