

# Anomalías Geoquímicas en el Norte Grande y Norte Chico



**Gobierno  
de Chile**

Juan Lacassie  
Felipe Astudillo  
Leonardo Baeza  
Felipe Carrasco  
Paula Castillo

Francisca Espinoza  
Maira Figueroa  
Carolina Miralles  
Nicole Muñoz  
Catalina Ramírez

Abril 2014

# Introducción



Hace más de 2 décadas los países desarrollados vienen impulsando programas de cartografía geoquímica de sedimentos de drenaje.

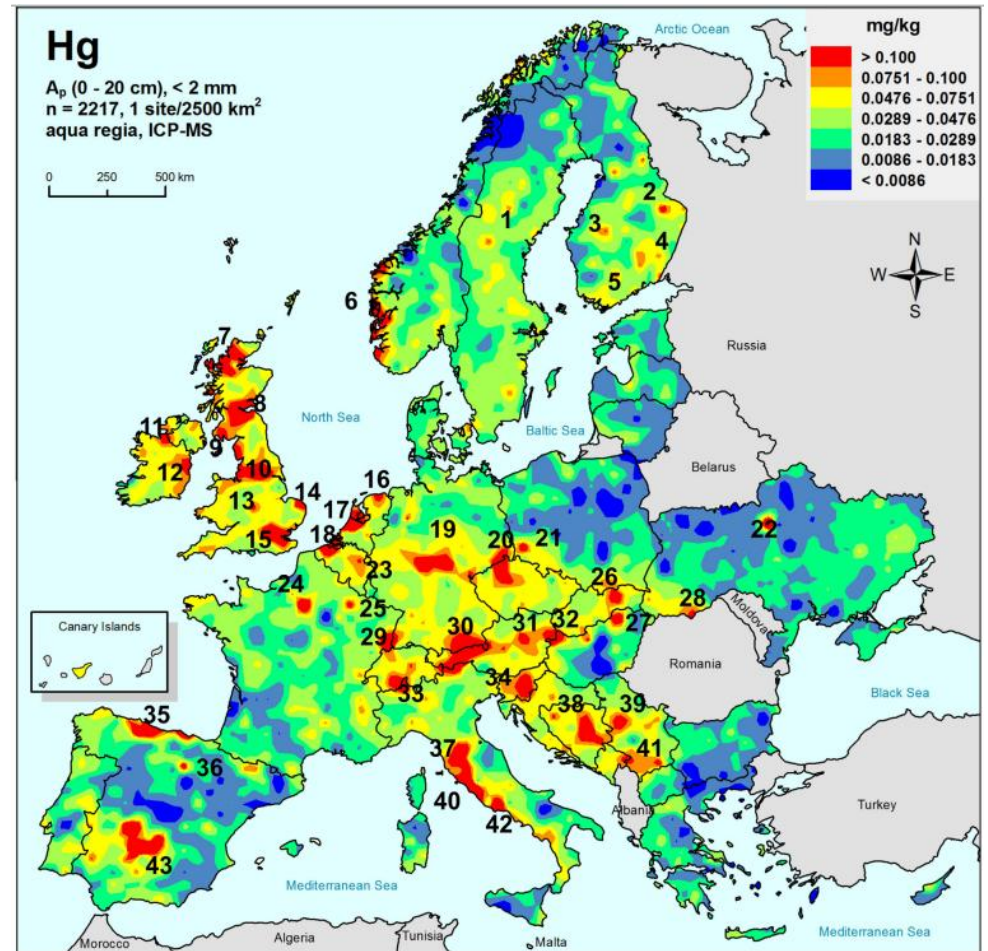
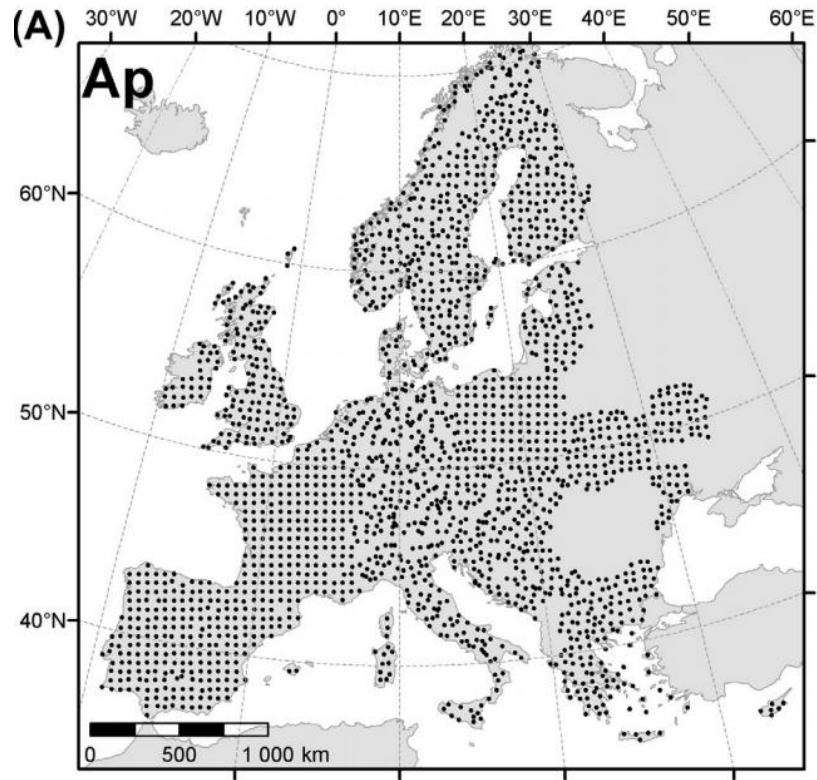
Objetivo:

Disponer de información relevante para su desarrollo sustentable.

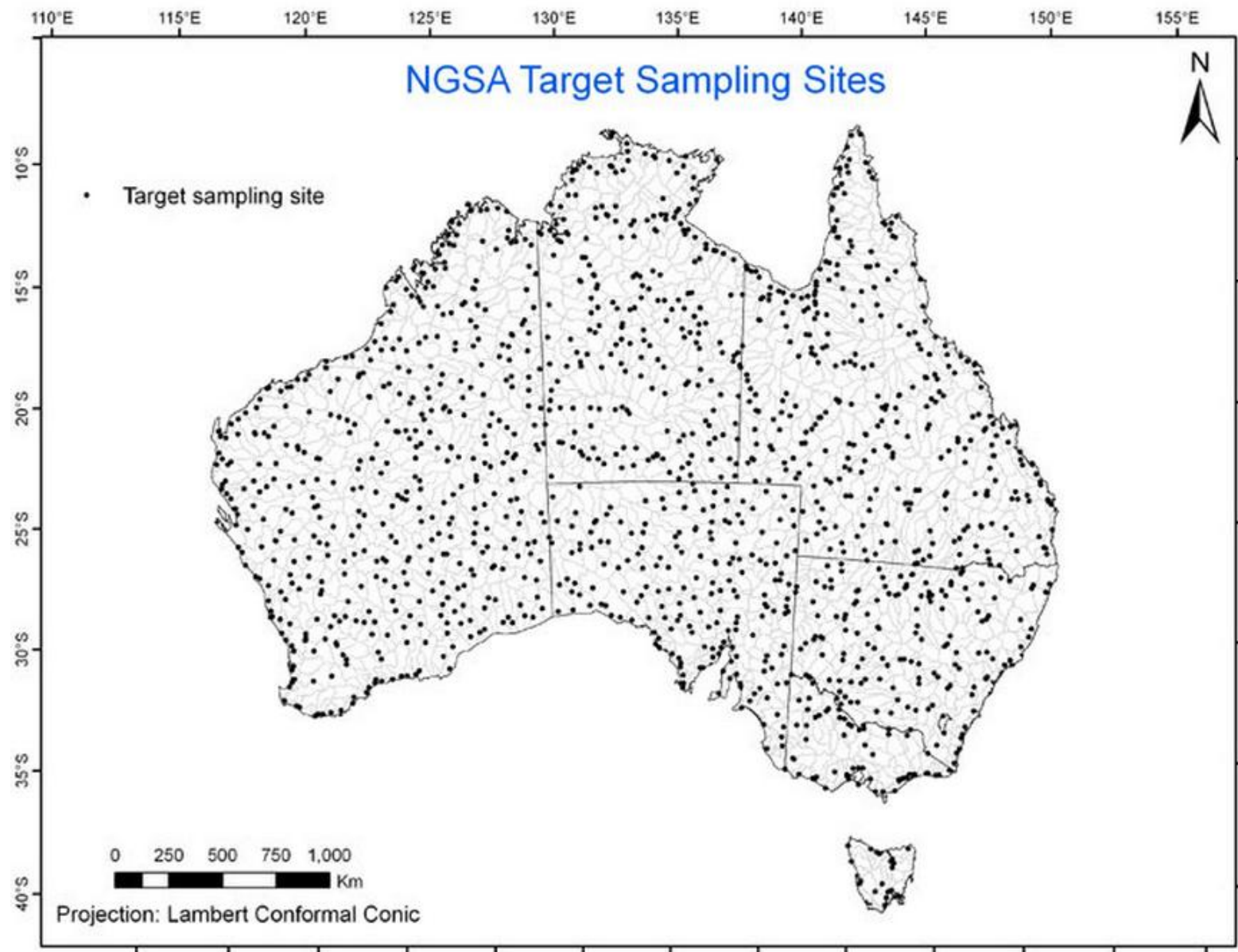
- Incentivar y guiar la exploración minera.
- Establecer líneas de base medio-ambientales.



# Europa

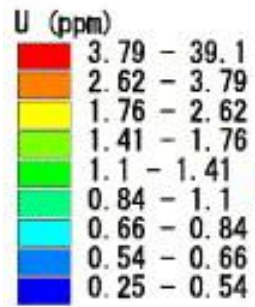


# Australia

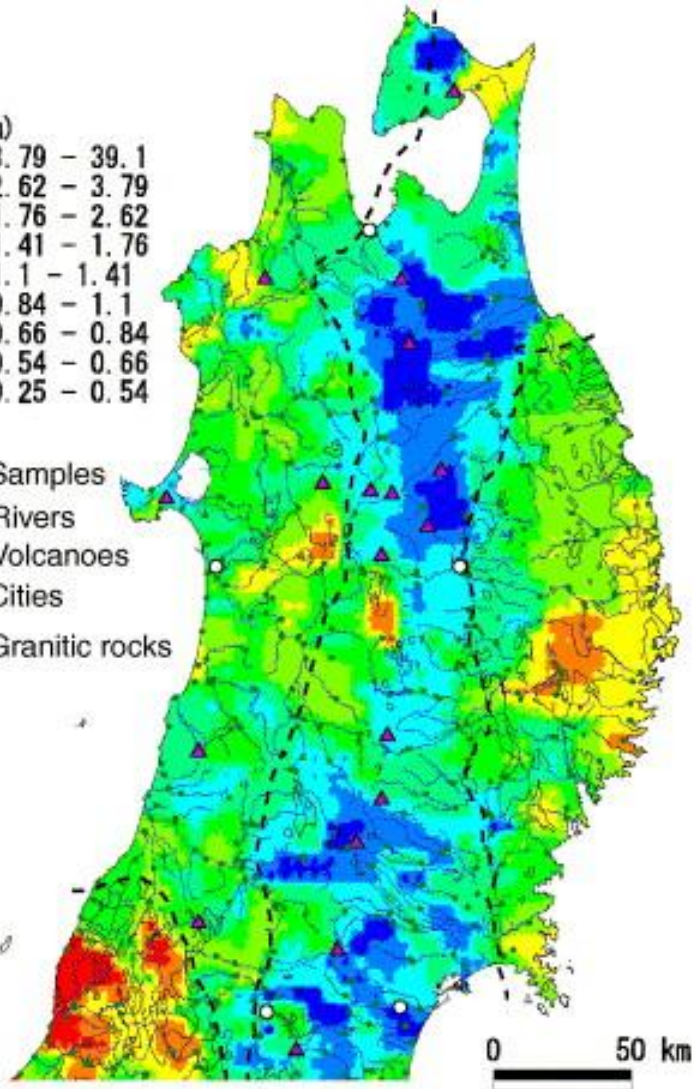


# Japón

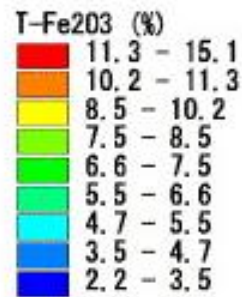
E



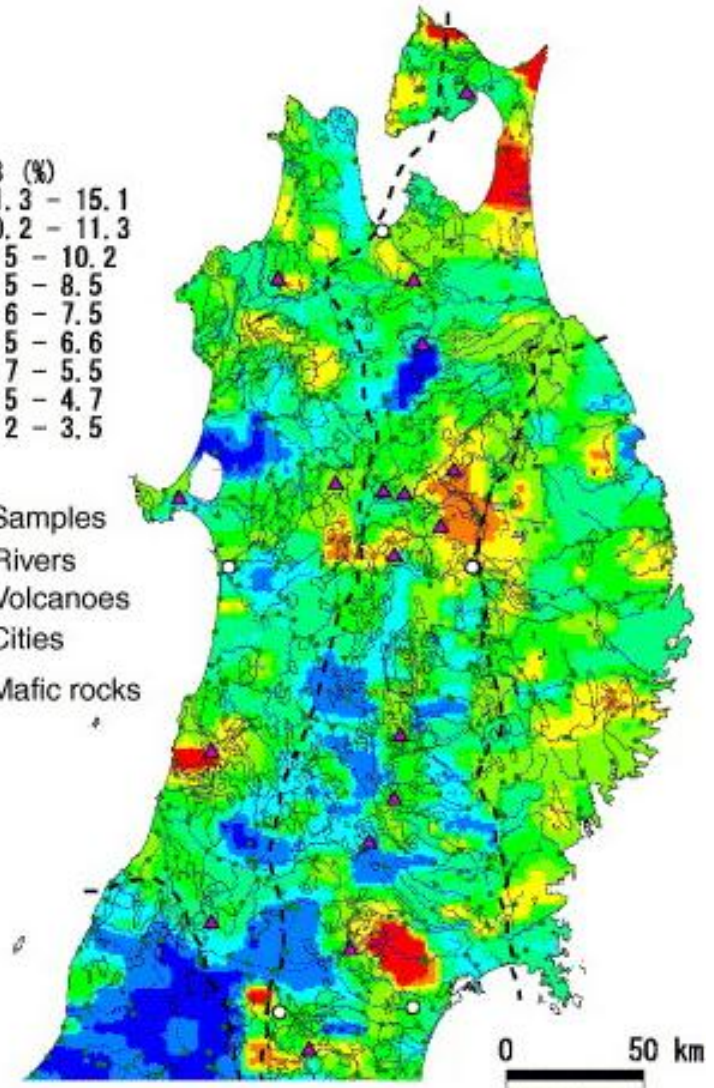
- Samples
- ~ Rivers
- ▲ Volcanoes
- Cities
- Granitic rocks



H



- Samples
- ~ Rivers
- ▲ Volcanoes
- Cities
- Mafic rocks



# Chile - desafíos



En concordancia con esta tendencia global, el Sernageomin, incorporó entre sus desafíos, la realización de la **cartografía geoquímica de sedimentos de Chile a escala 1:250.000**.

## **Año 2011:**

Se inicia el Programa de cartografía Geoquímica.

## **Primer desafío:**

Conformación de la Unidad de Geoquímica.

## **Estrategia principal:**

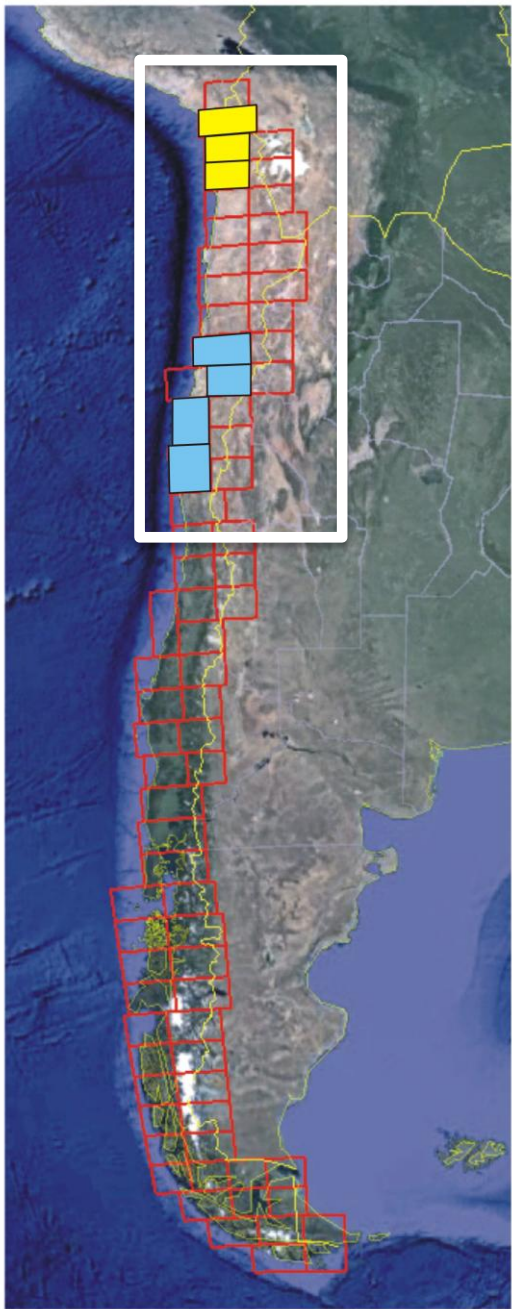
Contratación de memoristas en temas geoquímicos.

## **Resultados:**

- **Año 2012:** 1 Geógrafa + 8 Geoquímicas(os).
- **Primeras líneas de base geoquímicas de Chile** (Lluta-Azapa-Vitor-Elqui-Limarí + Huasco-Rapel).



# Avance 2011-2014



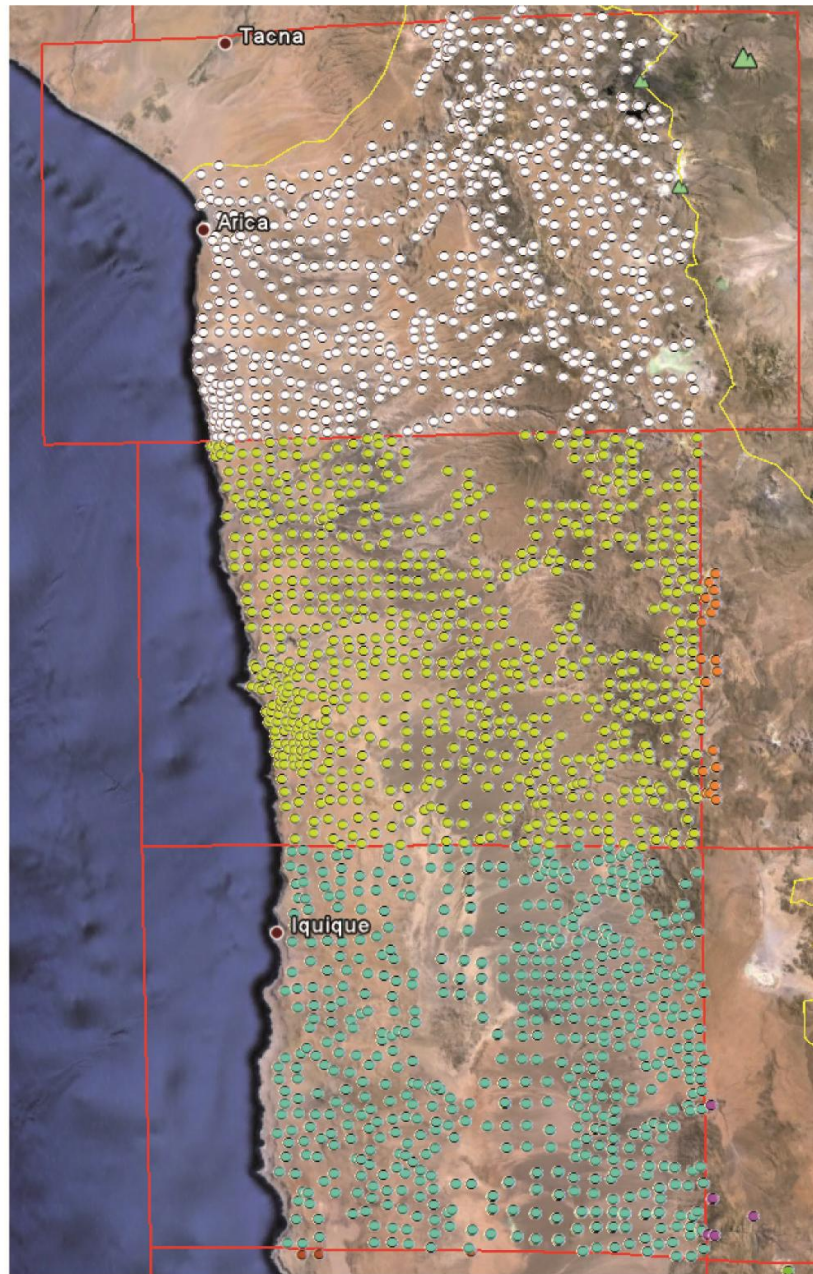
Publicadas a  
prontamente  
publicadas.

En fase de muestreo.

En edición.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique



## Muestreo

Muestreo según grilla regular.

Densidad: 1 muestra / 20 km<sup>2</sup>.

Grilla ajustada a la red de drenaje en un radio de 1,5 km.

## Puntos de muestreo:

Hoja Arica: 680.

Hoja Pisagua: 754.

Hoja Iquique: 637.

Cobertura cercana al 90%.



# Materiales muestreados



Sedimentos activos



Sedimentos recientes



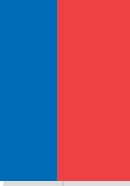
Sed. pre-industriales



Sed. de pampa



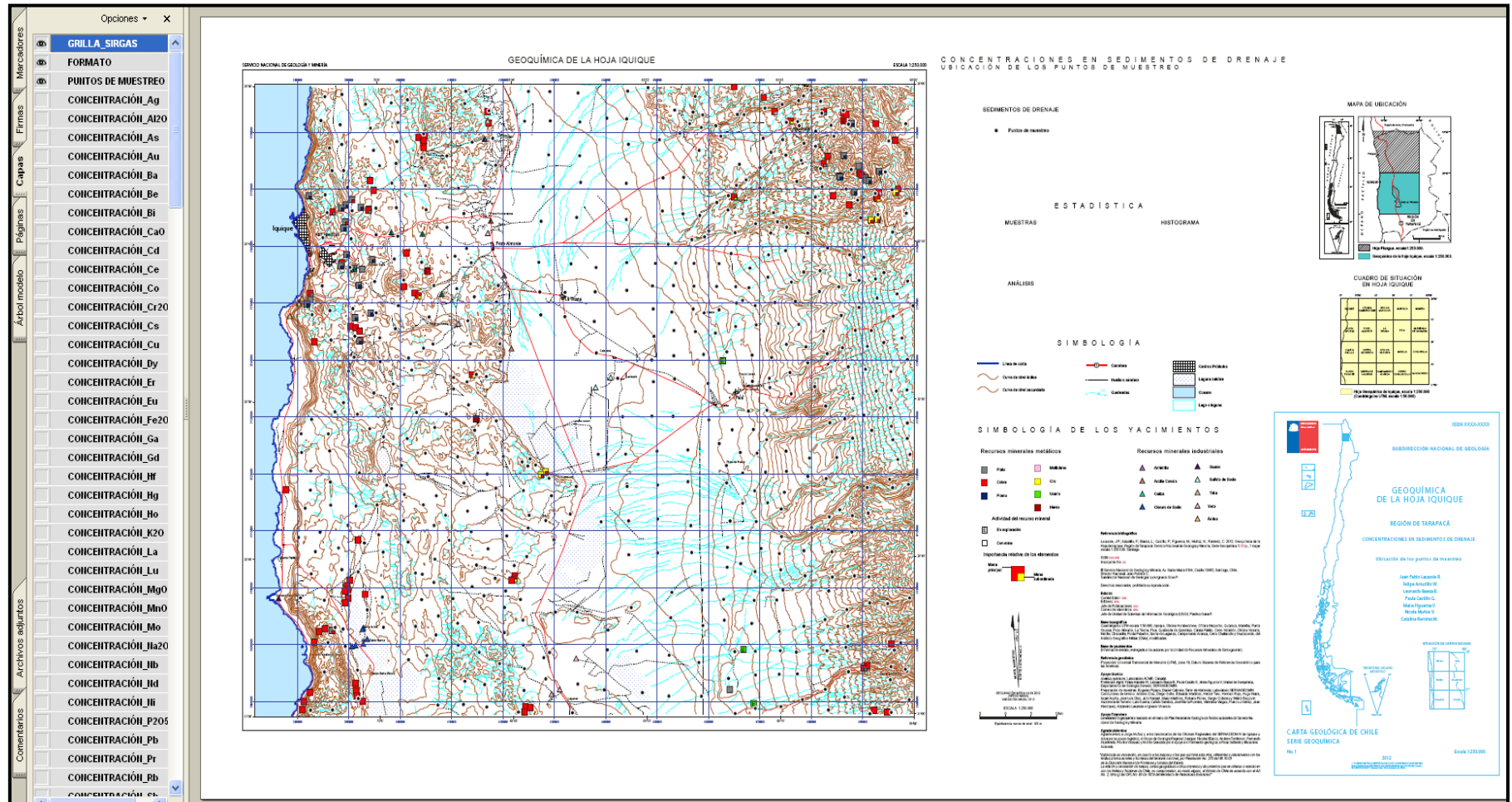
Sed. Planicie de Inundación

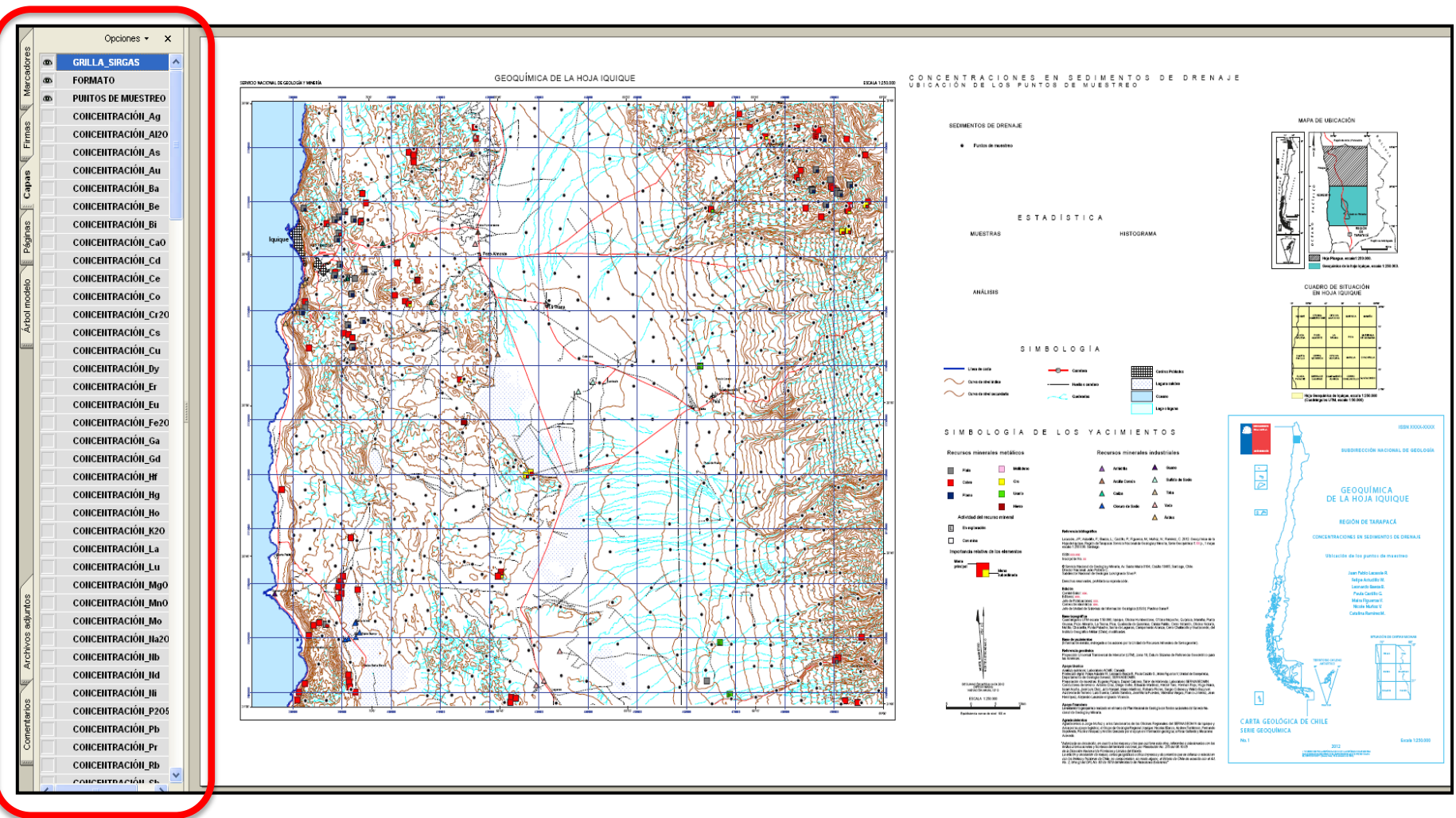


# Preparación de muestras y Análisis químico



**Por cada muestra se obtienen las concentraciones para 59 elementos químicos!!**



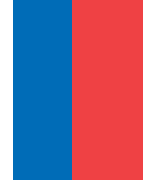
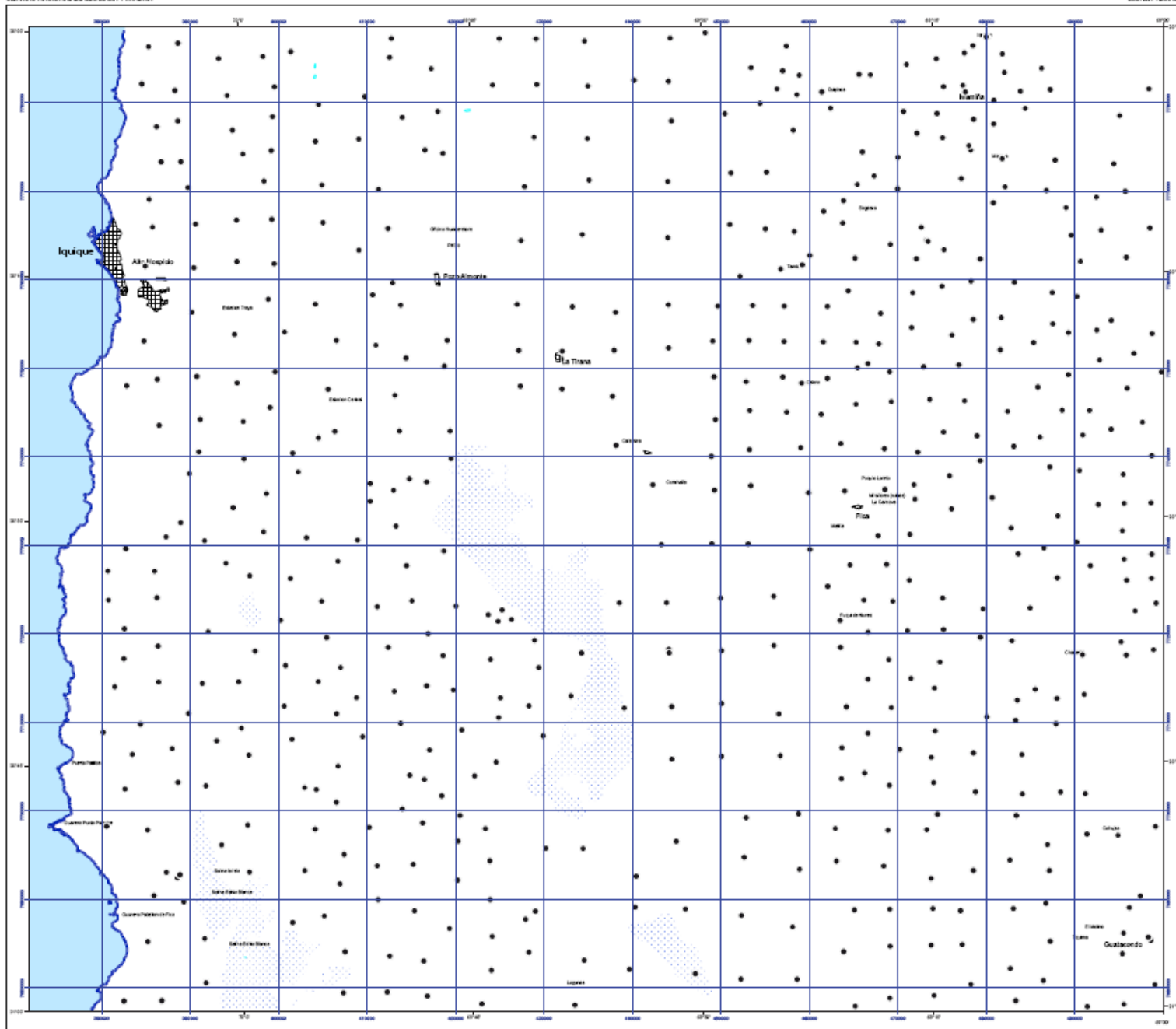


# Ubicación de puntos de muestreo

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

GEOQUÍMICA DE LA HOJA IQUIQUE

ESCALA 1:250,000

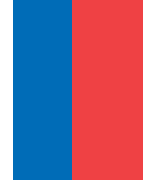
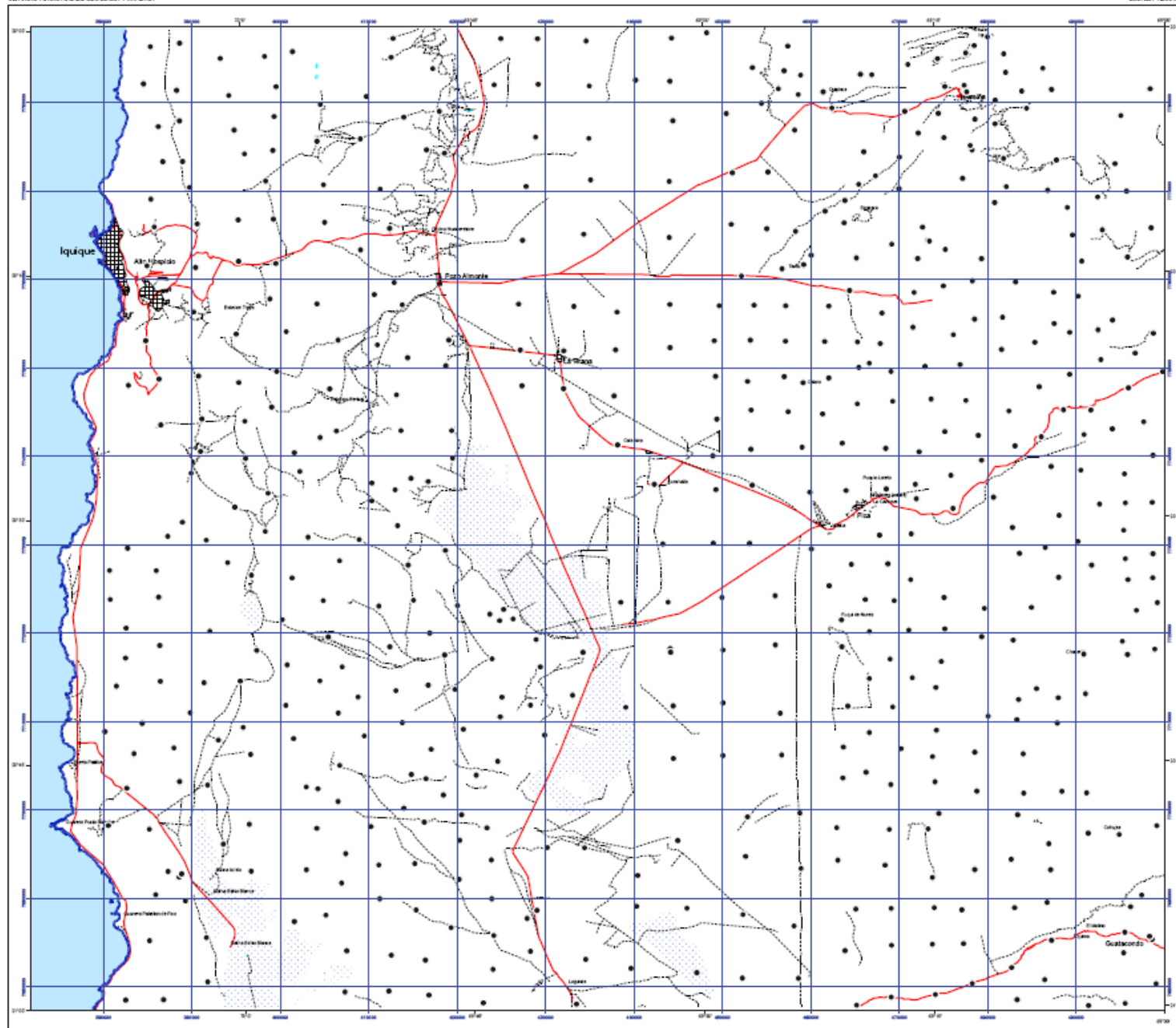


# + Carreteras y caminos

GEOQUÍMICA DE LA HOJA IQUIQUE

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

ESCALA 1:250,000

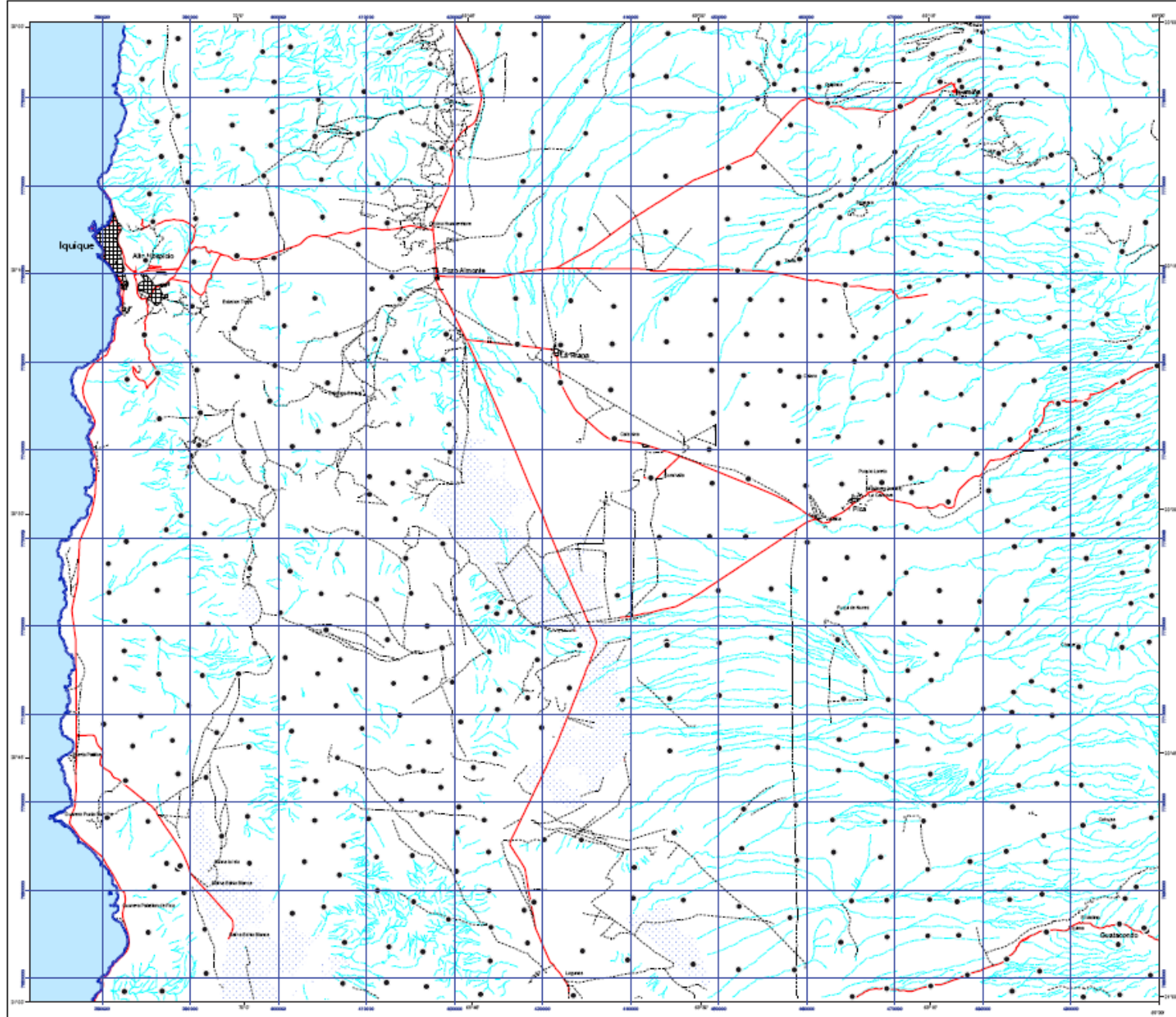


# + Red de drenaje

GEOQUÍMICA DE LA HOJA IQUIQUE

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

ESCALA 1:250,000

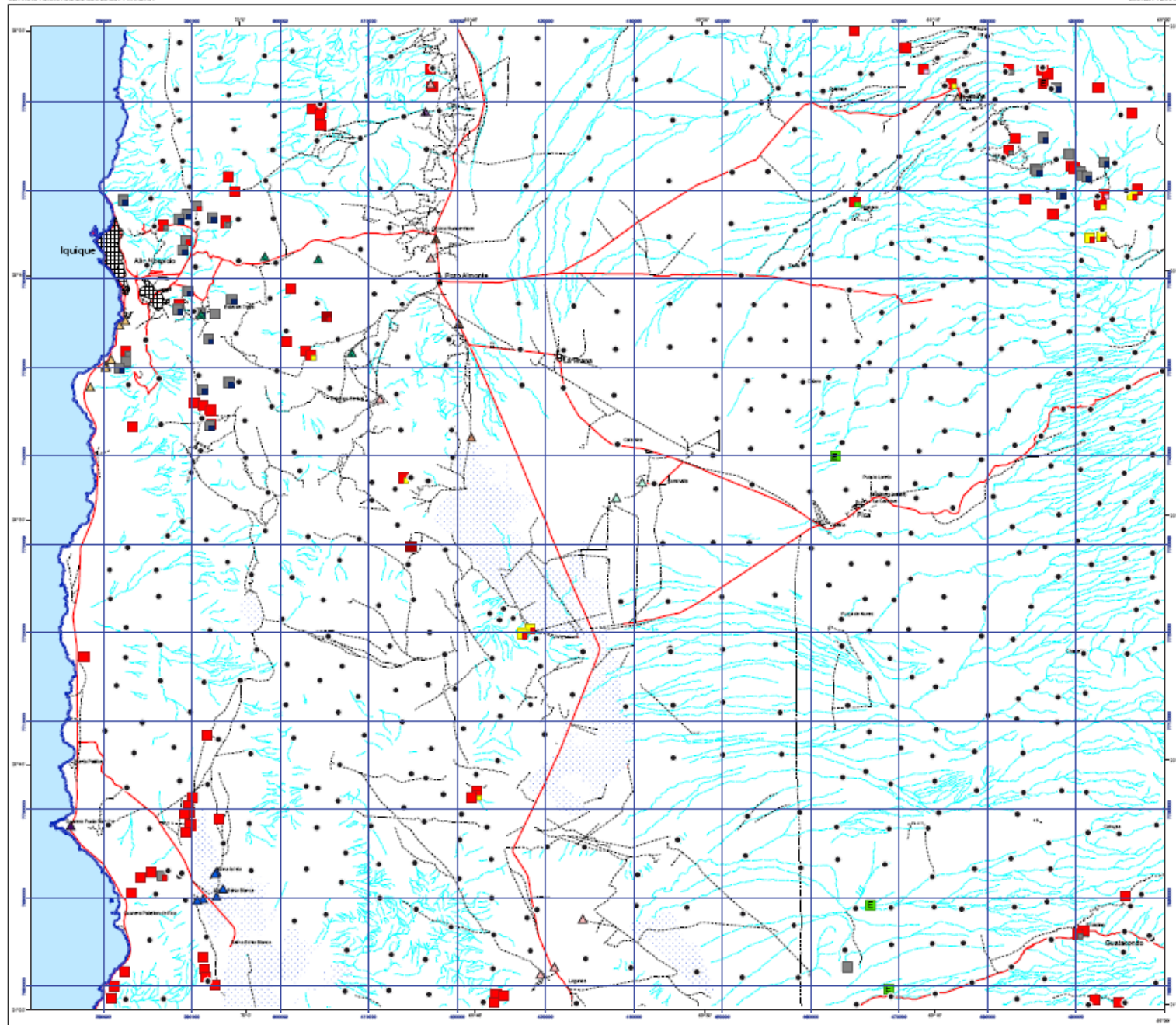


# + Yacimientos

GEOQUÍMICA DE LA HOJA IQUIQUE

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

ESCALA 1:250,000

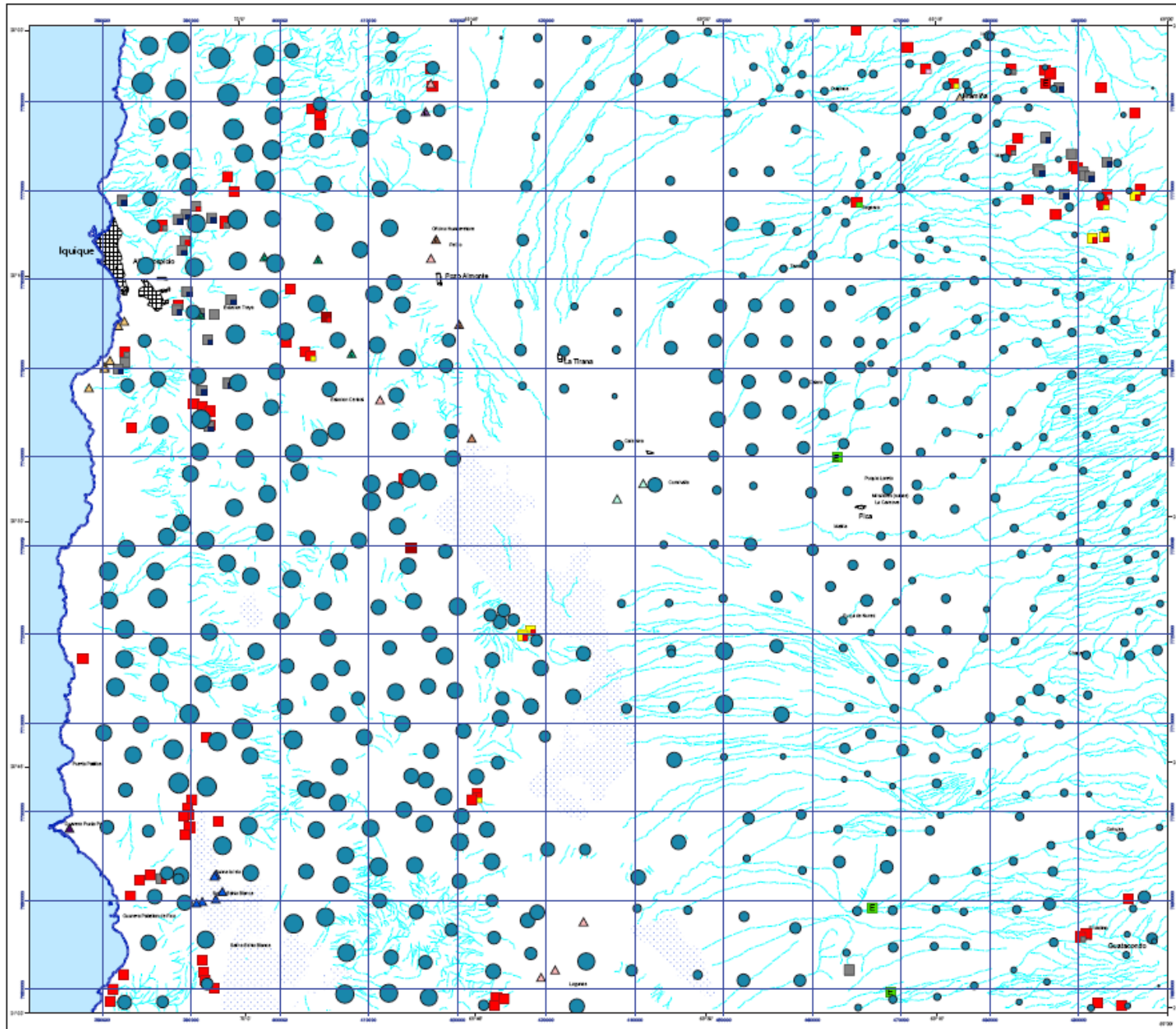


# CaO: Mapa de Concentraciones

GEOQUÍMICA DE LA HOJA IQUIQUE

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

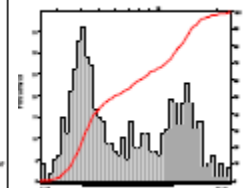
ESCALA 1:250,000



CaO  
(wt%)



HISTOGRAMA

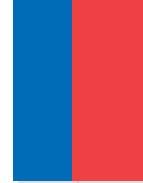




ESCALA 1:250.000



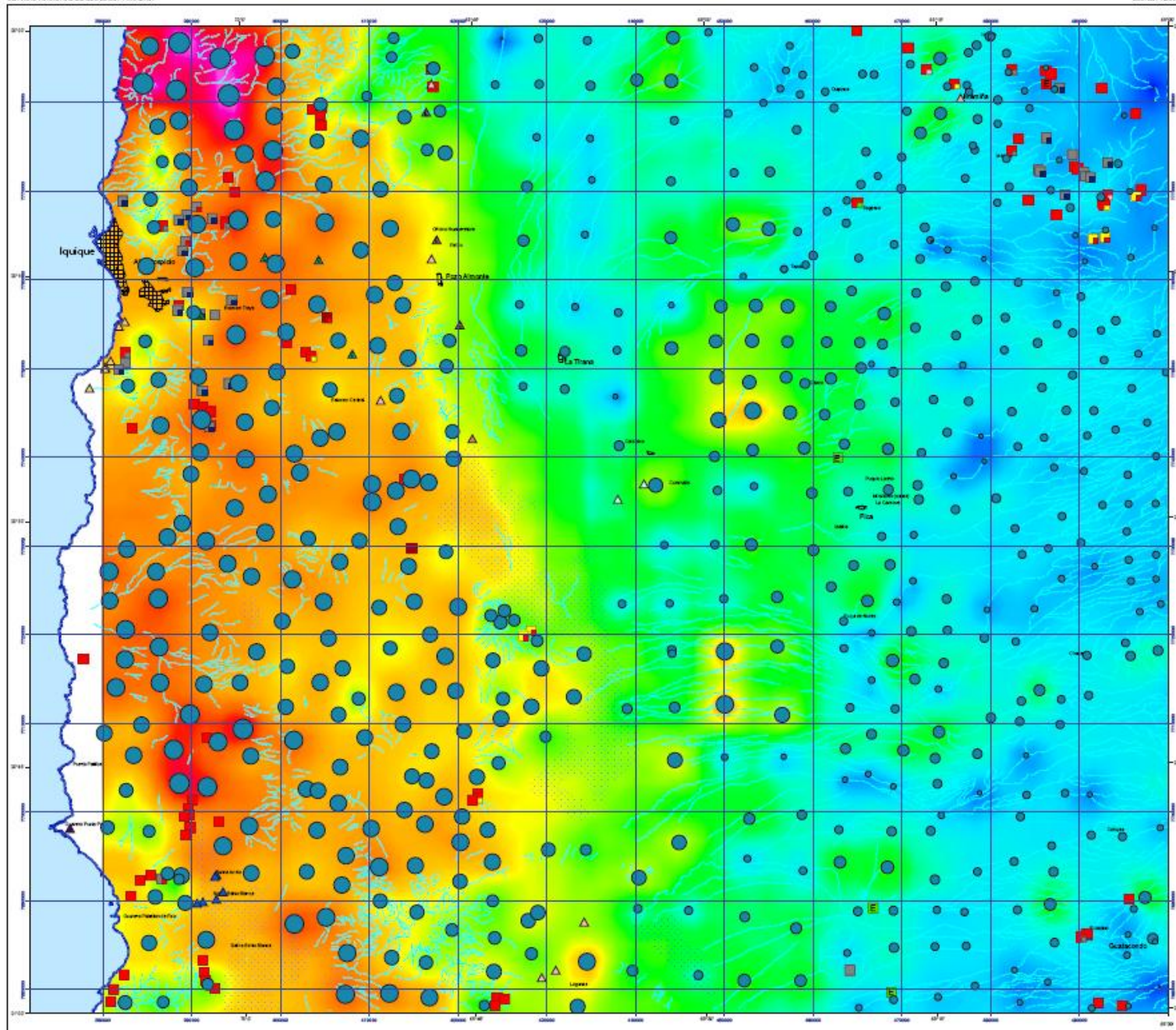
# CaO: Mapa de concentraciones e interpolación



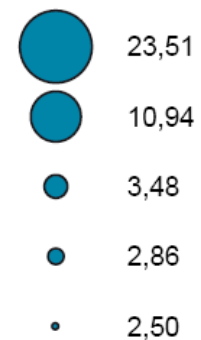
SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

GEOQUÍMICA DE LA HOJA IQUIQUE

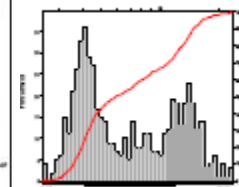
ESCALA 1:250,000



## CaO (wt%)



HISTOGRAMA





- Producto final:



## CD 1:

### ☐ Mapa Interactivo (PDF)

- 59 mapas de puntos
- 59 mapas de interpolación

### ☐ Texto Principal

### ☐ Anexos

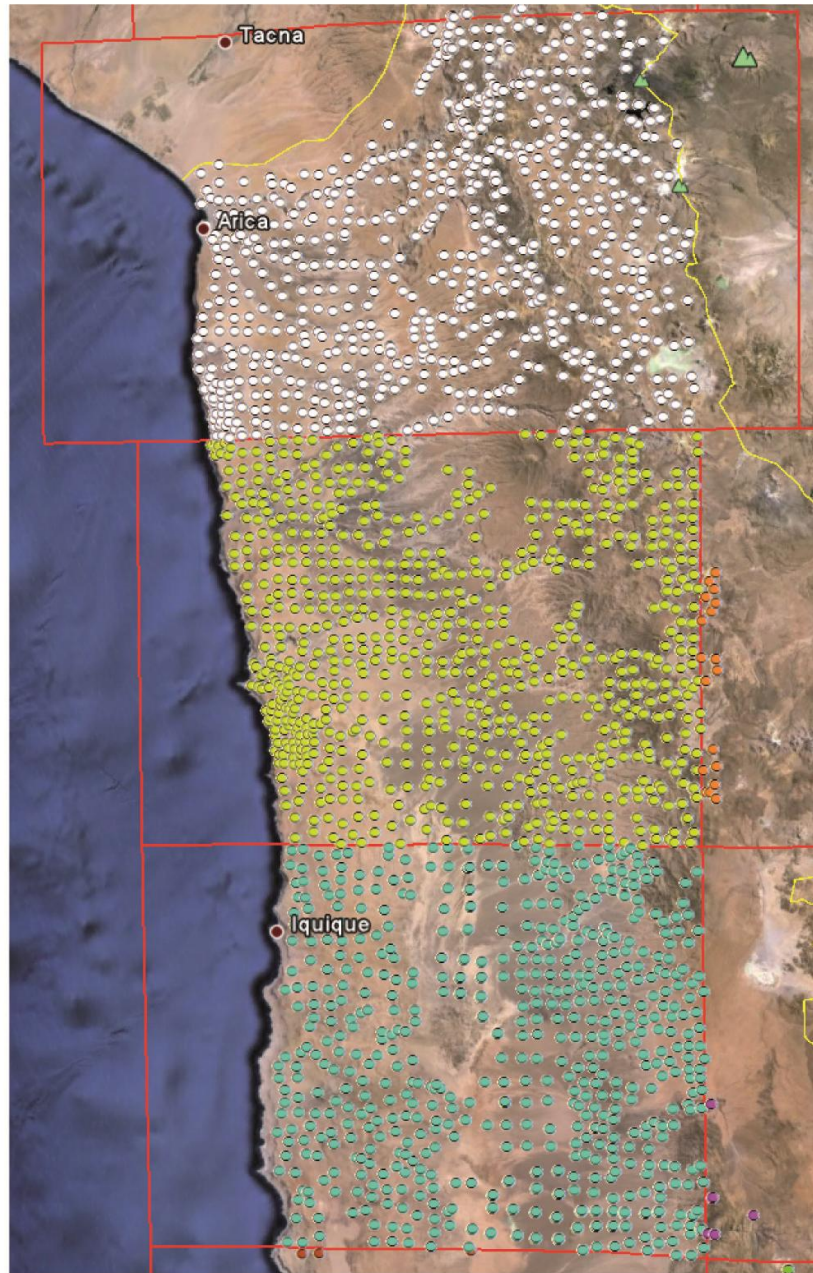
- Base de datos con observaciones de terreno
- Fotos de terreno

## CD 2:

### ☐ Resultados Químicos



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique



## Anomalías Geoquímicas

Sistemáticamente se han utilizado metodologías y procedimientos estandarizados.

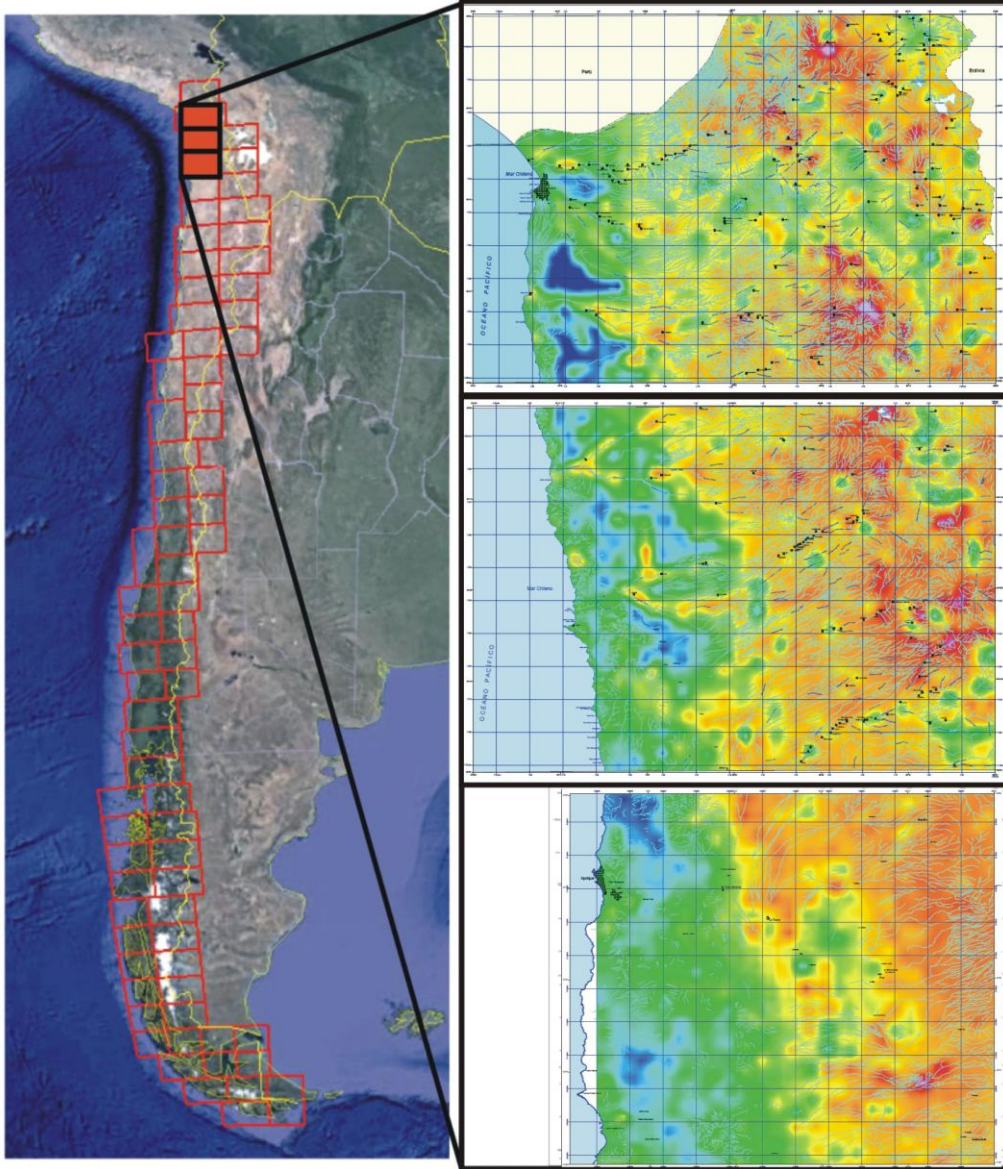
Luego es posible combinar la información de las hojas Arica-Pisagua-Iquique.

Información en un área de aprox. 41.000 km<sup>2</sup> (Suiza).



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

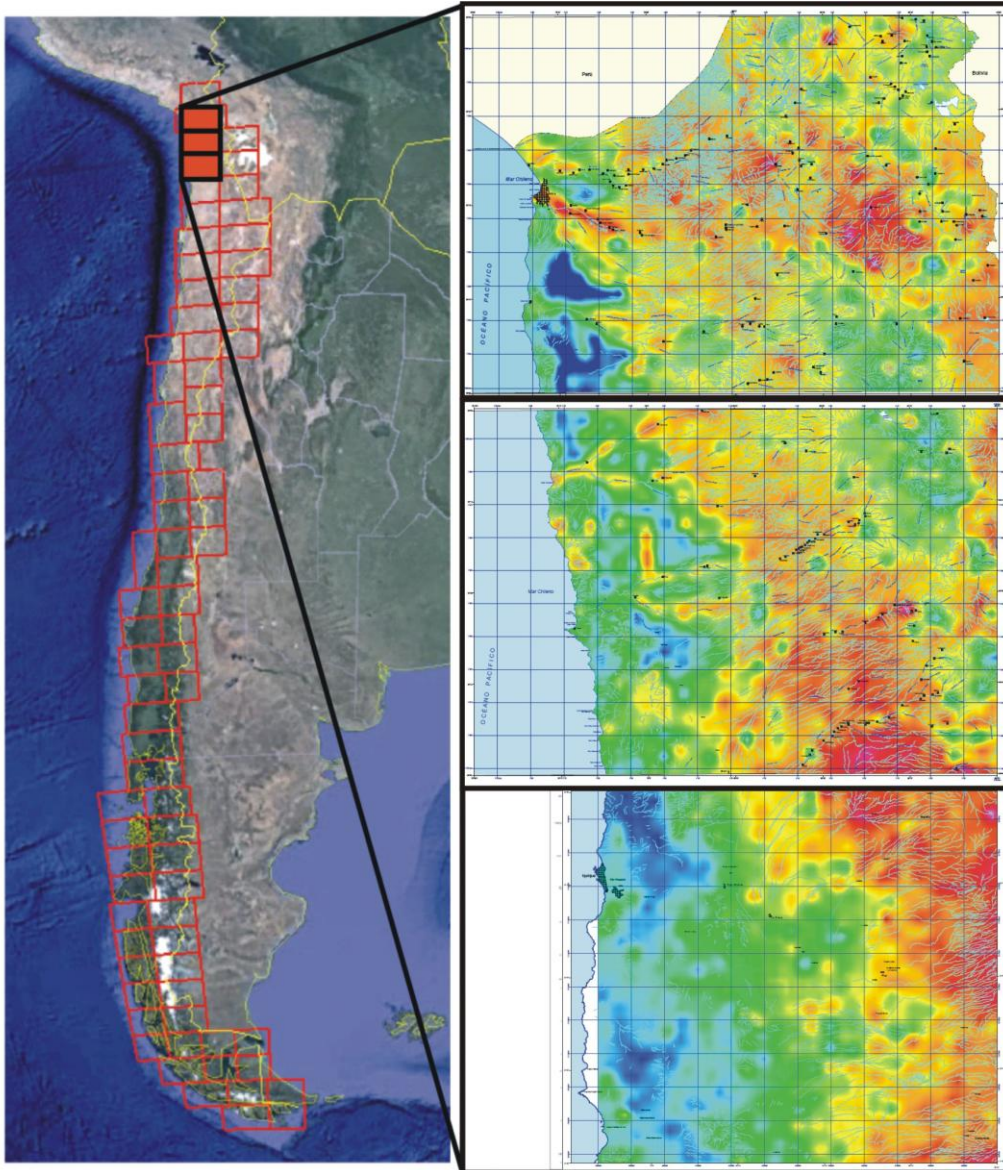
## Aluminio (Al)



**Cordillera- Precordillera:** Intensas lluvias altiplánicas + transporte anual de detritos (silicatos y arcillas).

# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

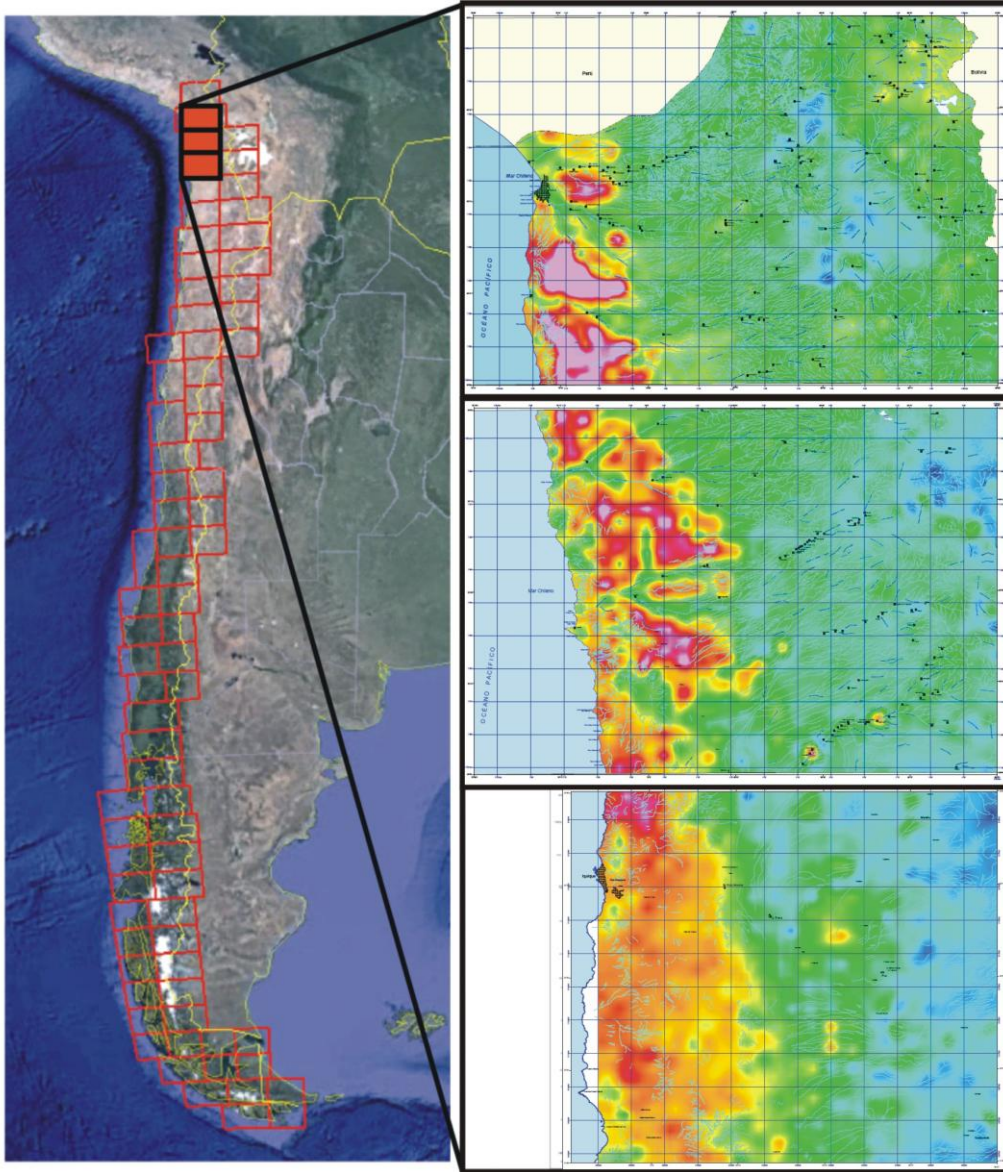
## Sílice (Si)



**Cordillera- Precordillera:** Intensas lluvias altiplánicas + transporte anual de detritos (silicatos y arcillas).

# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

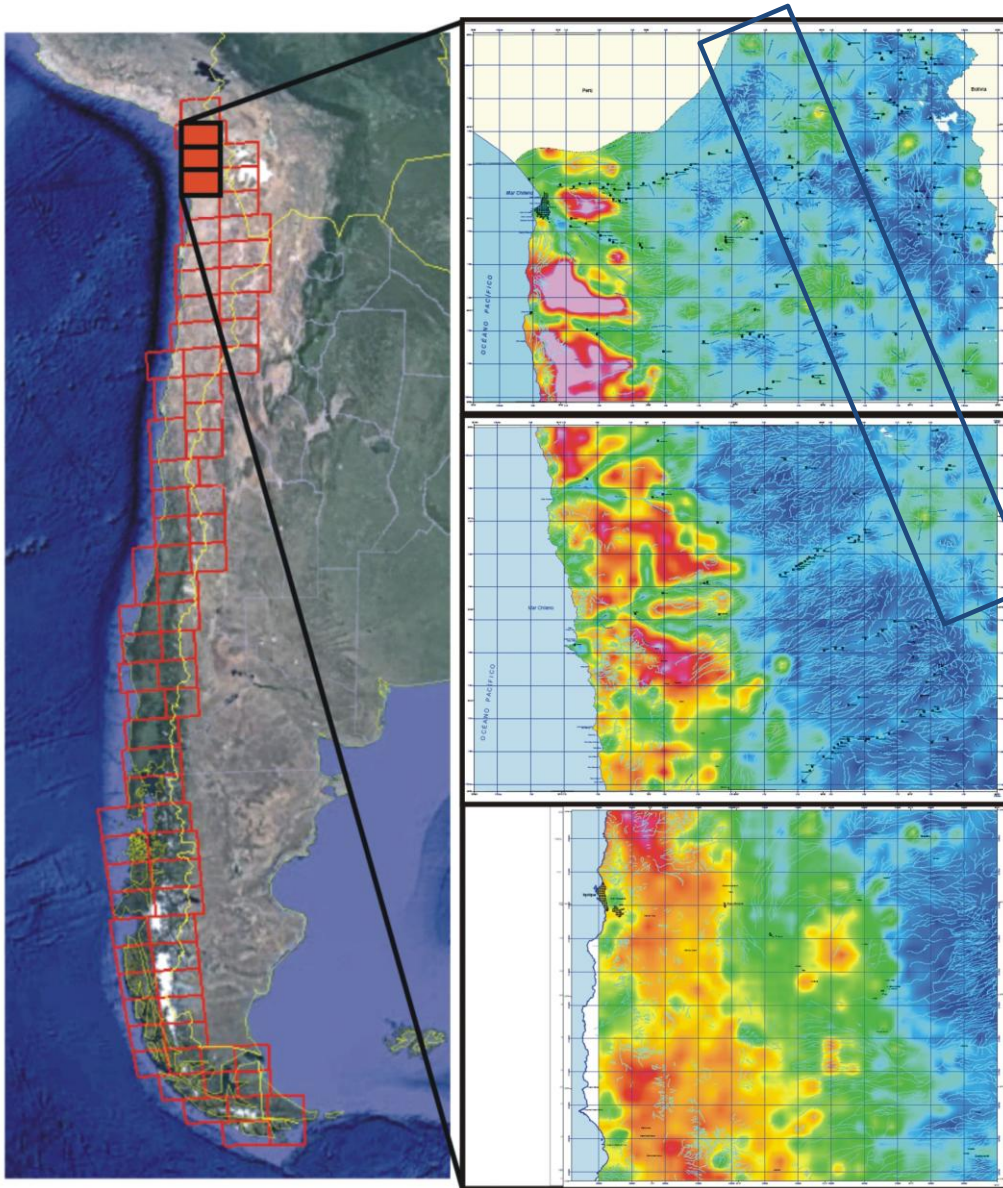
## Calcio (Ca)



**Cordillera de la Costa:** suelos ricos en sales con absorción de elementos desde el aerosol marino (Camanchaca) + ausencia de erosión (escala Ma).



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique Azufre (S)



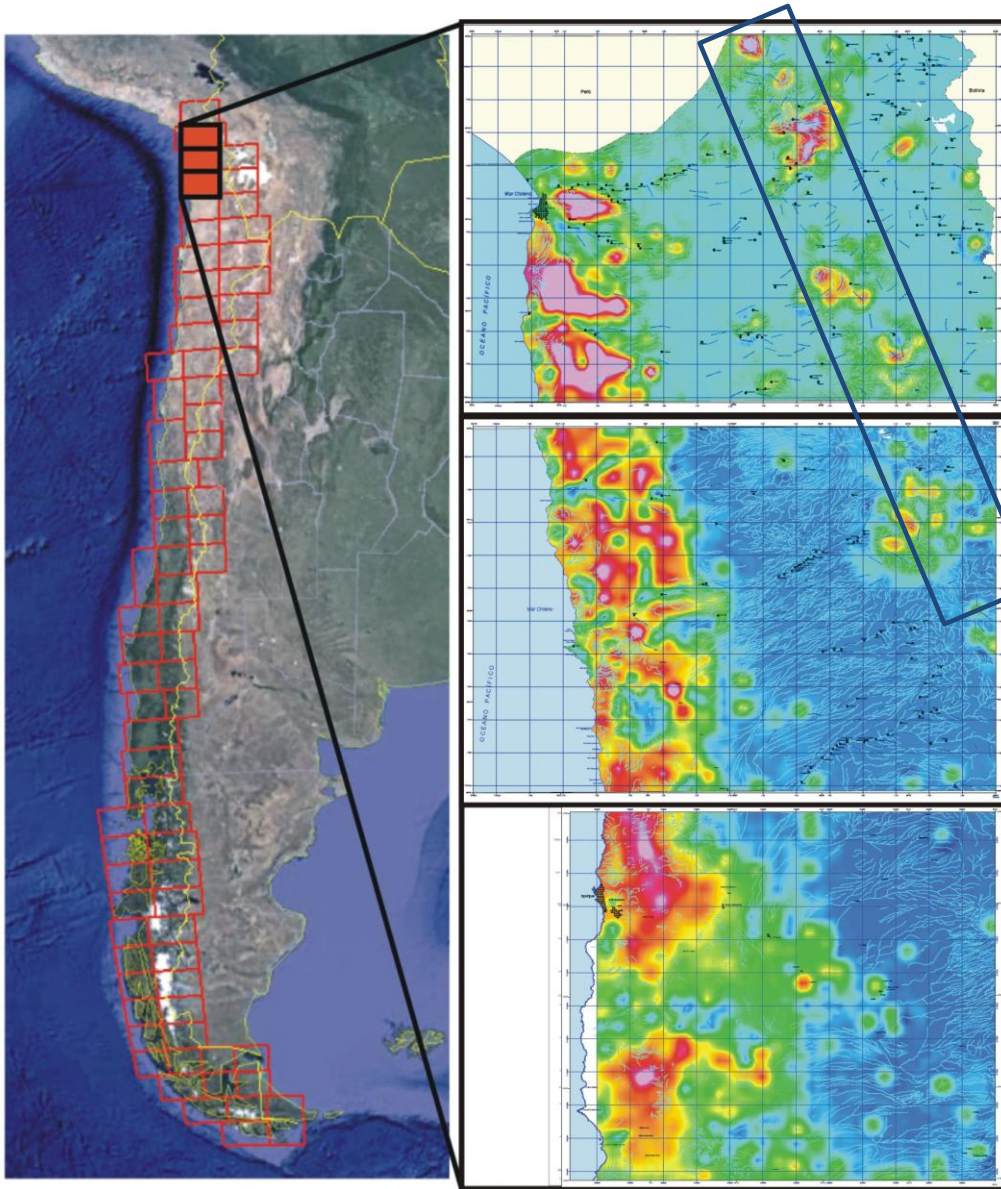
**Cordillera de la Costa:** suelos ricos en sales con absorción de elementos desde el aerosol marino (Camanchaca) + ausencia de erosión (escala Ma).

Anomalía regional??



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Selenio (Se)



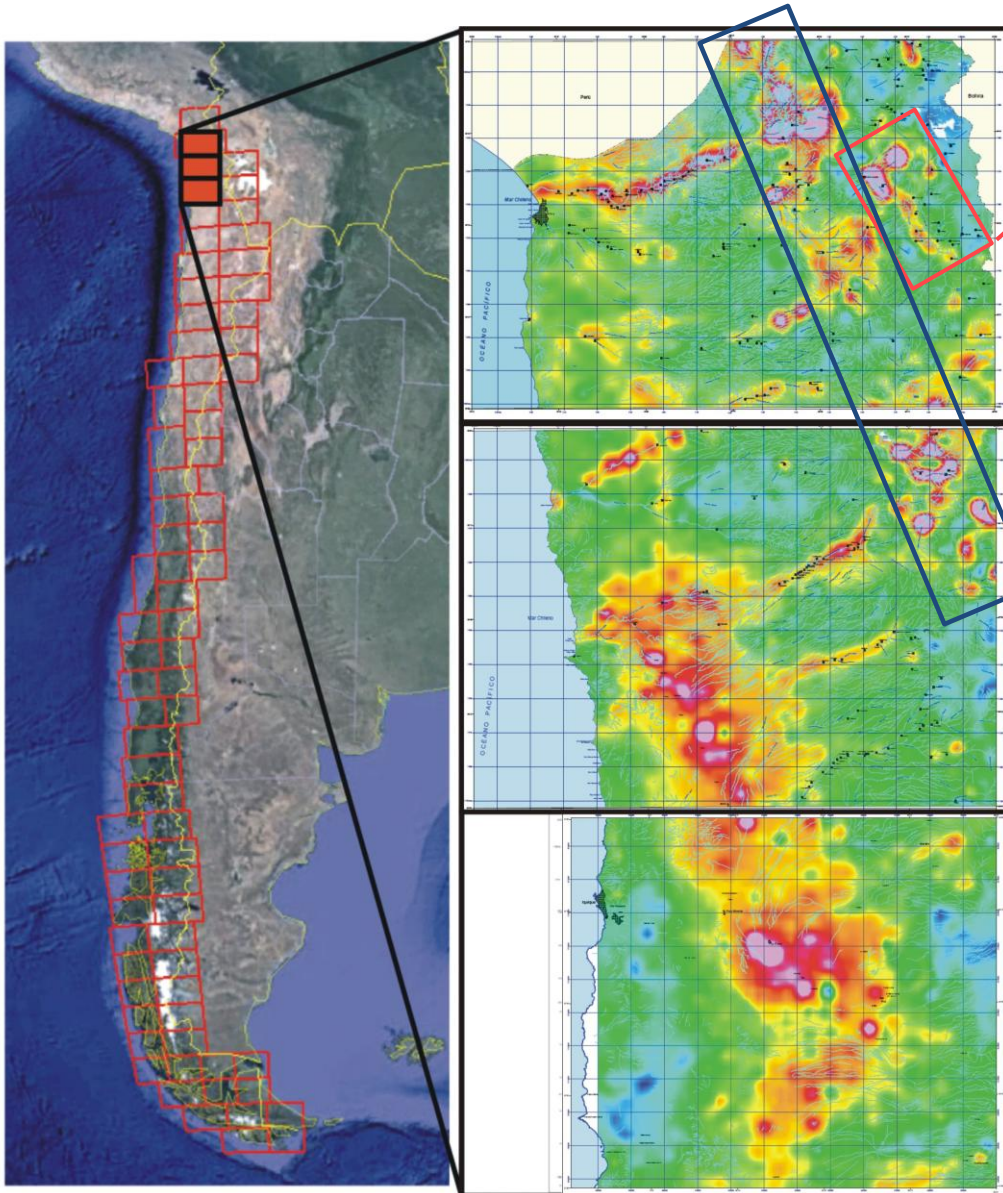
**Cordillera de la Costa:** suelos ricos en sales con absorción de elementos desde el aerosol marino (Camanchaca) + ausencia de erosión (escala Ma).

**Anomalía regional Putre-Camiña**



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Arsénico (As)



**Río Lauca:** aguas debajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural.

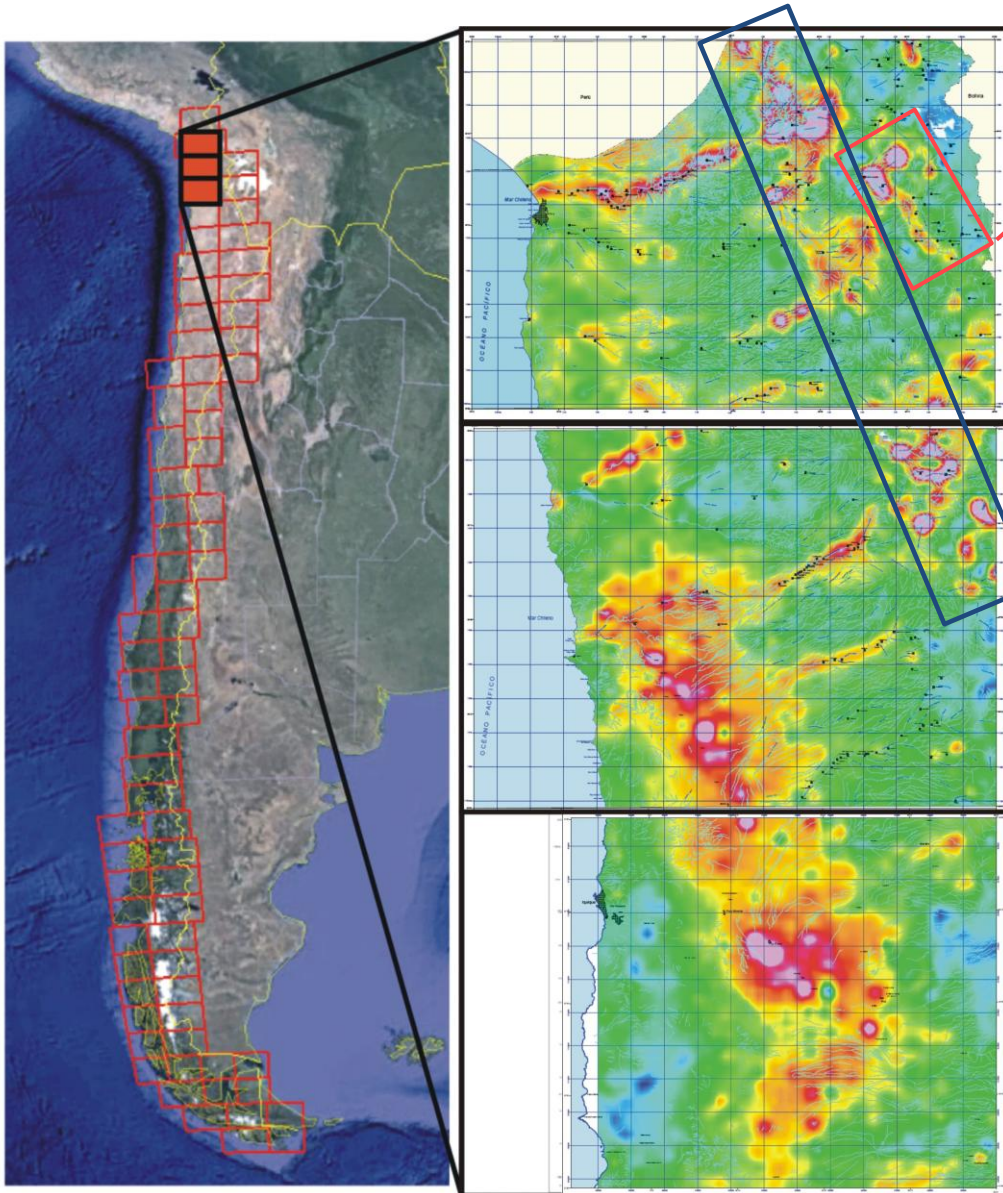
**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Depresión intermedia:** acumulación de detritos de drenajes endorreicos.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Arsénico (As)



**Río Lauca:** aguas debajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural.

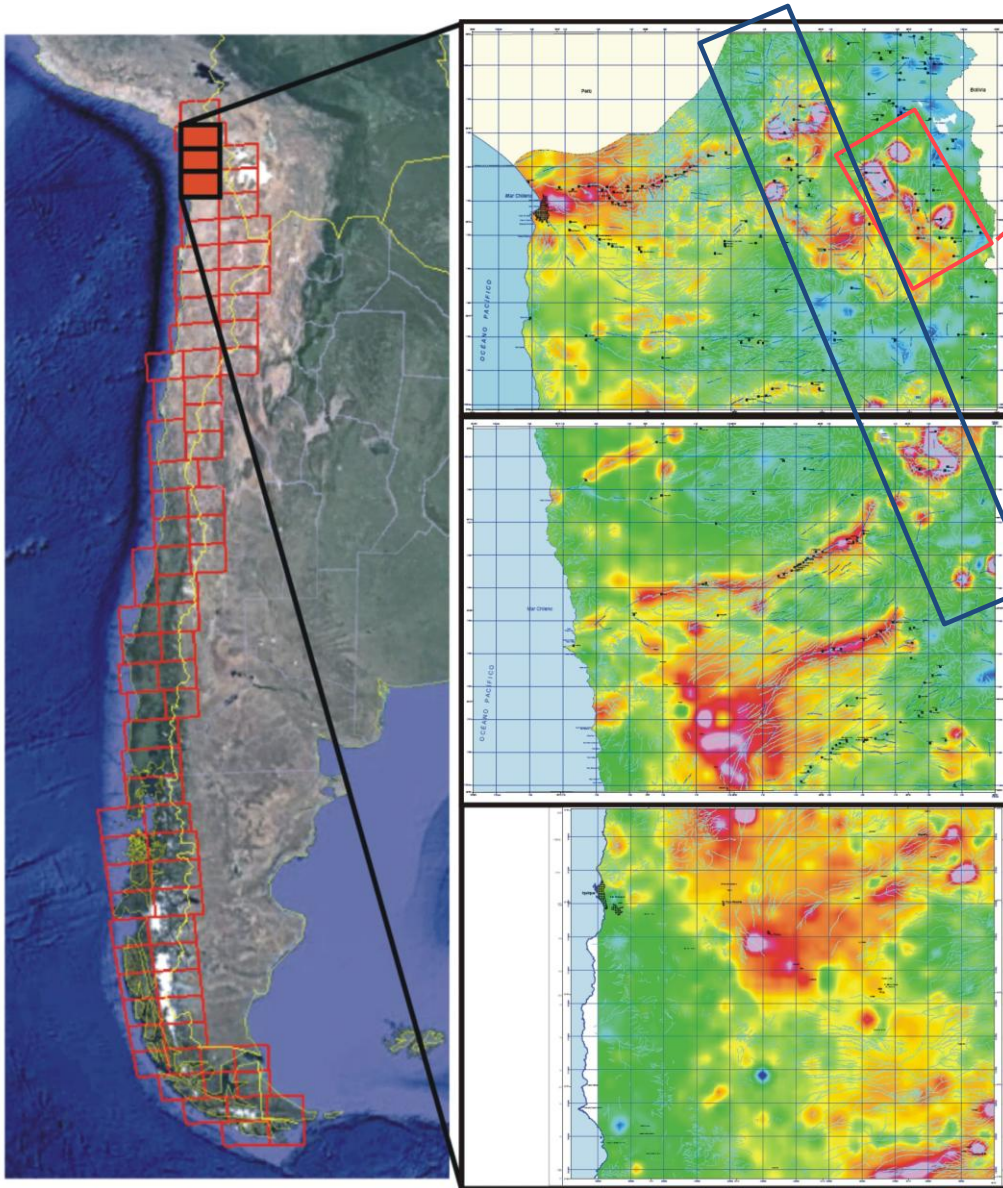
**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Depresión intermedia:** acumulación de detritos de drenajes endorreicos.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Antimonio (Sb)



**Río Lauca:** aguas debajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural.

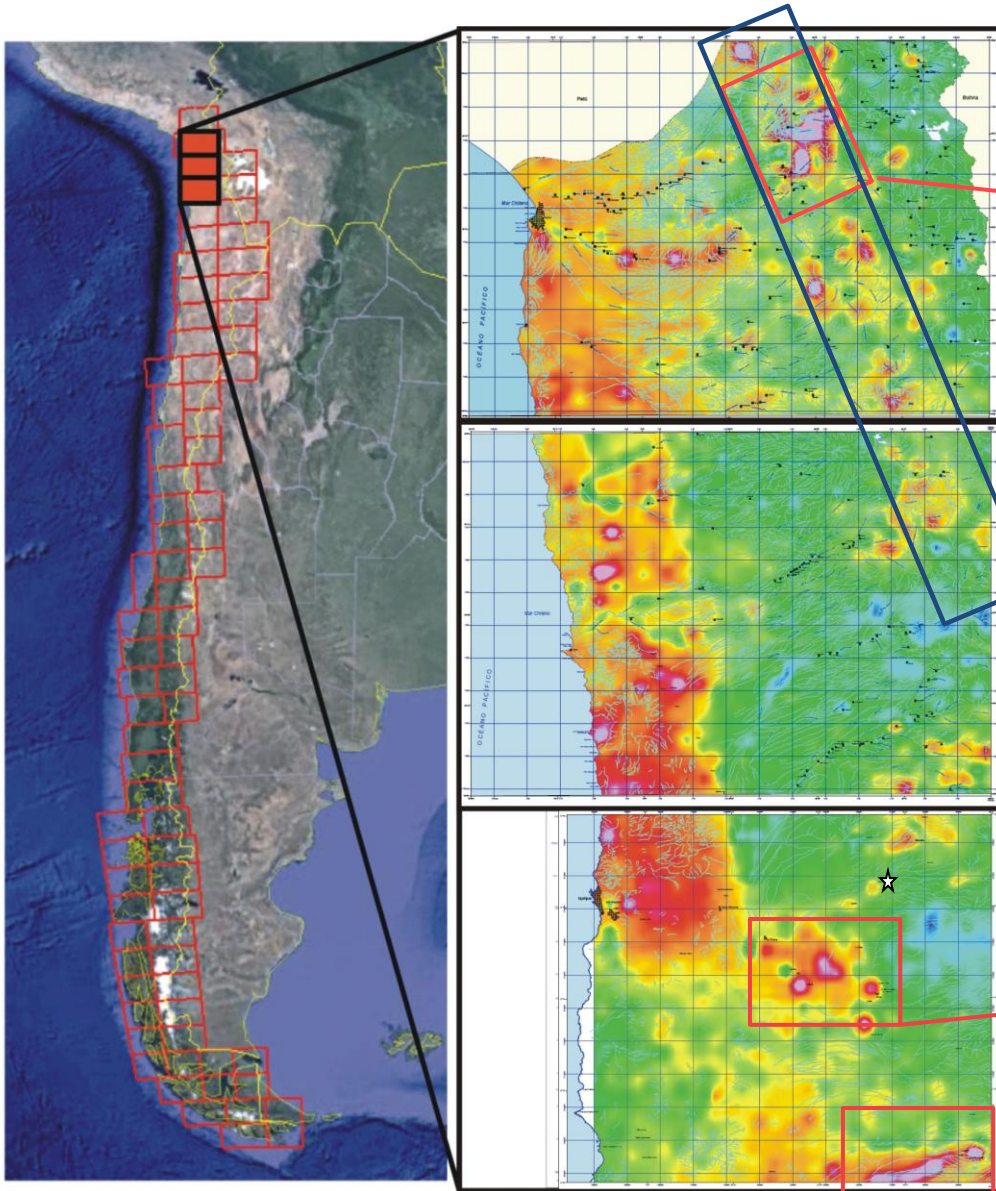
**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Depresión intermedia:** acumulación de detritos de drenajes endorreicos.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Molibdeno (Mo)



**Qdas. Aroma y Jurase:** no se registran actividad minera importante.

**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Cordillera de la Costa Arica-Iquique:** Franja metalogénica del Jurásico - Cretácico inferior. Vetas cupríferas y auríferas.

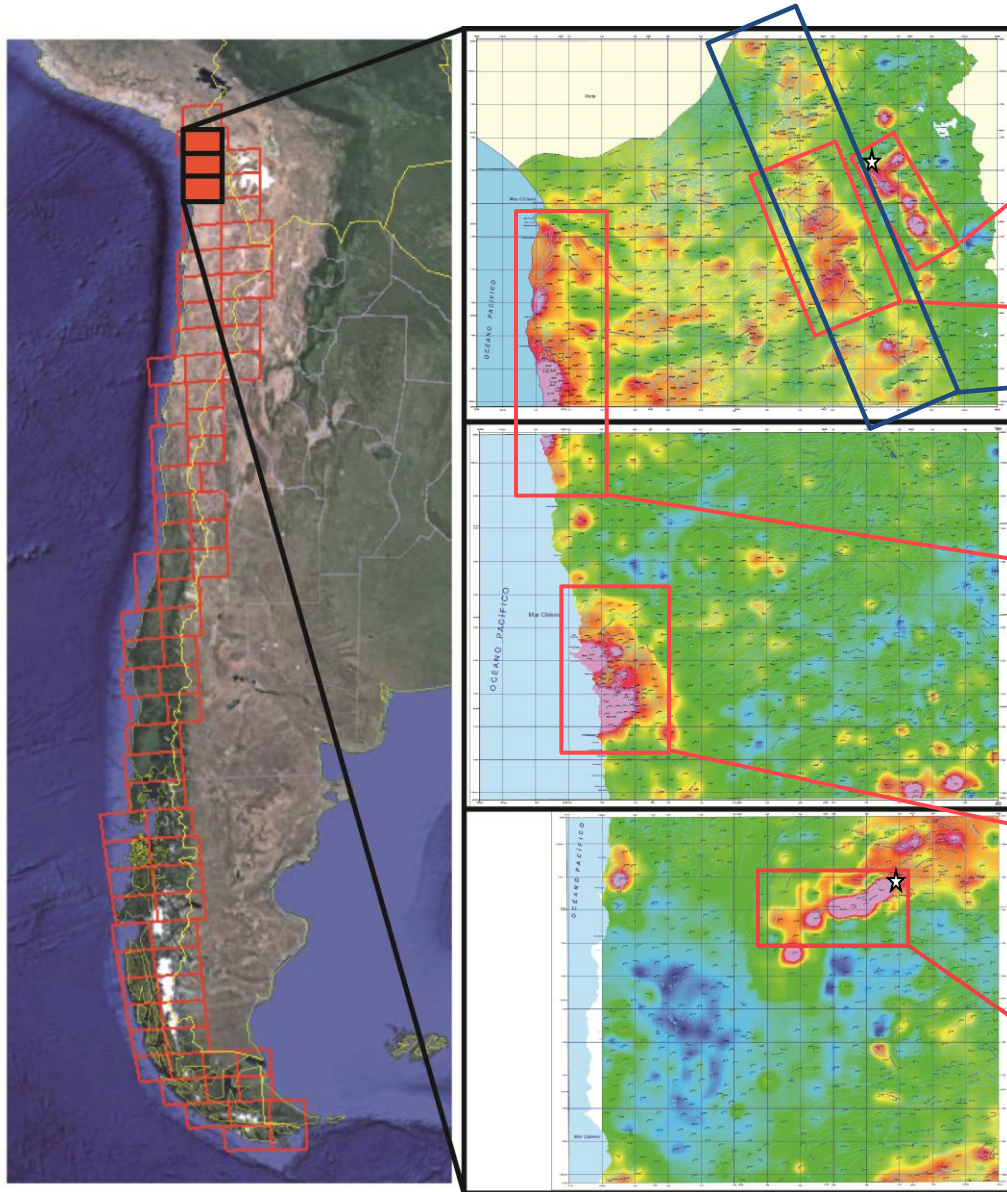
**Quebrada Sagasca:** anomalía aguas abajo de la quebrada Sagasca.

**Quebrada Huatacondo:** anomalía a lo largo de la quebrada Huatacondo.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Cobre (Cu)



**Río Lauca:** aguas abajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural .

**Belén – Tignamar:** actividad minera y zonas mineralizadas con alteración HT aguas arriba.

**Anomalía regional??:**  
Estructura regional (Sinclinal)

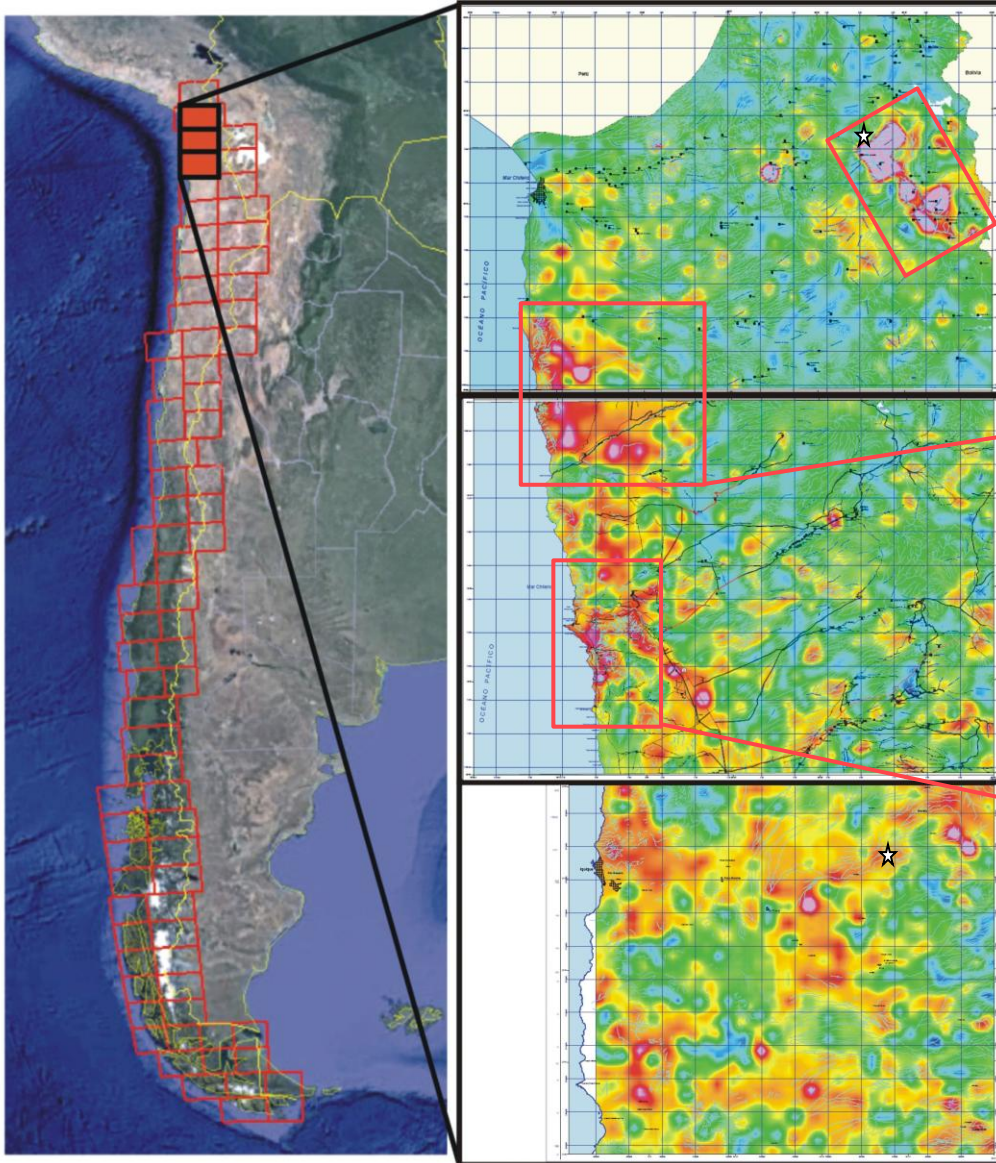
**Cordillera de la Costa al sur de Arica:** franja metalogénica del Jurásico - Cretácico inferior. Vetas cupríferas y auríferas.

**Pisagua:** Fuerte coincidencia de anomalía con Intrusivo Pisagua. Erosión de esta unidad, escaso transporte y concentración por deflación.

**Quebrada Sagasca:** aguas abajo de Mina Sagasca. Valores de Cu entre 10 y 20 veces mas altos que el promedio.

# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Oro (Au)



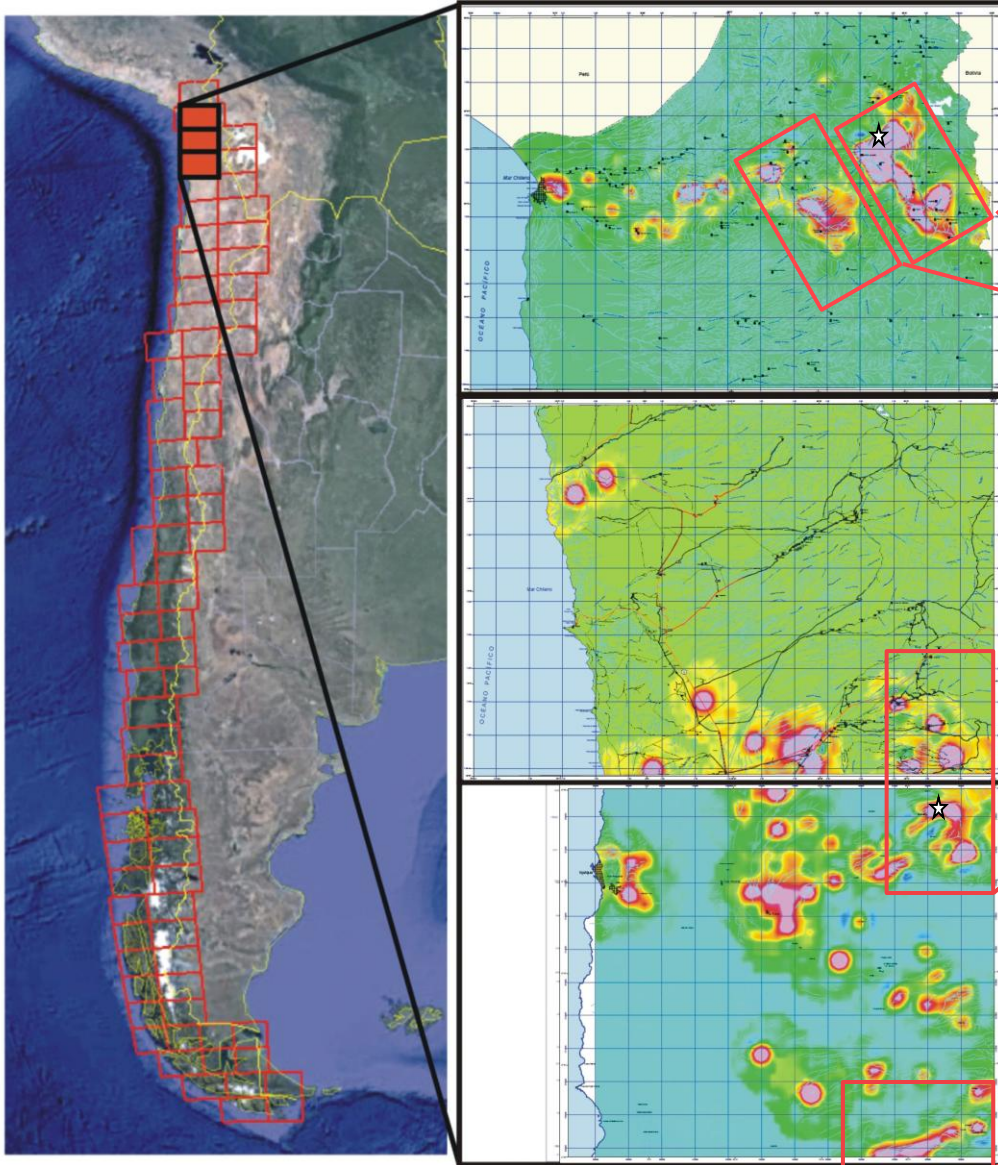
**Río Lauca:** aguas abajo de Mina Choquelimpie. Origen principalmente natural.

**Cordillera de la Costa Arica-Iquique:** Pampa Camarones (Qdas. Camarones y Vitor).

**Pisagua:** Fuerte coincidencia de anomalía con Intrusivo Pisagua. Erosión de esta unidad, escaso transporte y concentración por deflación.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique Plata (Ag)



**Río Lauca:** aguas abajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural.

**Belén – Tignamar:** actividad minera y zonas mineralizadas con alteración HT. Anomalía desplazada aguas abajo en red de drenaje.

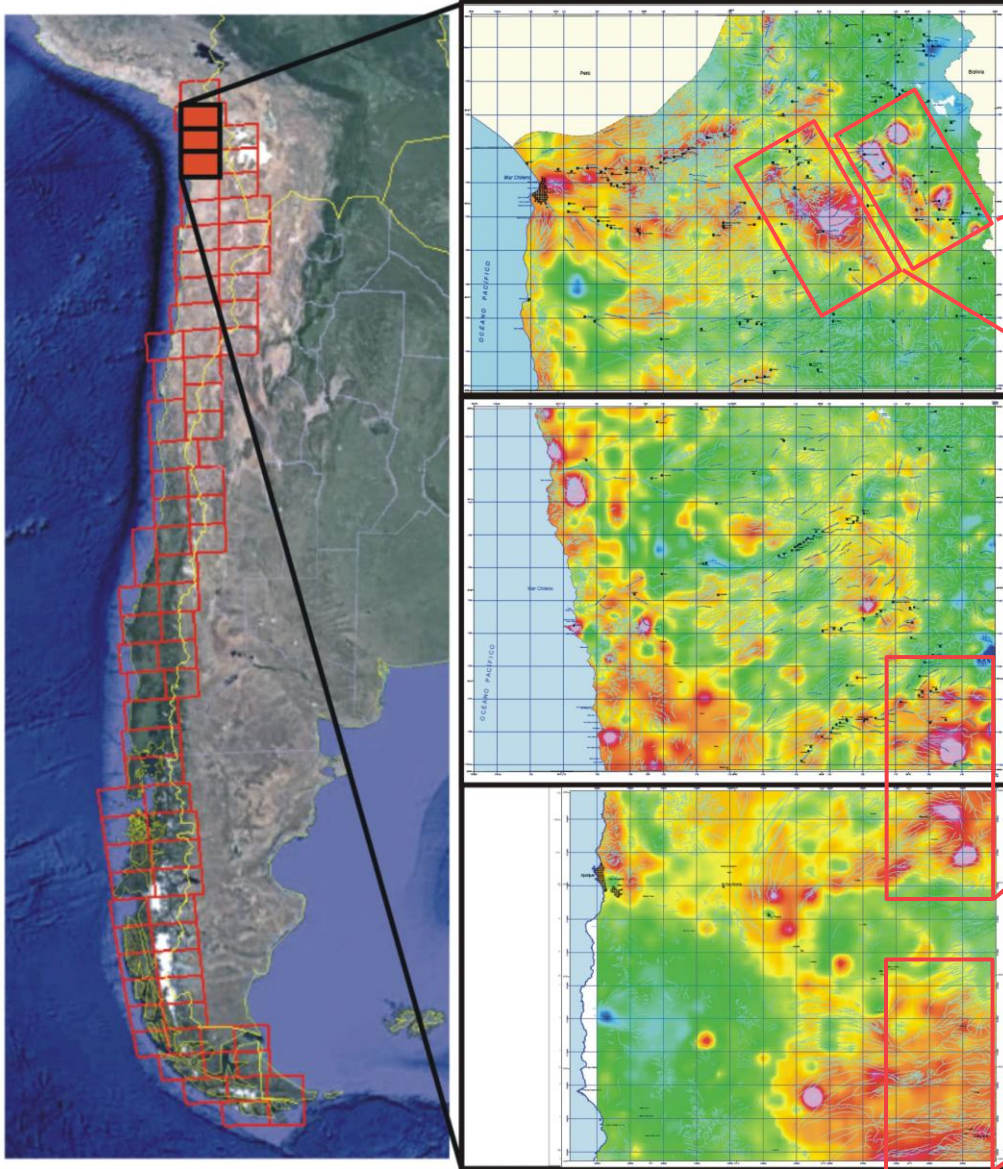
**Entorno Mina Cerro Colorado:** Sector anómalo coincidente con JKsv y Eg, con desplazamiento aguas abajo la red de drenaje (Qdas. Tarapacá y Parca) y acumulación en depocentros de la depresión central.

**Quebrada Huatacondo:** anomalía a lo largo de la quebrada Huatacondo.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Plomo (Pb)



**Río Lauca:** aguas abajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural.

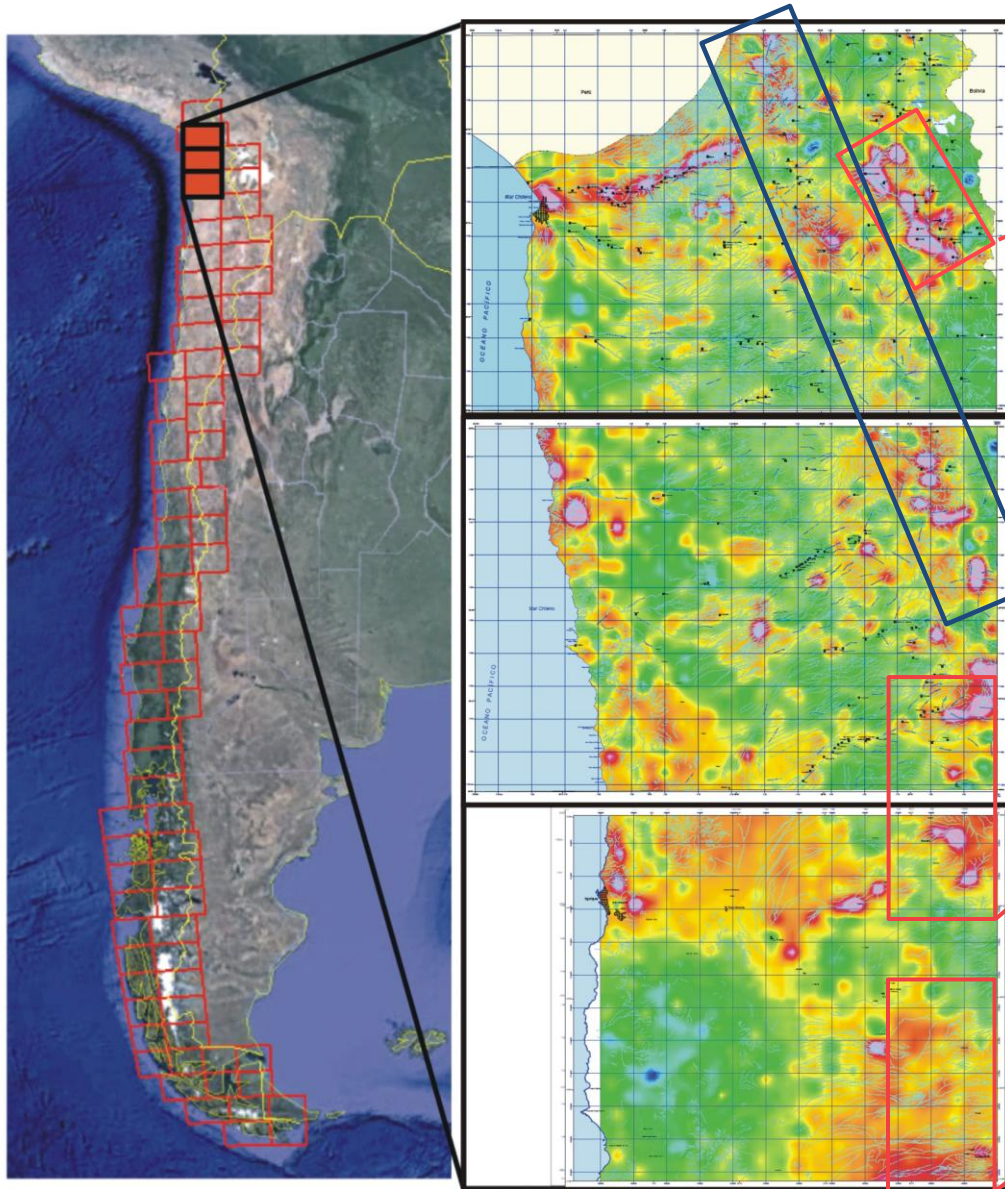
**Belén – Tignamar:** actividad minera y zonas mineralizadas con alteración HT. Anomalía desplazada aguas abajo en red de drenaje.

**Entorno Mina Cerro Colorado:** Sector anómalo coincidente con JKsv y Eg, con desplazamiento aguas abajo la red de drenaje (Qdas. Tarapacá y Parca) y acumulación en depocentros de la depresión central.

**Qdas. Chacarillas – Huatacondo:** Transporte aguas abajo desde zonas anómalas y/o mineras ubicadas en las quebradas.

# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Zinc (Zn)



**Río Lauca:** aguas abajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural.

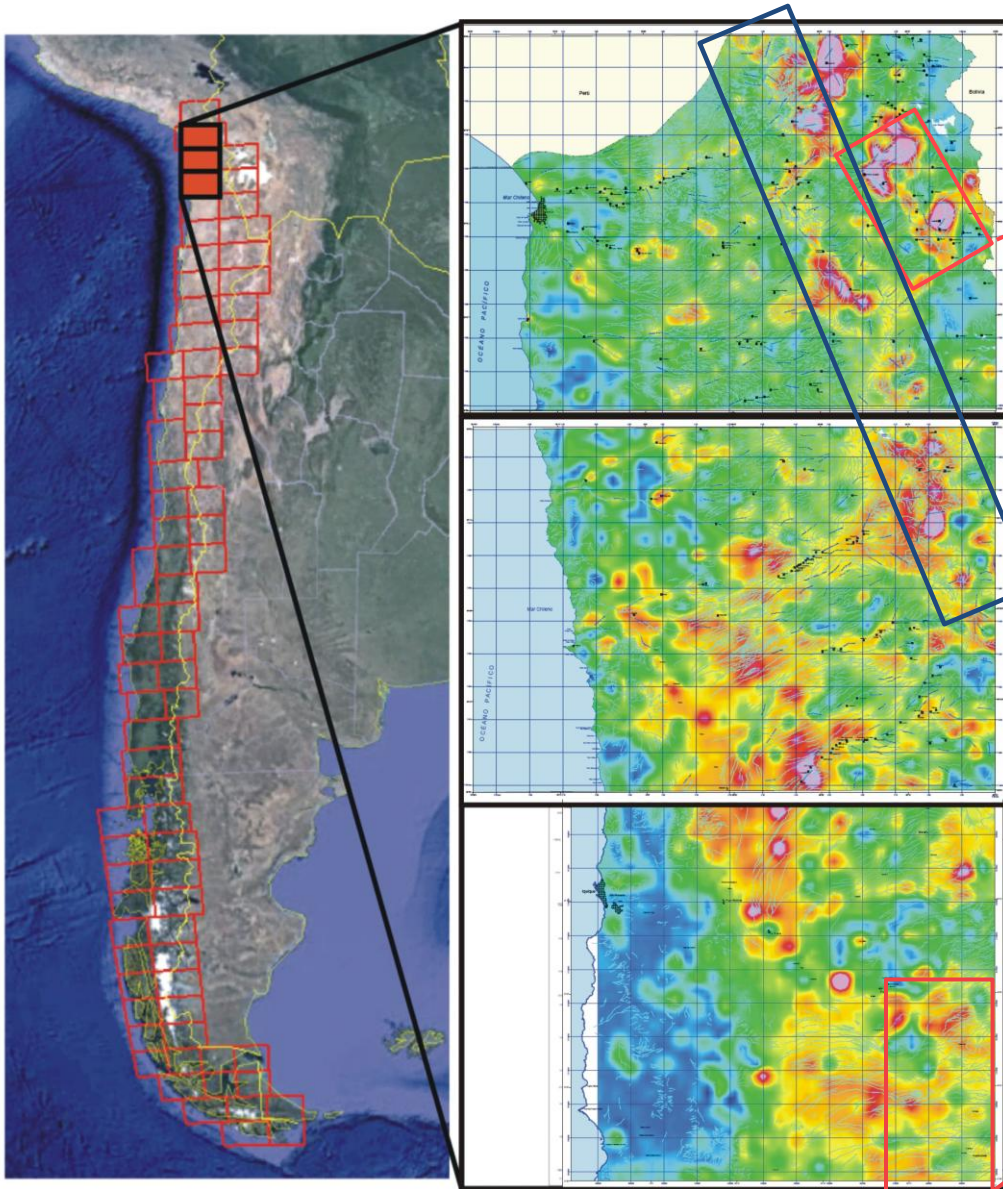
**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Entorno Mina Cerro Colorado:** Sector anómalo coincidente con JKsv y Eg, con desplazamiento aguas abajo la red de drenaje (Qdas. Tarapacá y Parca) y acumulación en depocentros de la depresión central.

**Qdas. Chacarillas – Huatacondo:** Transporte aguas abajo desde zonas anómalas y/o mineras ubicadas en las quebradas.

# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Mercurio (Hg)



**Río Lauca:** aguas abajo de Mina Cohoquelimpie. Origen principalmente natural.

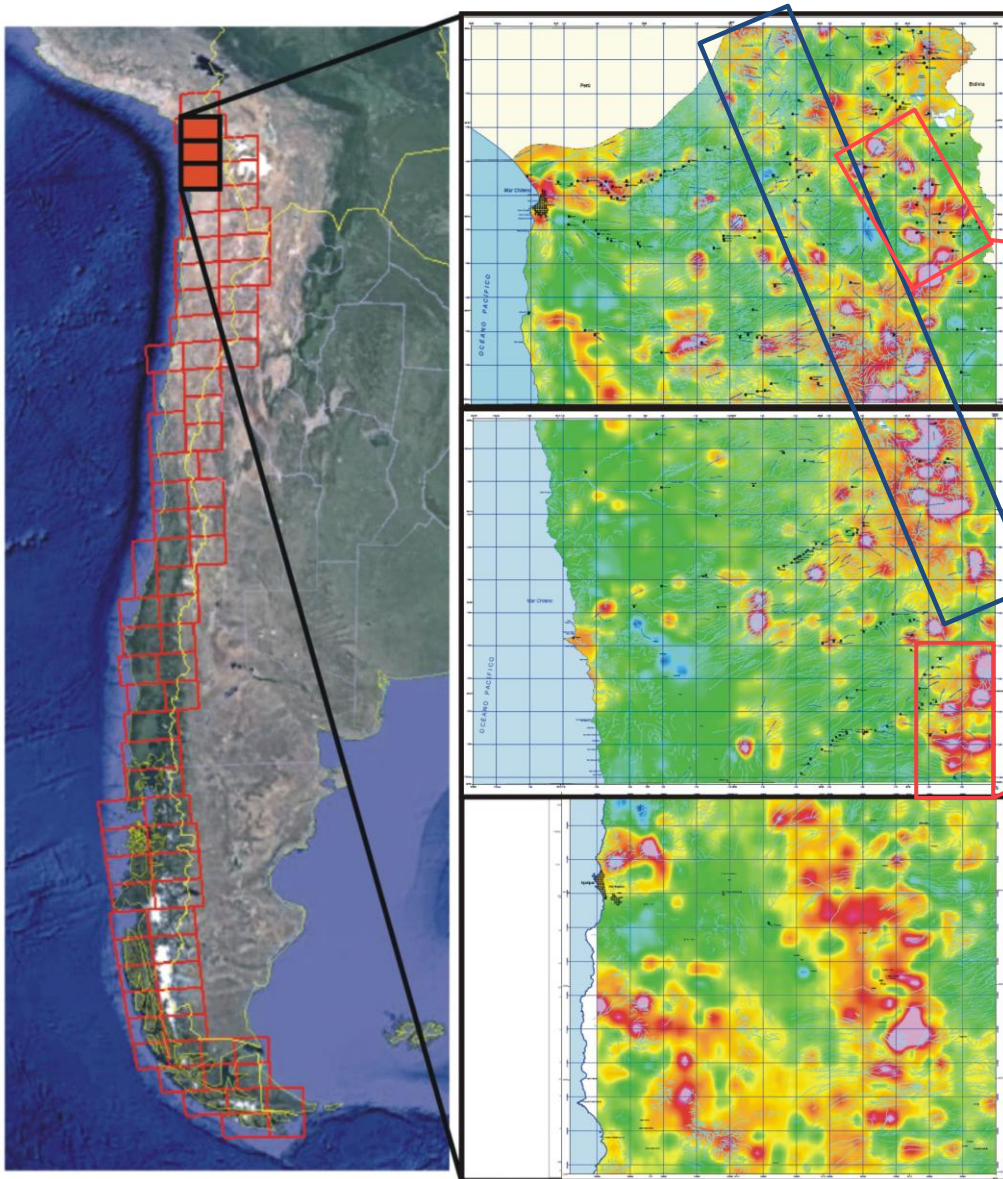
**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Qdas. Chacarillas – Huatacondo:**  
Transporte aguas abajo desde zonas anómalas y/o mineras ubicadas en las quebradas.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Fierro (Fe)



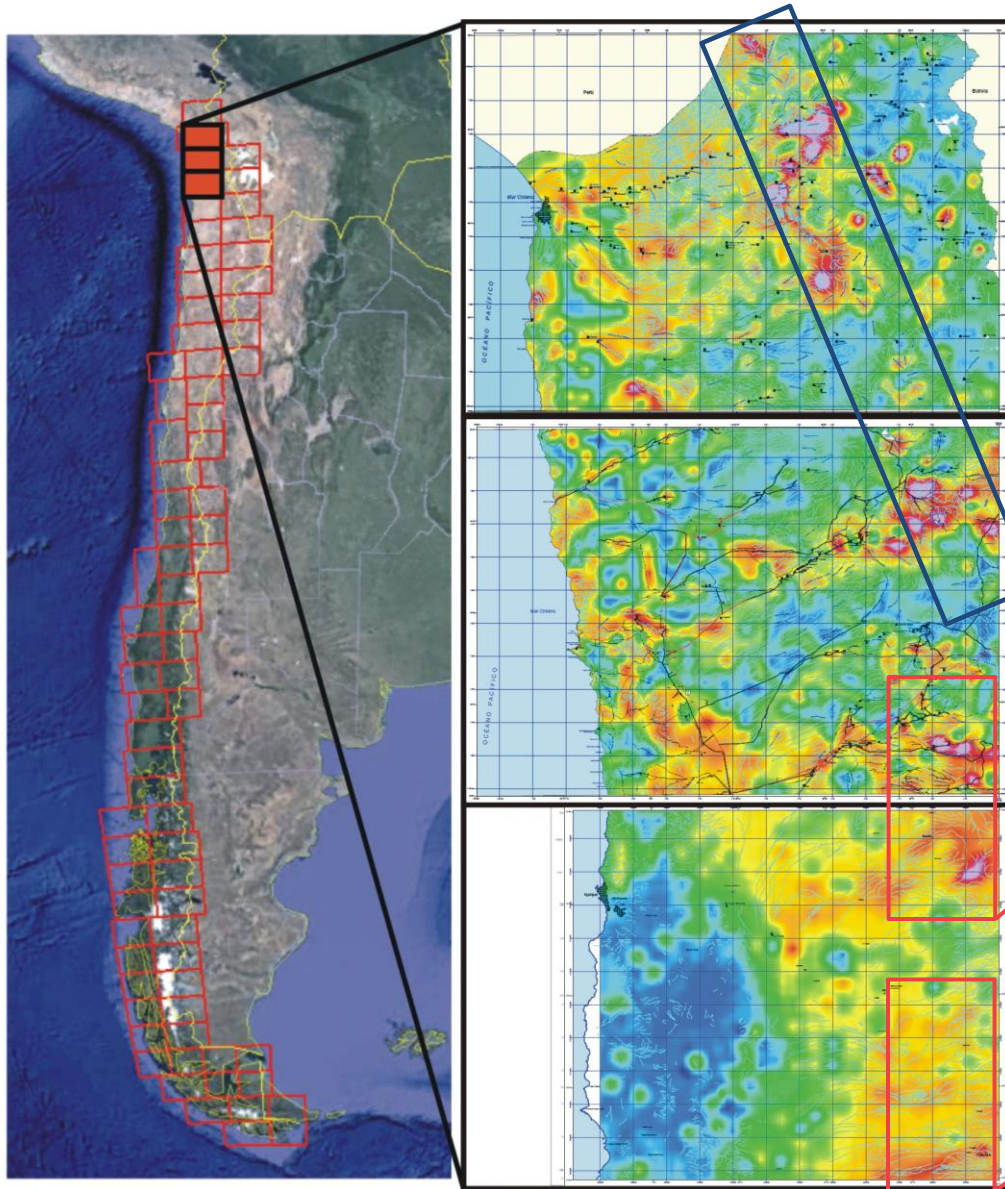
**Río Lauca:** aguas abajo de Mina Cohoquelimpie. Origen natural y antrópico (minería).

**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Norte Mina Cerro Colorado:** Sector anómalo coincidente con JKsv y Eg.



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique Bismuto (Bi)



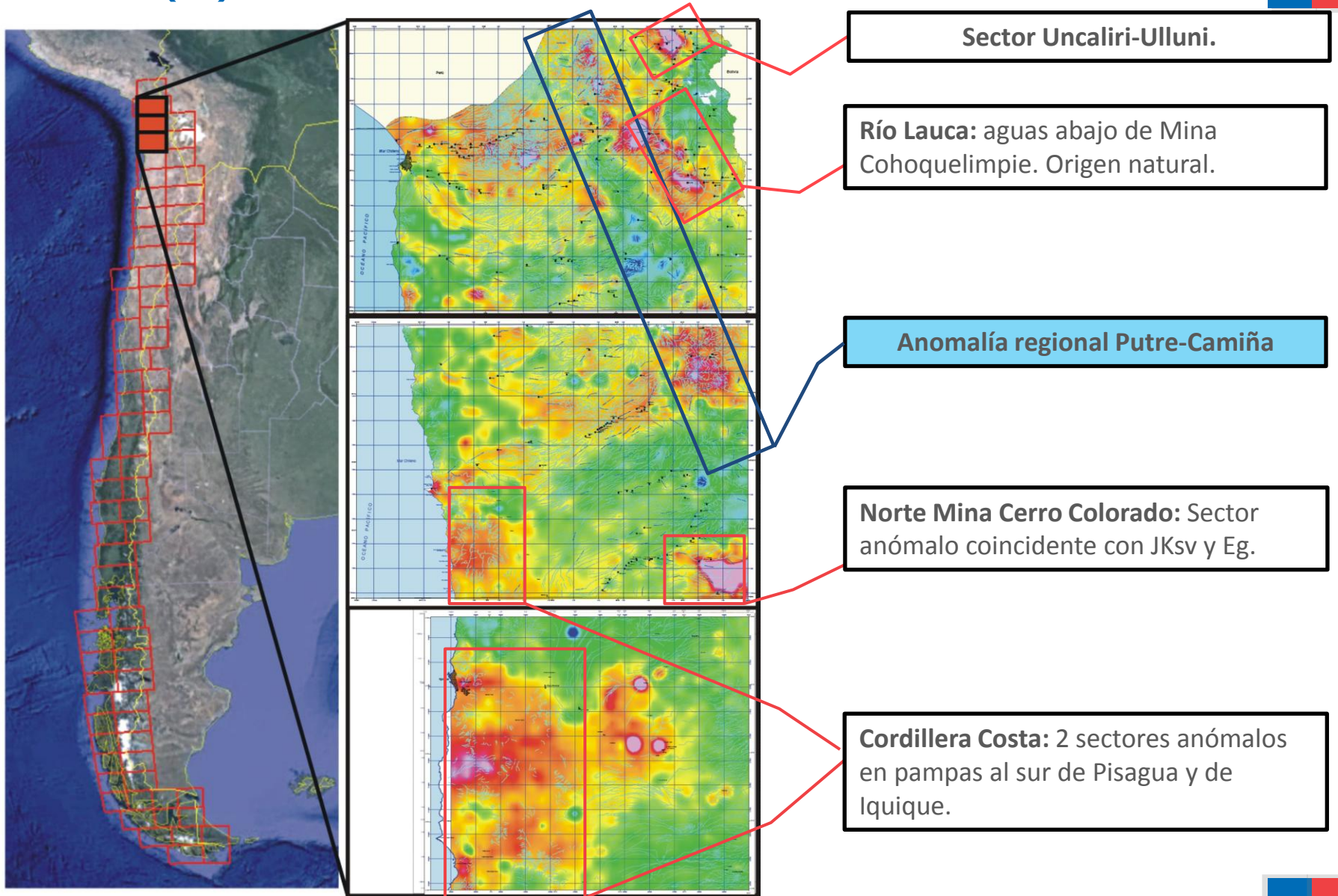
**Anomalía regional Putre-Camiña**

**Entorno Mina Cerro Colorado:** Sector anómalo coincidente con JKsv y Eg, con desplazamiento aguas abajo la red de drenaje (Qdas. Tarapacá y Parca) y acumulación en depocentros de la depresión central.

**Qdas. Chacarillas – Huatacondo:** Transporte aguas abajo desde zonas anómalas y/o mineras ubicadas en las quebradas.

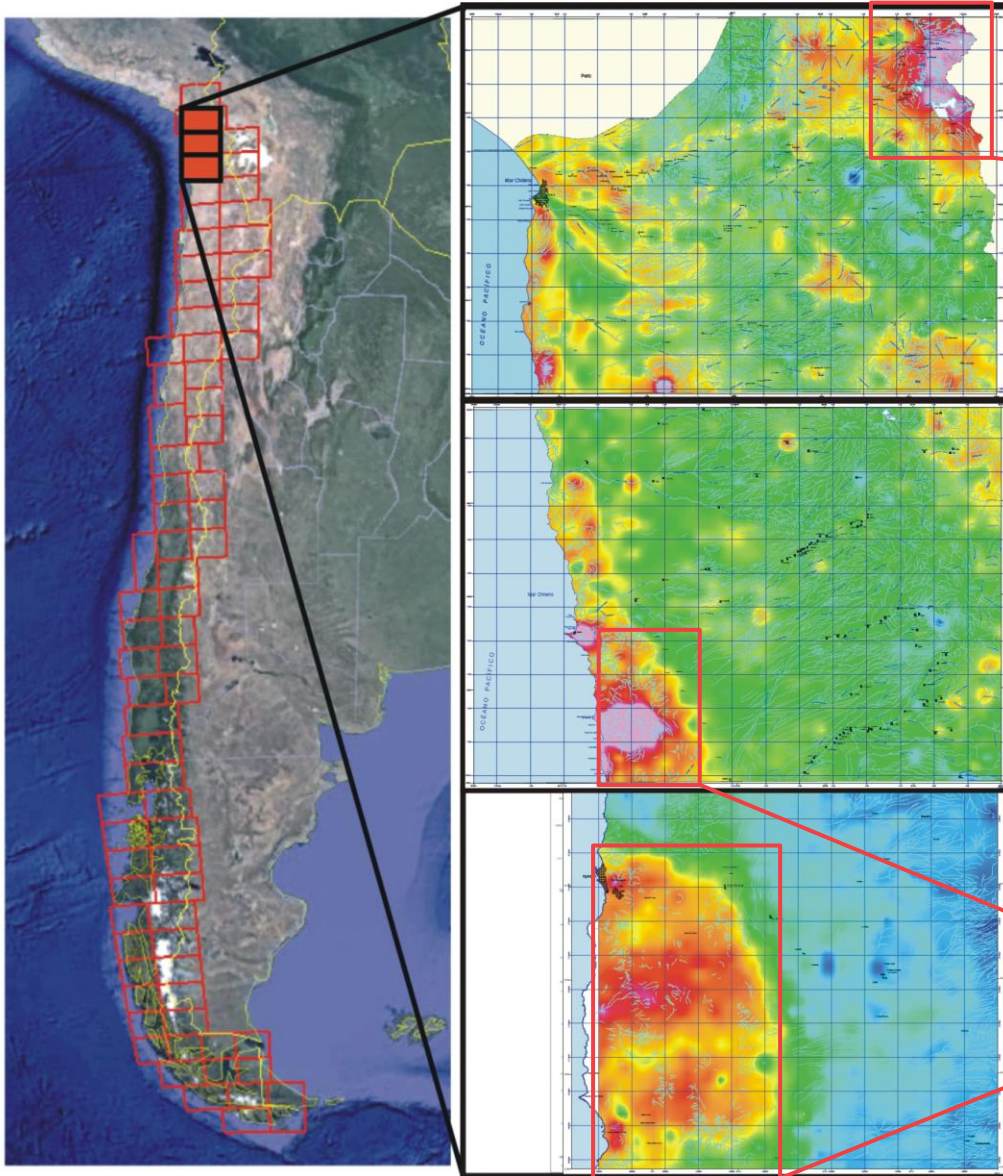


# Hojas Arica-Pisagua-Iquique Uranio (U)



# Hojas Arica-Pisagua-Iquique

## Fósforo (P)



**Norte Lago Chungara:** Refleja litología rica en rocas máficas.

**Cordillera Costa:** 2 sectores anómalos en pampas al sur de Pisagua y de Iquique.





## Muestreo

Muestreo según grilla regular no funciona debido a topografía.

### Estrategia de Muestreo:

Definir cuencas de orden 2 a 3.  
Obtener muestras desde el ápice de las cuencas.

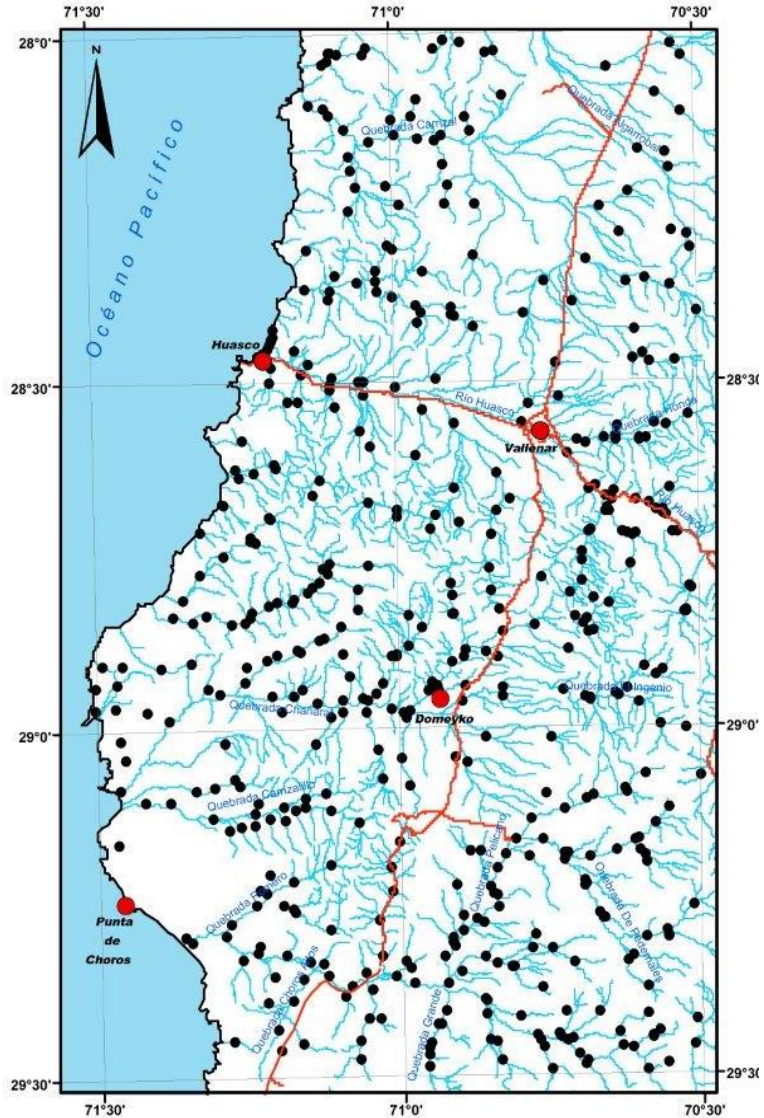
### Puntos de muestreo:

Hoja La Serena: 624.

Hoja Vallenar: 501.

Cobertura cercana al 90%.

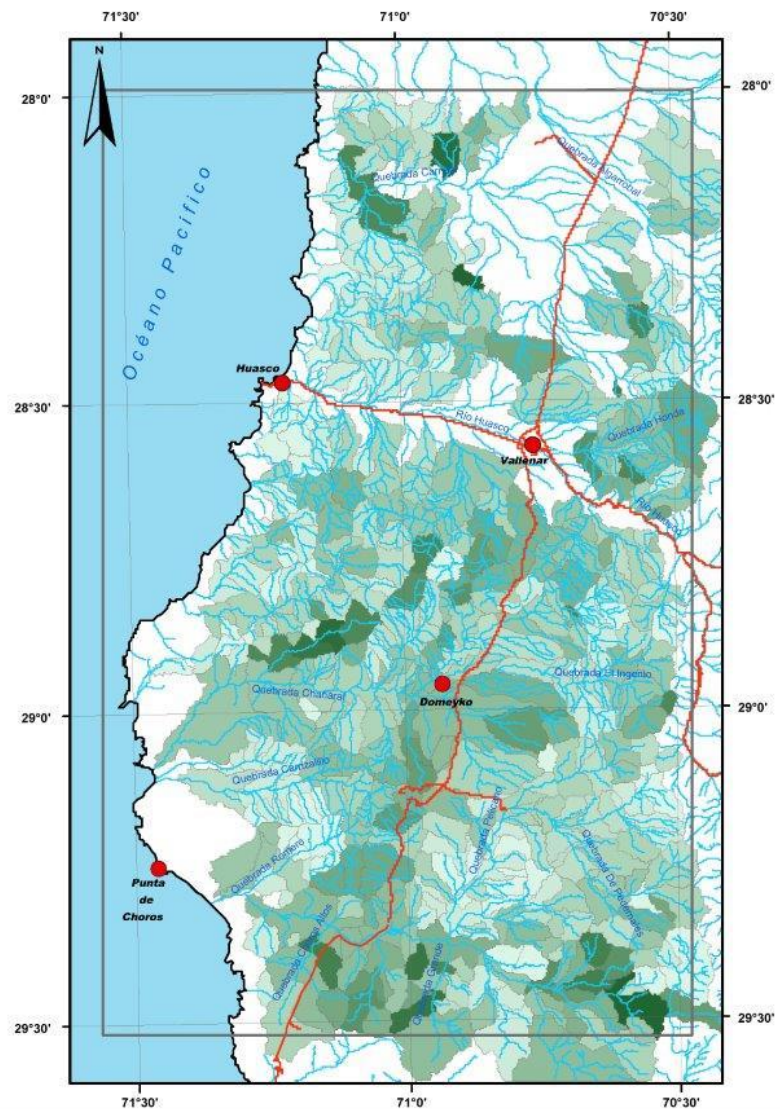
# Hoja Vallenar- Mapa de Cuencas de Molibdeno (Mo)



## SIMBOLOGÍA

- Punto de muestreo
- Centros Poblados
- Rutas Principales
- Quebrada

0 5 10 15 20  
Kilómetros



## LEYENDA

Concentración media de molibdeno (Mo)  
en cuencas hidrográficas de segundo orden

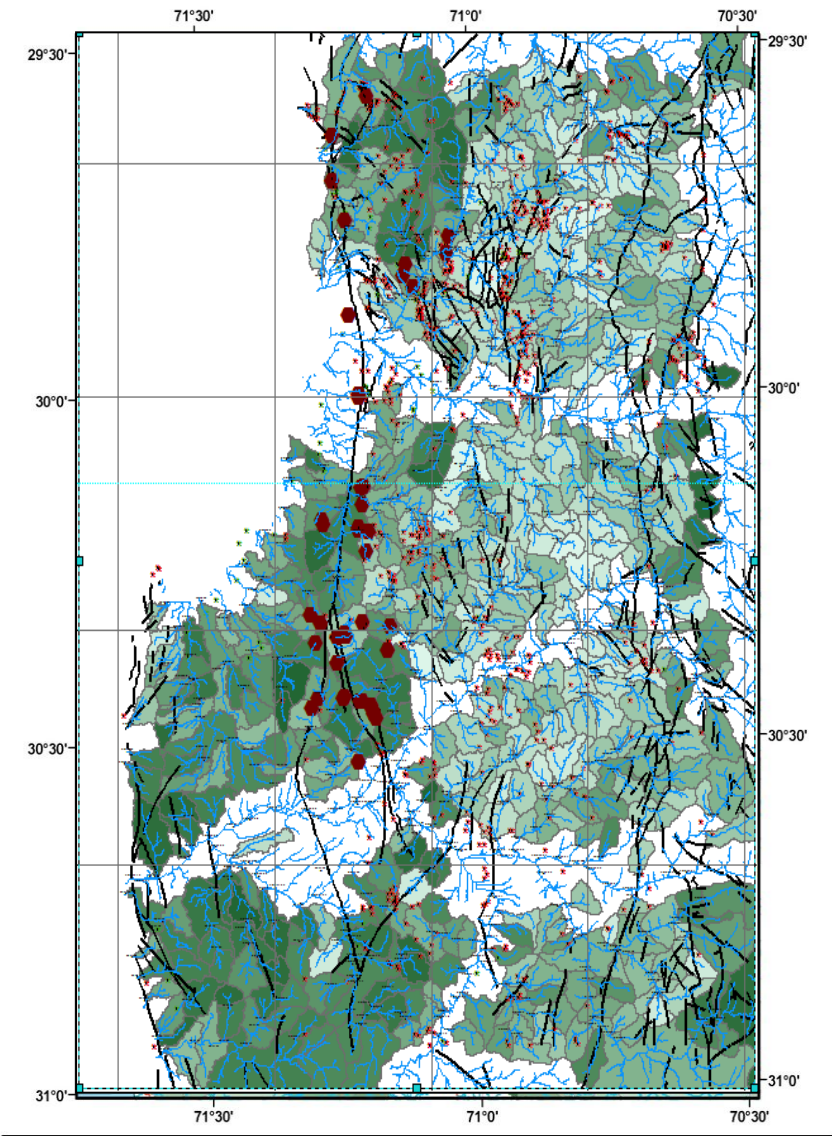
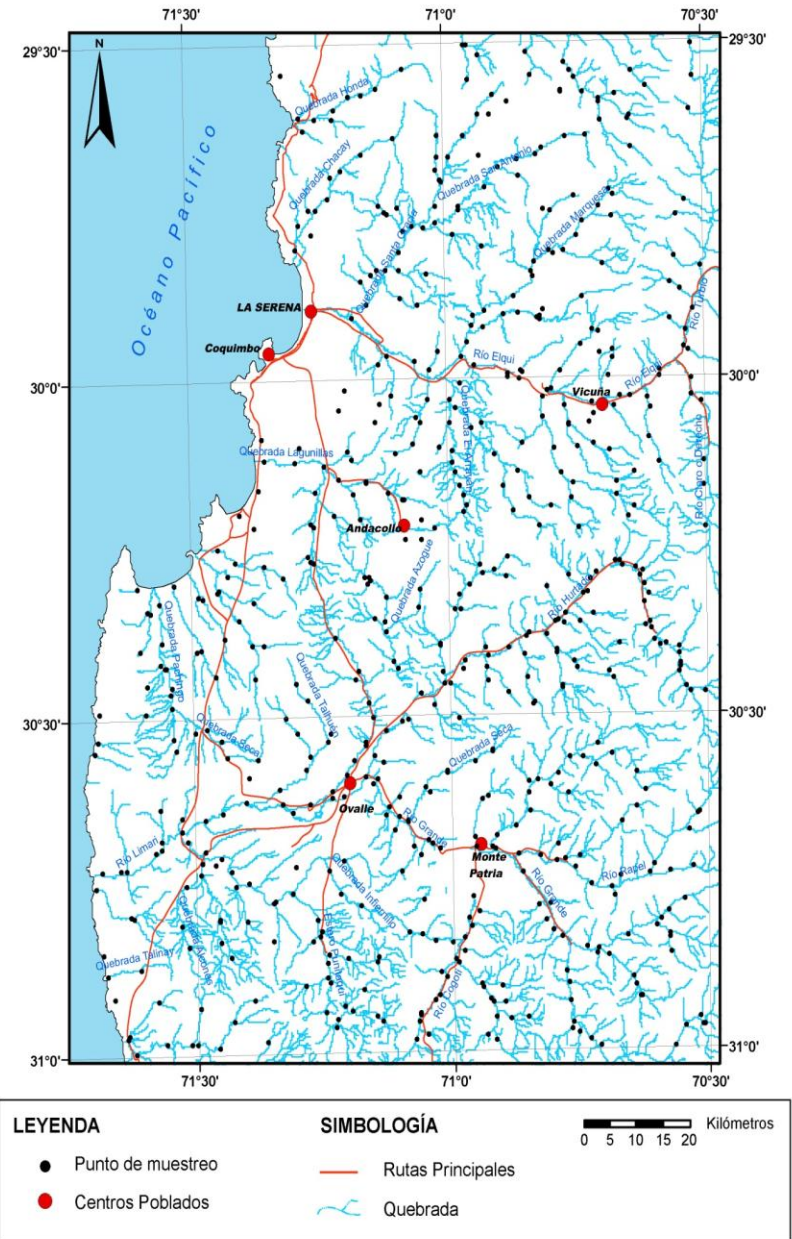
0,1 ppm 48,4 ppm

## SIMBOLOGÍA

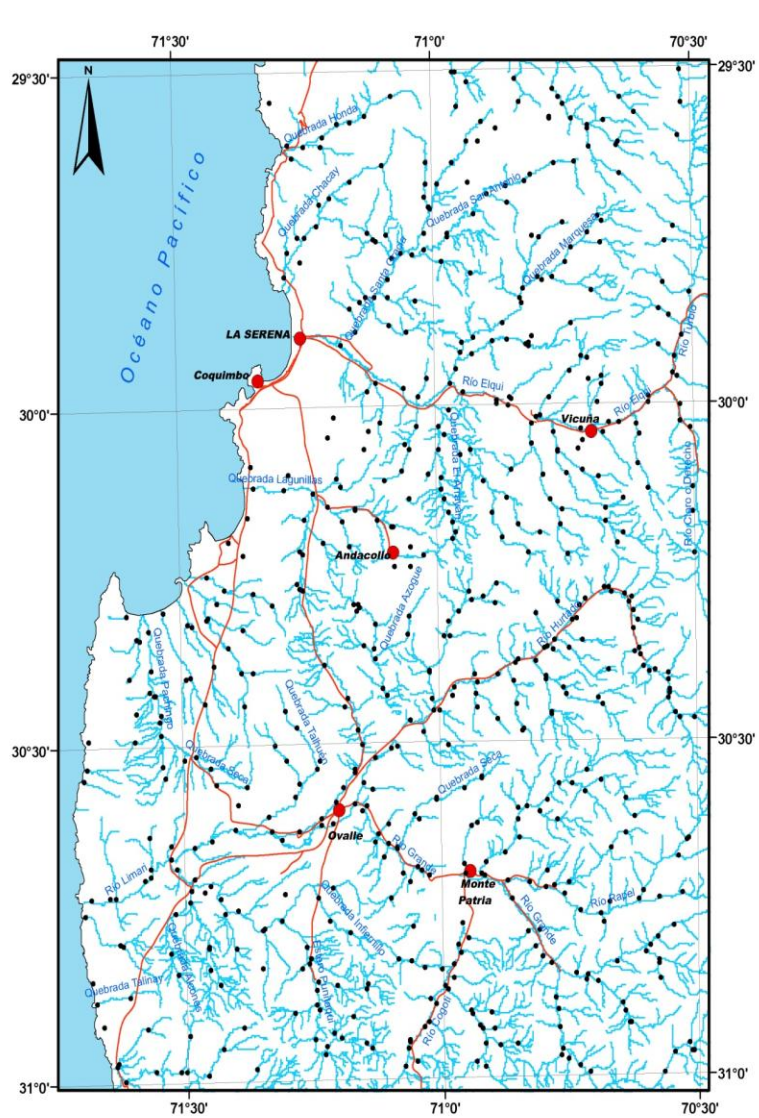
- Rutas Principales
- Quebrada
- Centros Poblados
- Hoja Vallenar

0 5 10 15 20  
Kilómetros

# Hoja La Serena – Fierro (Fe)



# Hoja La Serena – Cerio (Ce) – “Tierras raras”



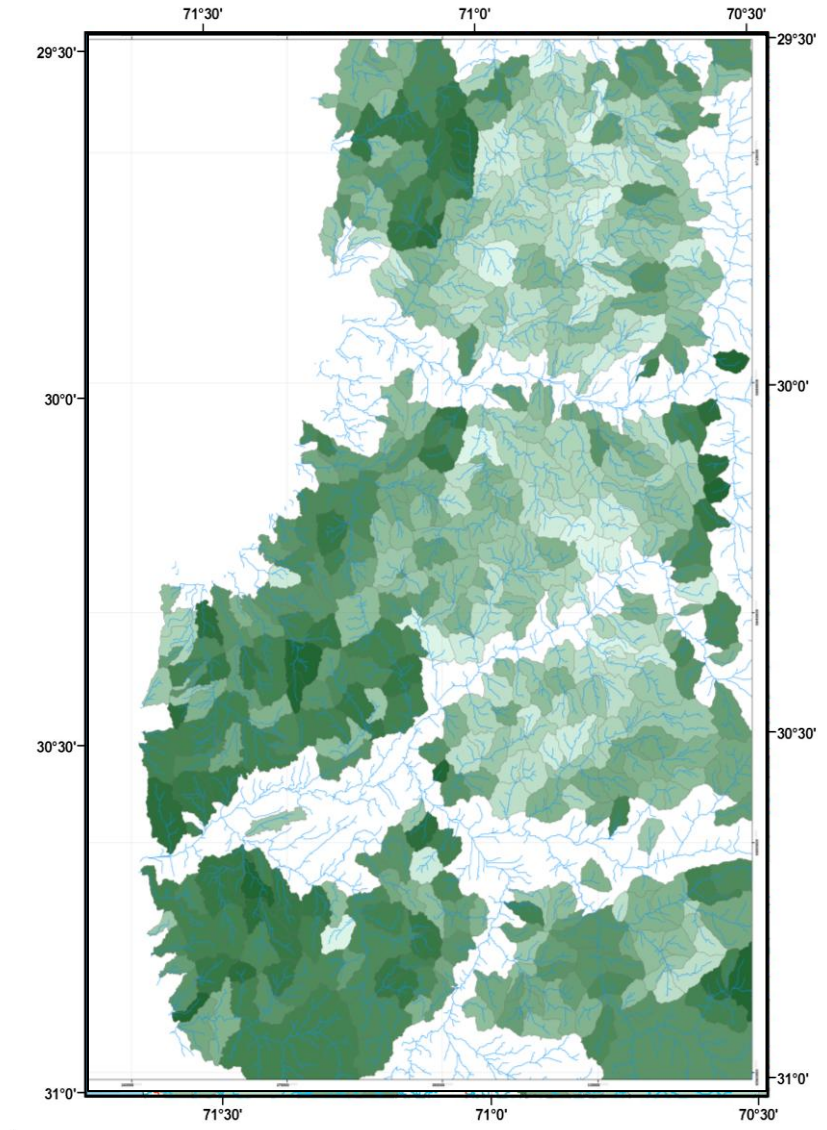
## LEYENDA

- Punto de muestreo
- Centros Poblados

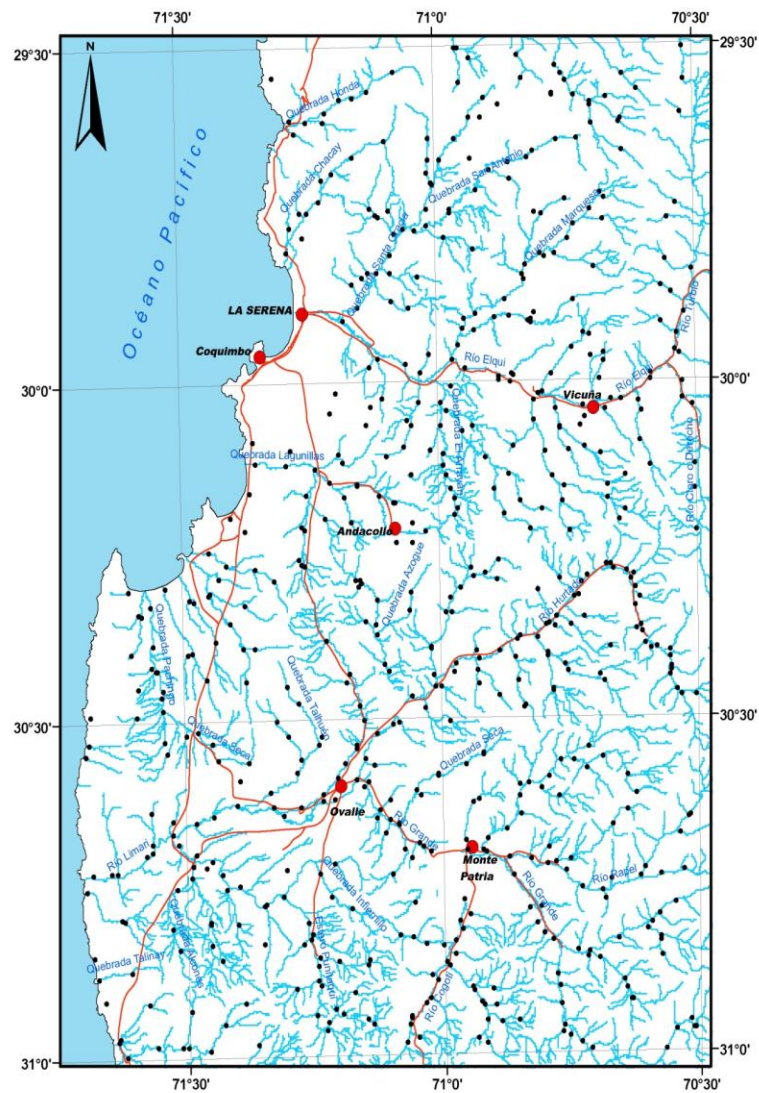
## SIMBOLOGÍA

- Rutas Principales
- ~ Quebrada

0 5 10 15 20 Kilómetros



# Hoja La Serena – Cobre (Cu)



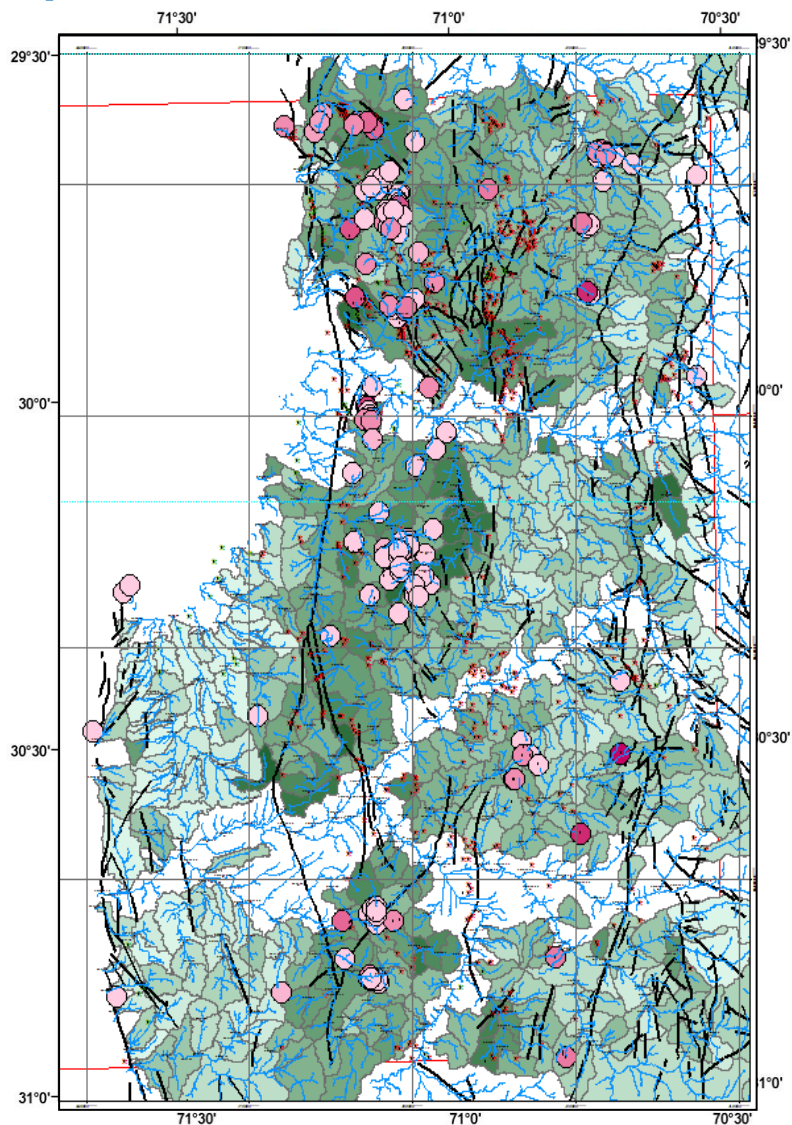
## LEYENDA

- Punto de muestreo
- Centros Poblados

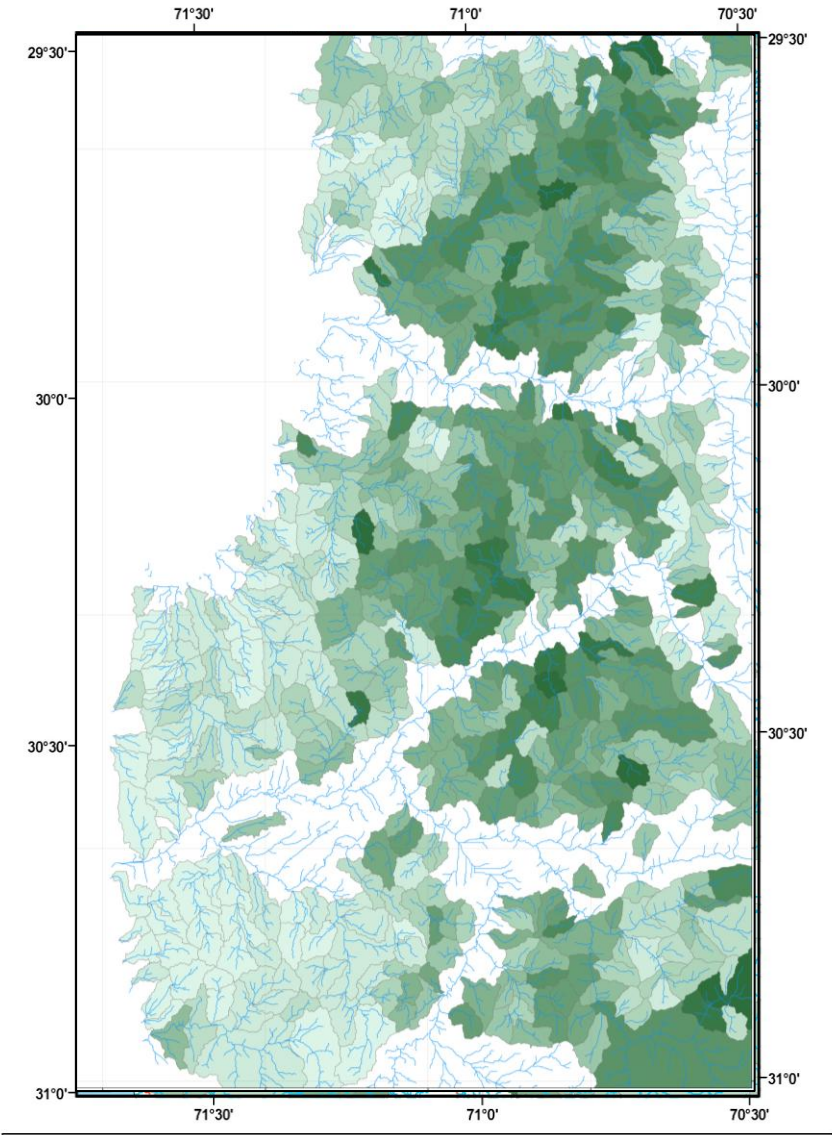
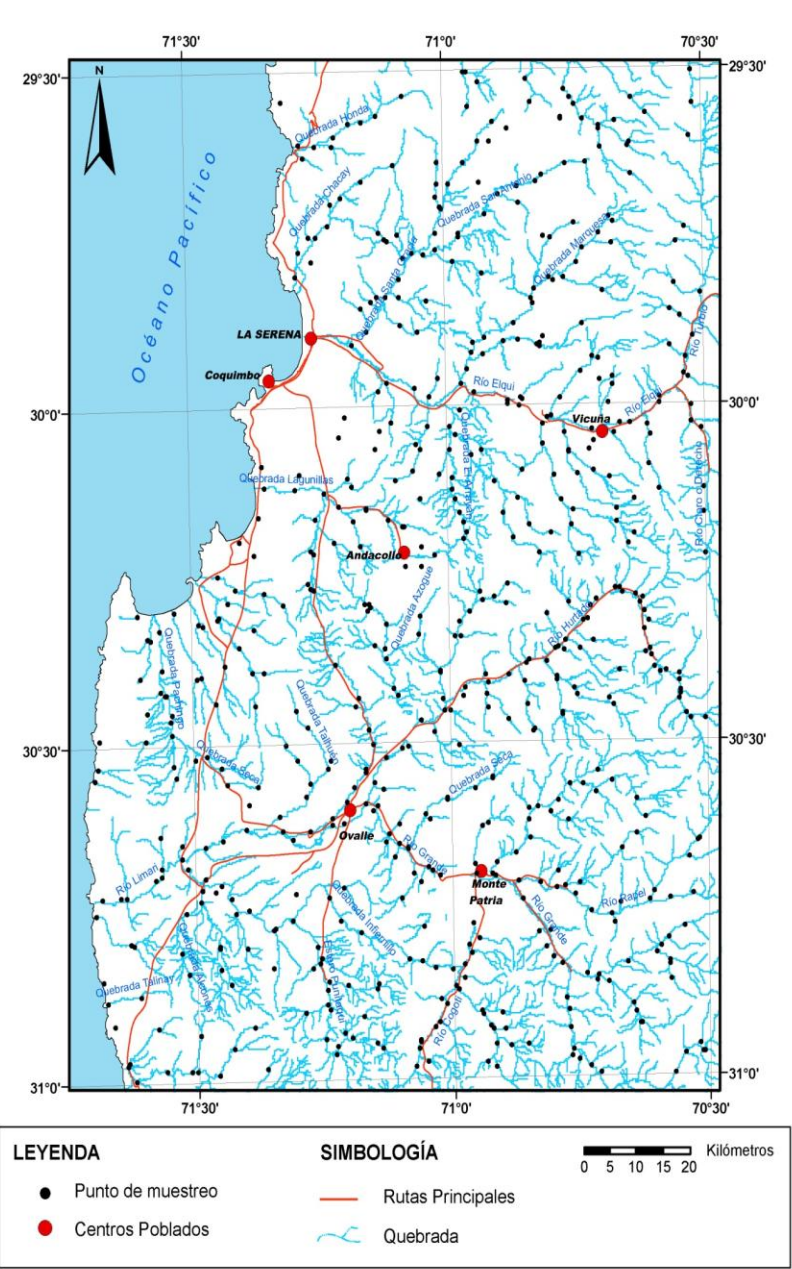
## SIMBOLOGÍA

- Rutas Principales
- ~ Quebrada

0 5 10 15 20 Kilómetros

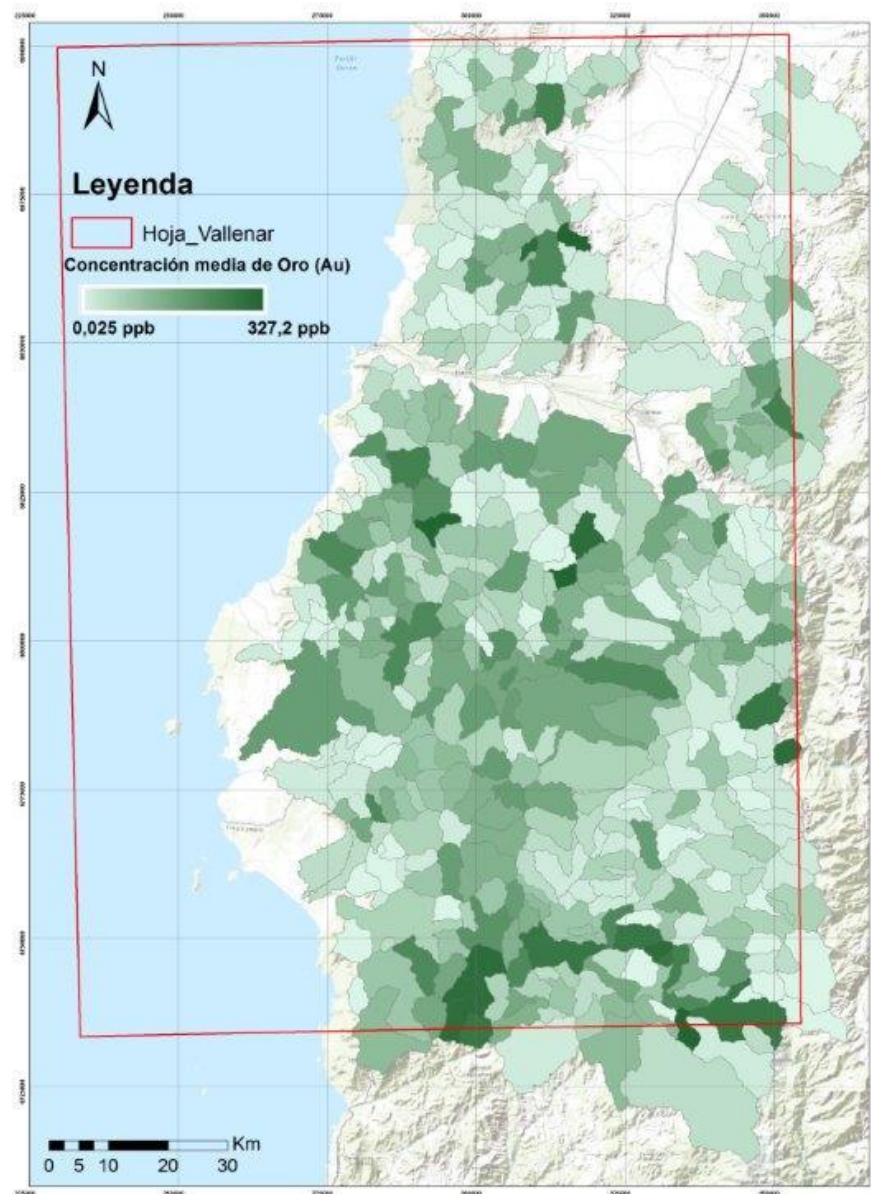
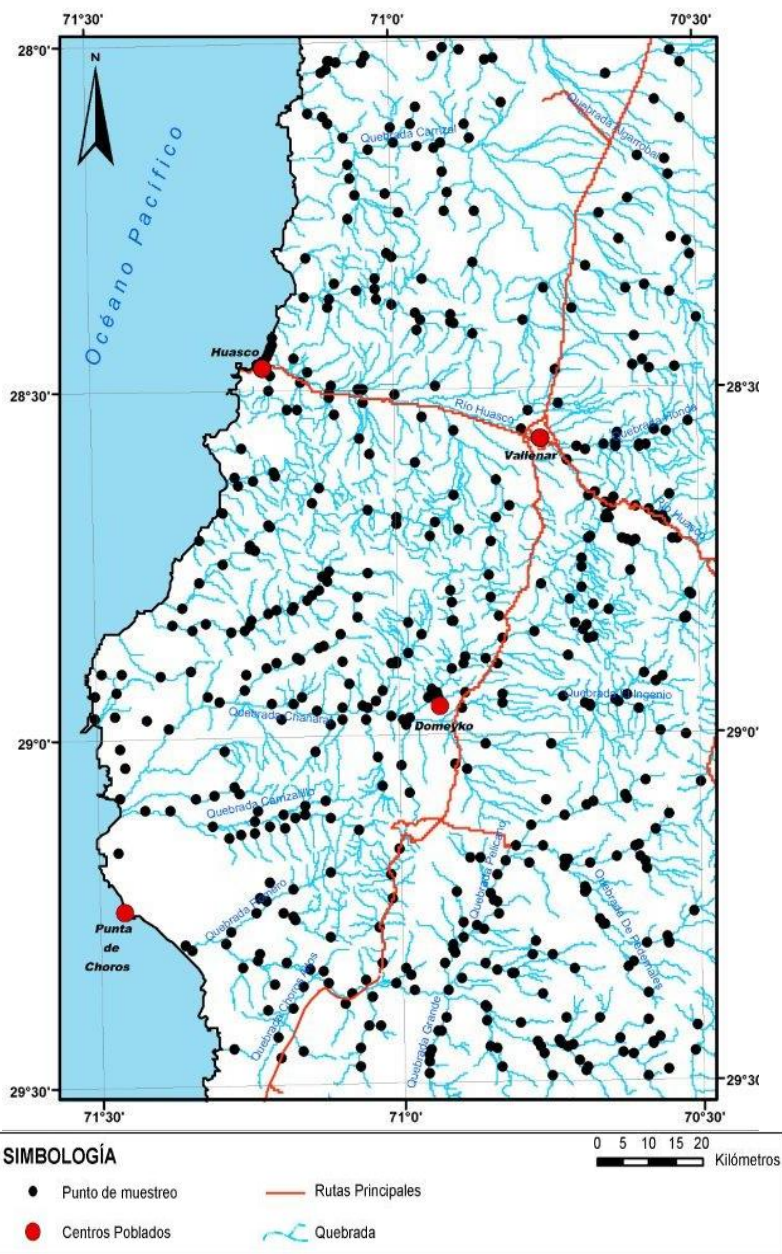
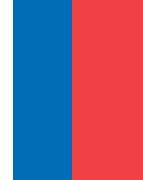


# Hoja La Serena – Arsénico (As)





# Hoja Vallenar – Oro (Au)





# Indice de Anomalías



## **Desafío:**

Integrar información geoquímica para definir cuencas anómalas.

## **Estrategia principal:**

Utilización de método estadístico avanzado (redes neuronales artificiales).

## **Resultados:**

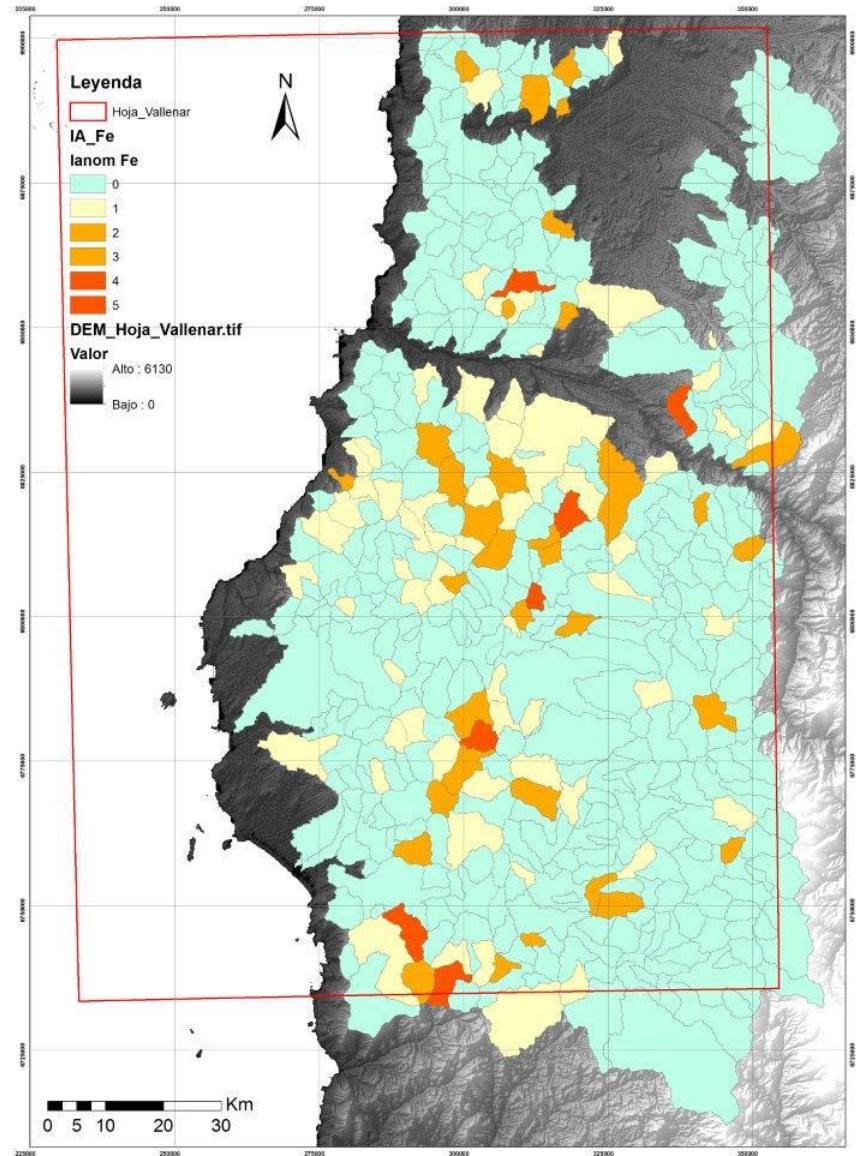
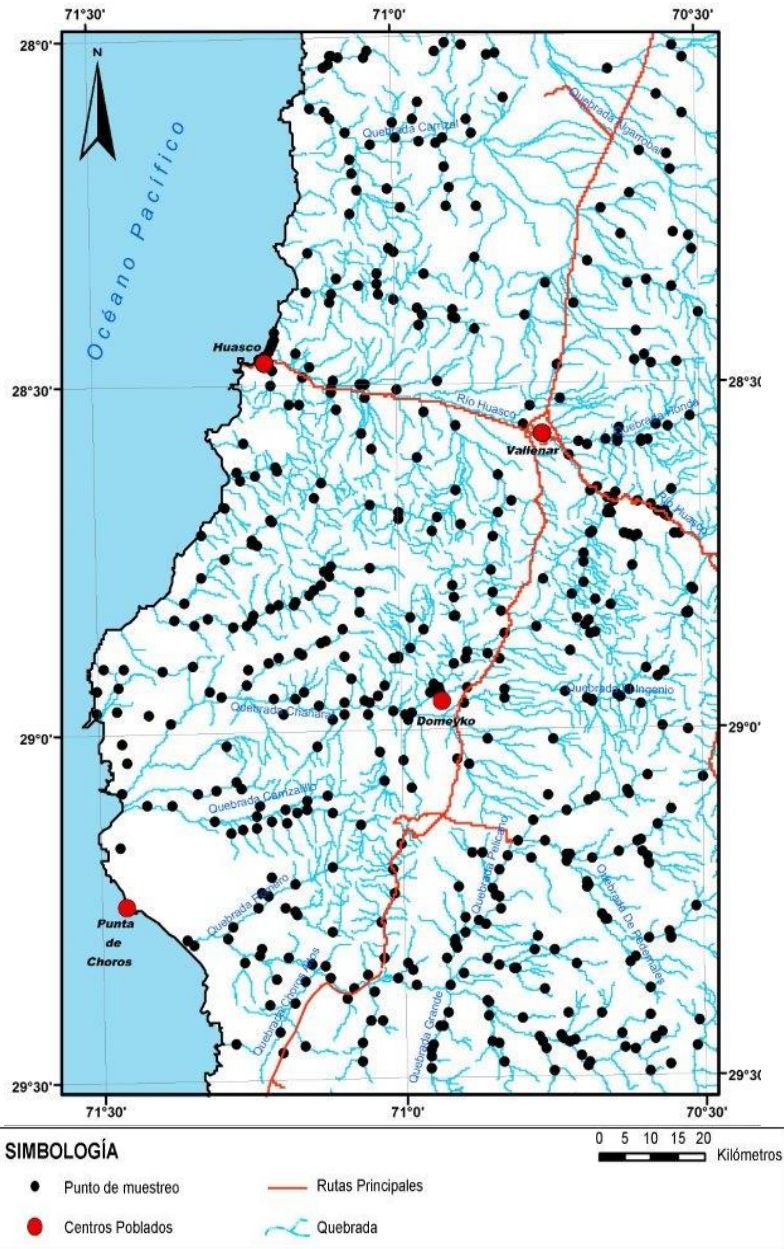
Indice de Anomalía de Fierro: Fe – P – W – V – Cr – Co – Ni – W – Ta

Indice de Anomalía de Oro- Cobre: Au – Ag – Pb – Zn – Cu – Mo – S – Se –  
Hg – As – Sb – Cd – Bi – Tl – Cs

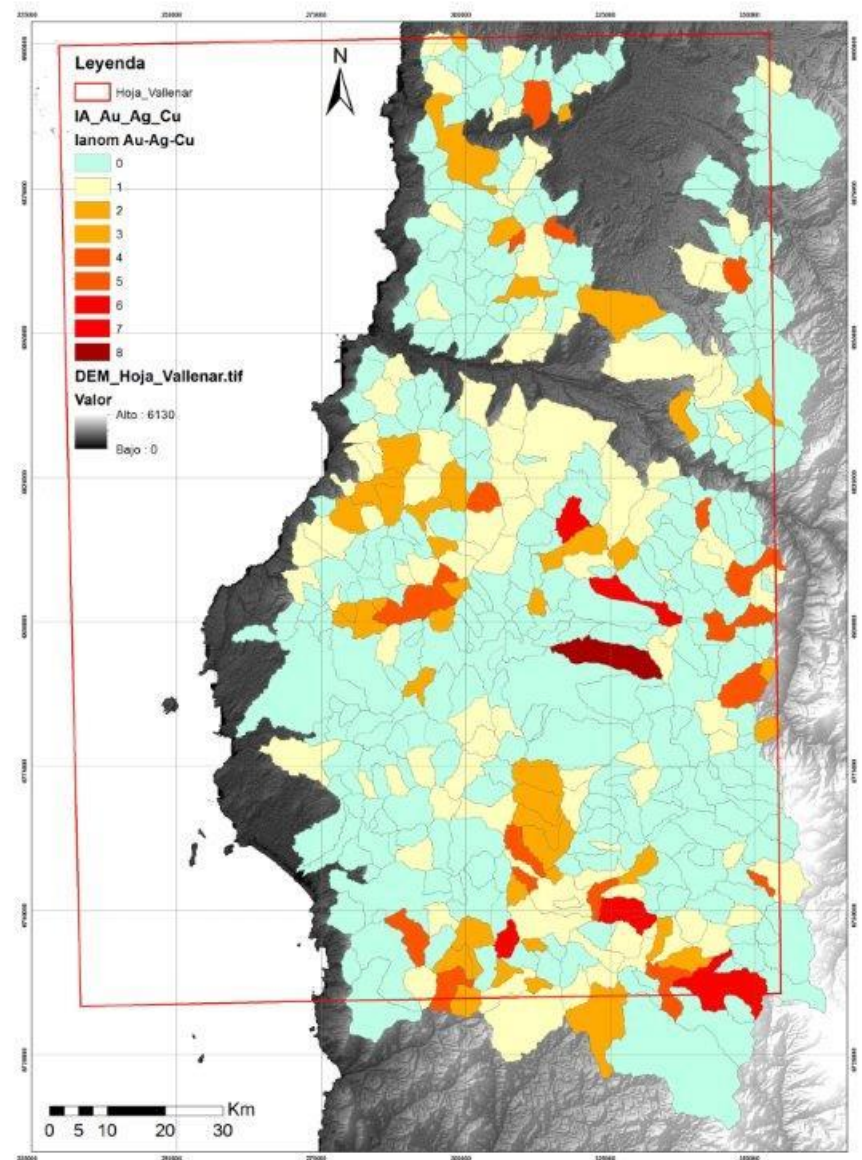
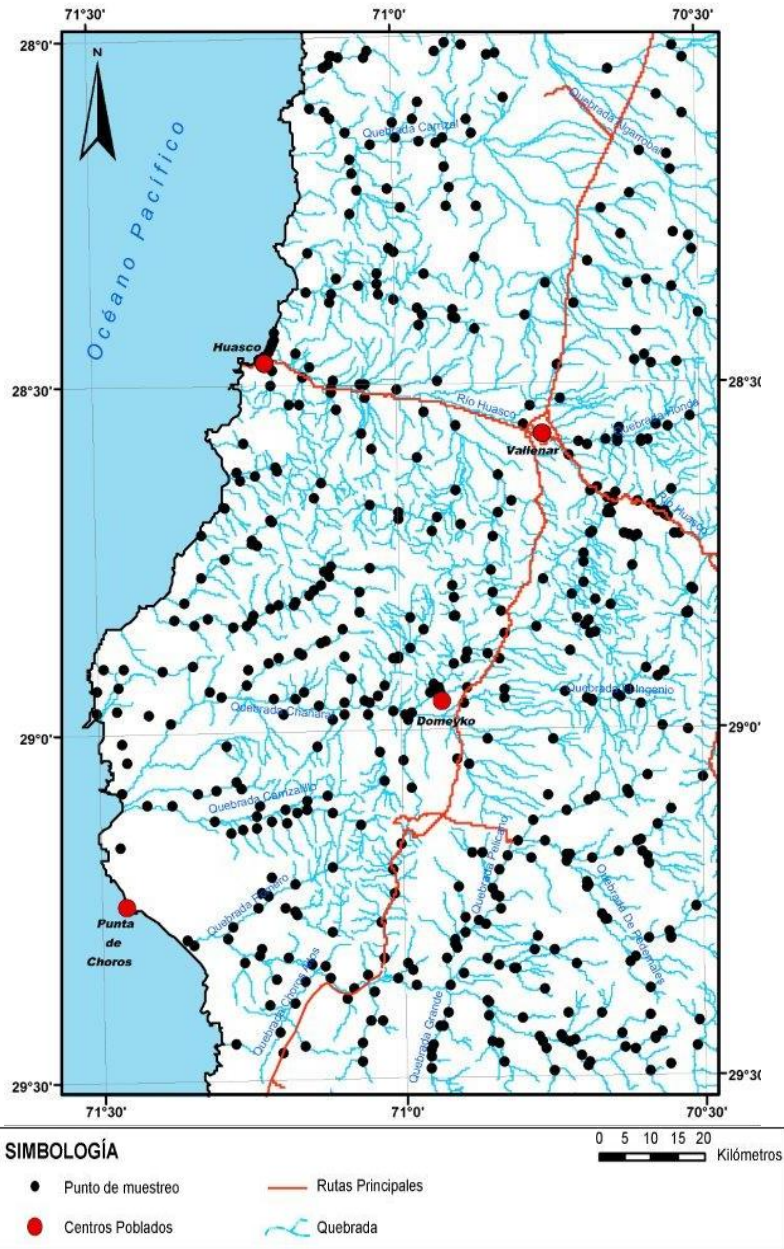
**Mapas de Indices de Anomalías.**



# Hoja Vallenar– Índice de Anomalía de Fierro (Fe)



# Hoja Vallenar– Índice de Anomalía de Oro-Cobre (Au-Cu)



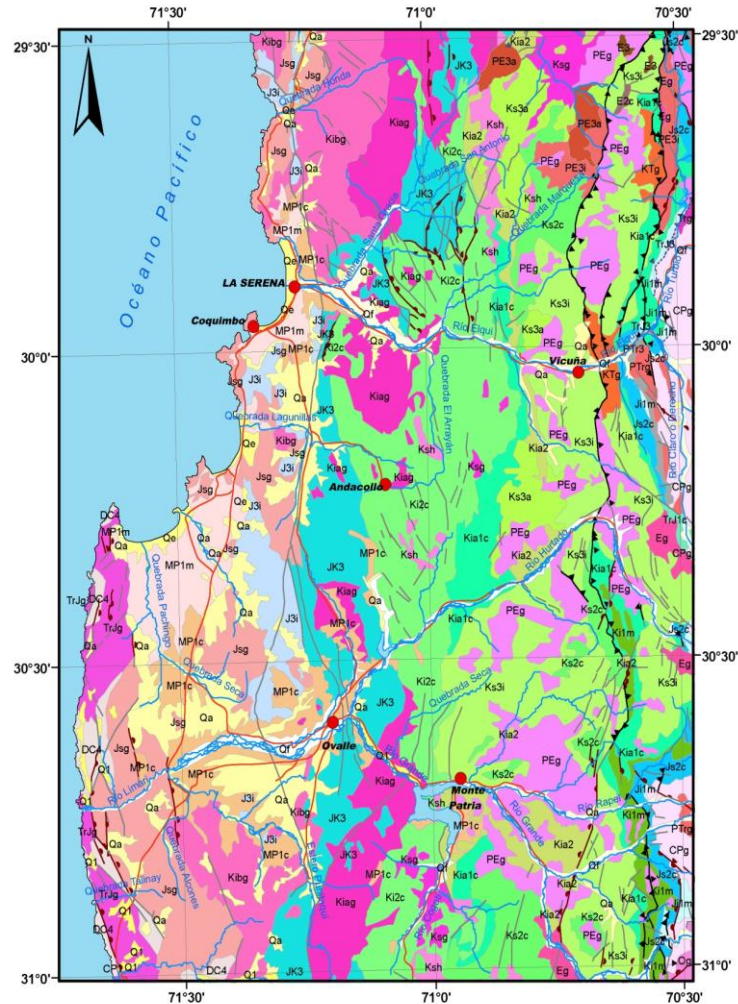


| Response | U.S. should take action | U.S. should not take action |
|----------|-------------------------|-----------------------------|
| Yes      | ~75%                    | ~25%                        |
| No       | ~25%                    | ~75%                        |

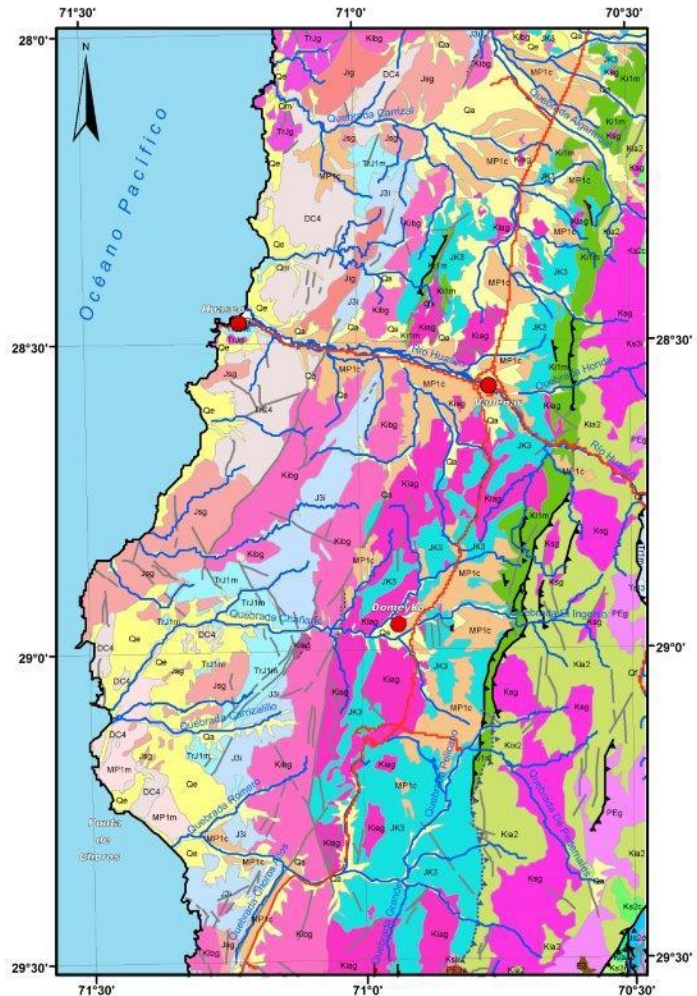
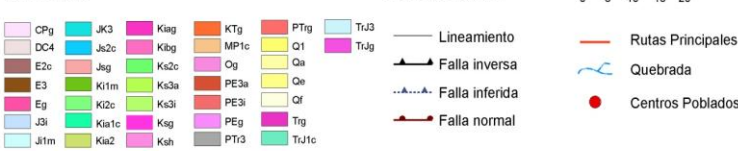


— Rutas Principales  
Quebrada

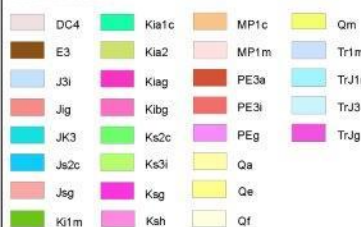
# Marco Geológico- Hojas La Serena y Vallenar



## LEYENDA



## LEYENDA



## SIMBOLOGÍA



0 5 10 15 20 Kilómetros

# Unidad de Geoquímica – MUCHAS GRACIAS!!

