



# CONTAMINACIÓN DE SUELOS EN LAS COMUNAS QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ, REGIÓN DE VALPARAÍSO

PGS Chile



V Región

Puchuncavi

San Felipe

Valparaíso

Villa Alemana

Región Metropolitana

Santiago

San Antonio

Melipilla

Ubicación

US Dept of State Geographer  
© 2018 Google

Image Landsat / Copernicus  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google Earth

# Historia del CIV

De diez informes, nueve son favorables a Quintero y en uno hay empate de opiniones

Texto de la exposición que hizo el presidente del Centro para el Progreso, don Gastón Ossa S. M., respecto de los estudios hechos para ir a la instalación de la Refinería de Cobre.

## Asamblea para Estudiar la Ubicación de la Fundición y Refinería de Cobre

Por la premura del tiempo, es posible que algunas personas o instituciones no reciban oportunamente nuestra invitación especial. Por este motivo, se encarece la asistencia a la asamblea que se celebrará el lunes 22 del presente, a las 18.30 horas, en el Aula Magna de la Escuela de Derecho de la Universidad de Chile, Avenida Errázuriz entre Freire y General Cruz, para estudiar a la luz de los informes técnicos y contemplando los altos intereses nacionales, la mejor ubicación de la fundición y refinería de cobre destinada a servir a la pequeña y mediana minería de la zona central del país.

Se invita especialmente a este acto cívico a las autoridades civiles y militares, tanto regionales como locales, Ministros de la Corte, funcionarios de la Administración, Directores, Gerentes y personal técnico de las Empresas Particulares; Profesores, Institutos y Colegios Profesionales, alumnos y ex alumnos de las Universidades y Escuelas Técnicas; Asociaciones de la Producción y del Comercio, Asociaciones Gremiales de Empleados y Obreros y a todas las personas que se interesen por estos problemas de progreso regional.

CENTRO PARA EL PROGRESO DE VALPARAISO.

## La Refinería de Cobre debe instalarse donde los técnicos aconsejan

Así lo establecen las conclusiones aprobadas al término de la asamblea efectuada ayer en el Aula Magna de la Escuela de Derecho, la que fue convocada por la directiva del Centro para el Progreso de Valparaíso. — Brillantes intervenciones de don Gastón Ossa S. M., el contratratante (r), Gustavo Carvallo, y el diputado Edmundo Eluchans. — Texto de estas conclusiones.

1ª ASIVA

FERIA y EXPOSICION INDUSTRIAL VIÑA DEL MAR

ATRACCIONES TURISTICAS-DEPORTIVAS CULTURALES Y SOCIALES ESPECIALES

ASIVA Casilla 40 - V Fono 57230 Valparaíso

el Extraordinario Esfuerzo Industrial Chileno

en ferrocarriles aviones, hoteles y comercio en general

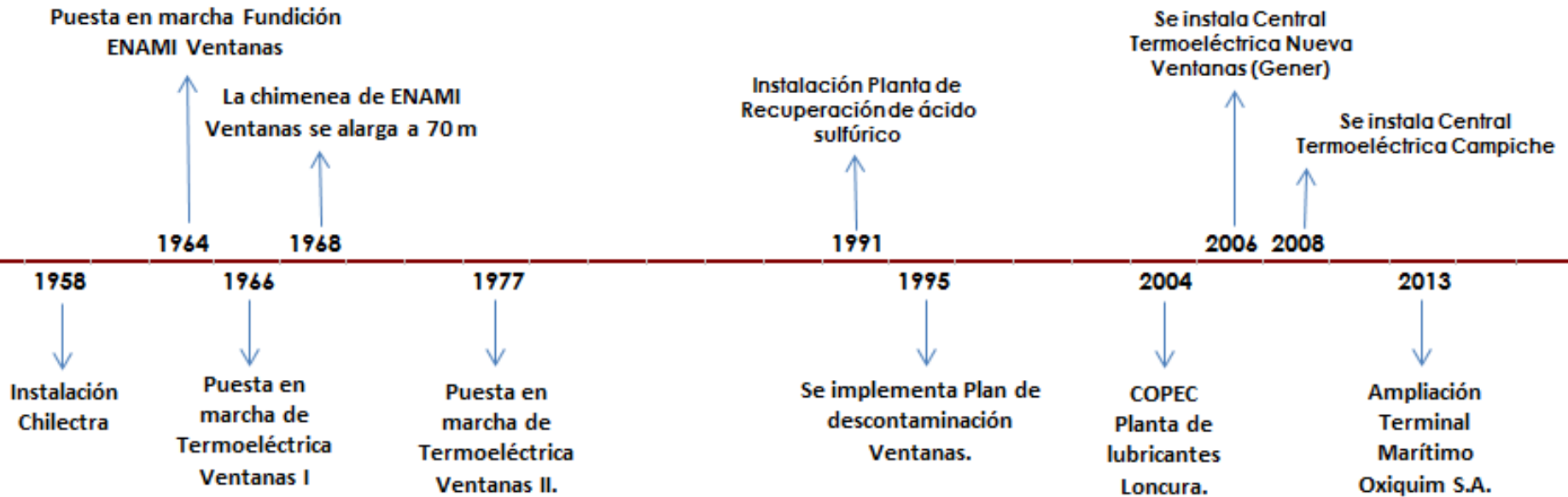
DEL 27 DE JULIO AL 11 DE AGOSTO

## Agricultores rechazan instalación de la Refinería de Cobre en Papudo

Antecedentes en apoyo de esta petición fueron enviados al Ministro de Minería. — Experto norteamericano visitó Los Vilos. — Gran asamblea se realizará el lunes próximo en Valparaíso.

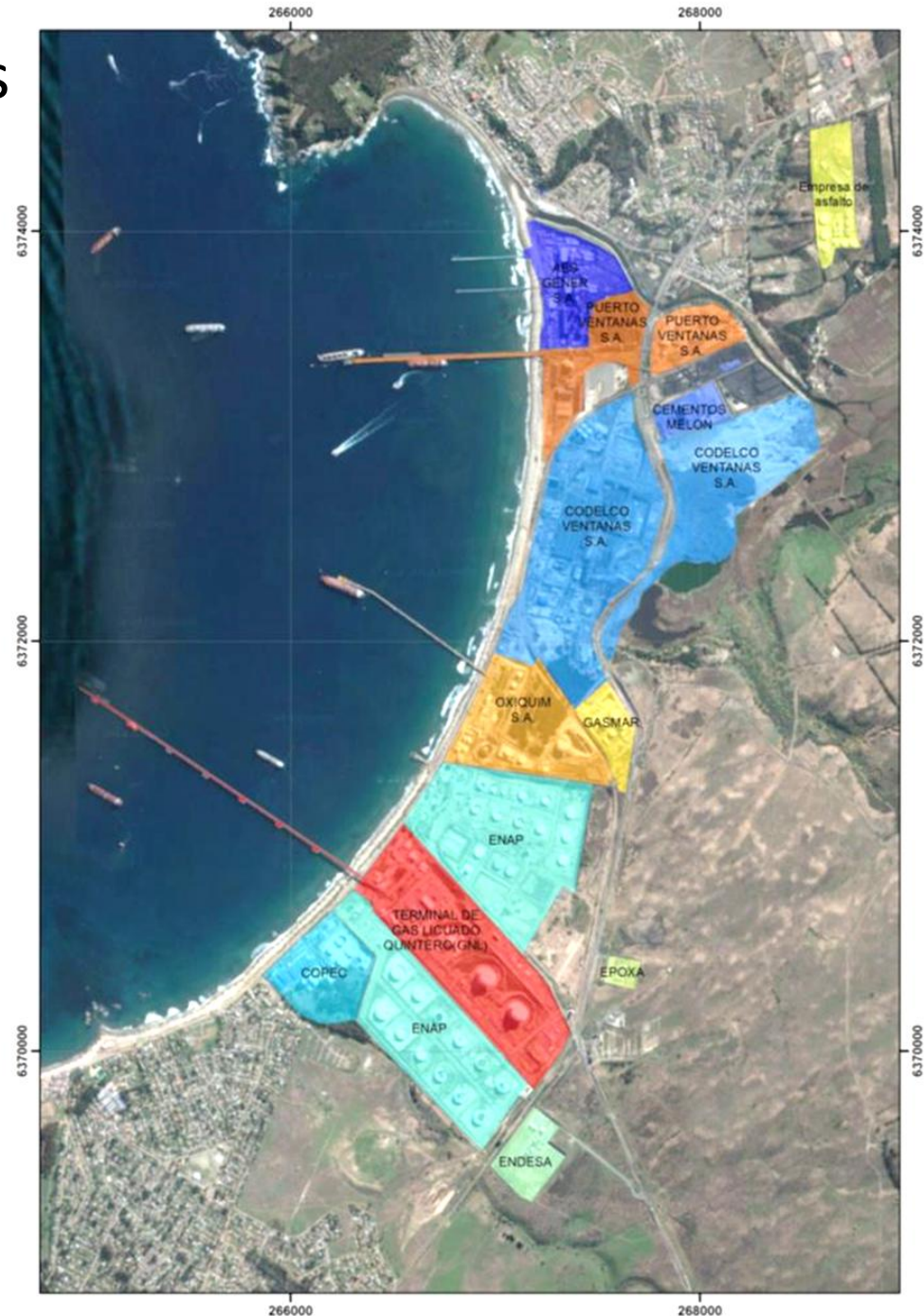
(Extractos del Mercurio de Valparaíso, Julio de 1957)

# Línea de tiempo



# Complejo Industrial Ventanas

- CODELCO División ventanas.
- AES GENER S.A
- COPEC
- Planta de resinas y terminal marítimo OXIQUM
- Planta de Gas Natural Licuado Quintero (GNL)
- GASMAR
- Terminal acopio Cemento Melón
- ENAP (Hidrocarburos)



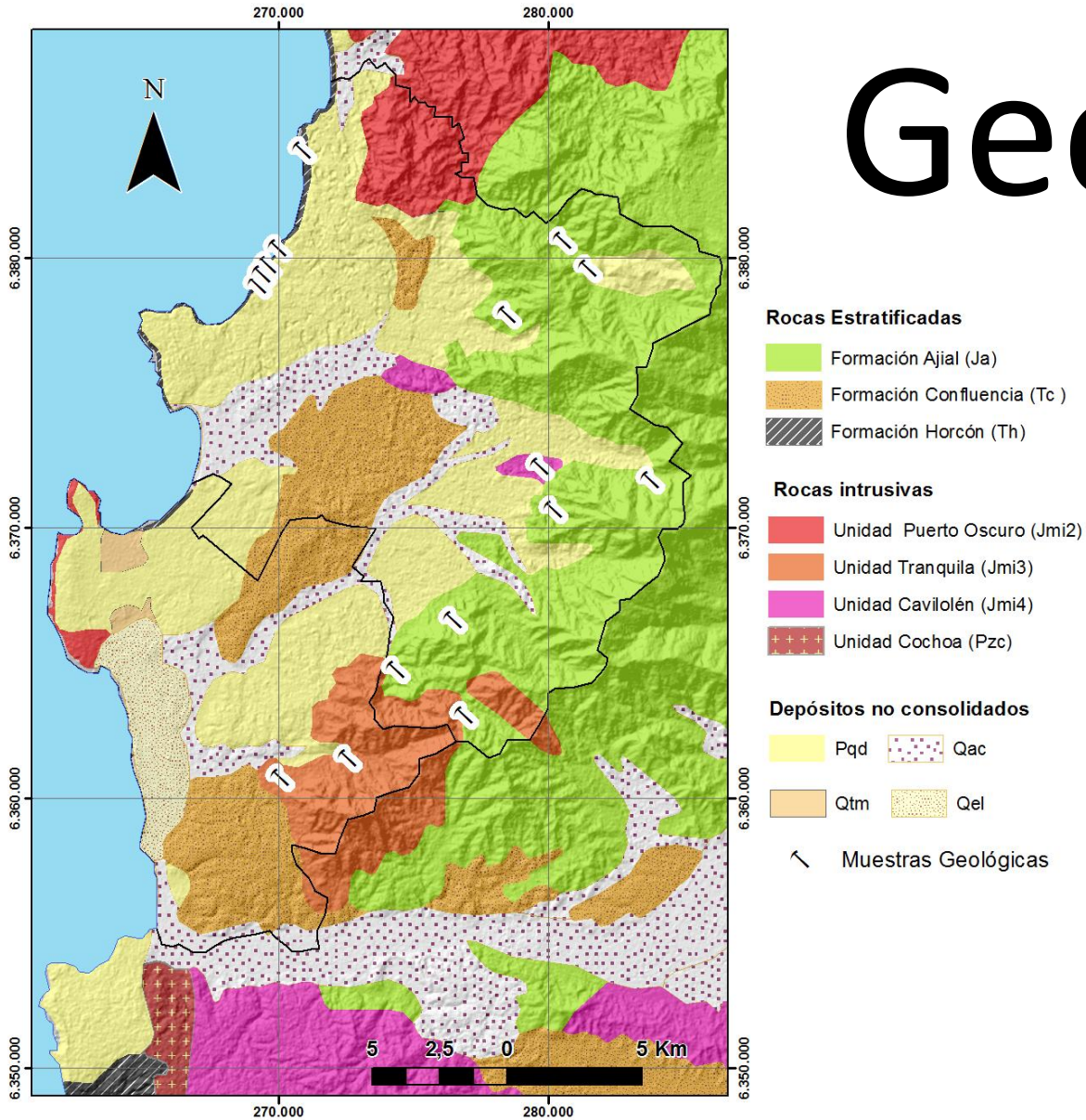
# Objetivos principales del estudio

- Determinar valores base de concentración de metales en el suelo
- Determinar la distribución espacial concentración de los metales pesados

# Background y Línea Base

- Background geoquímico: Concentración natural de los elementos de interés en el suelo, sin alteración asociada a factores antrópicos.
- Línea Base: Concentración actual de los metales(oides) pesados en el suelo.

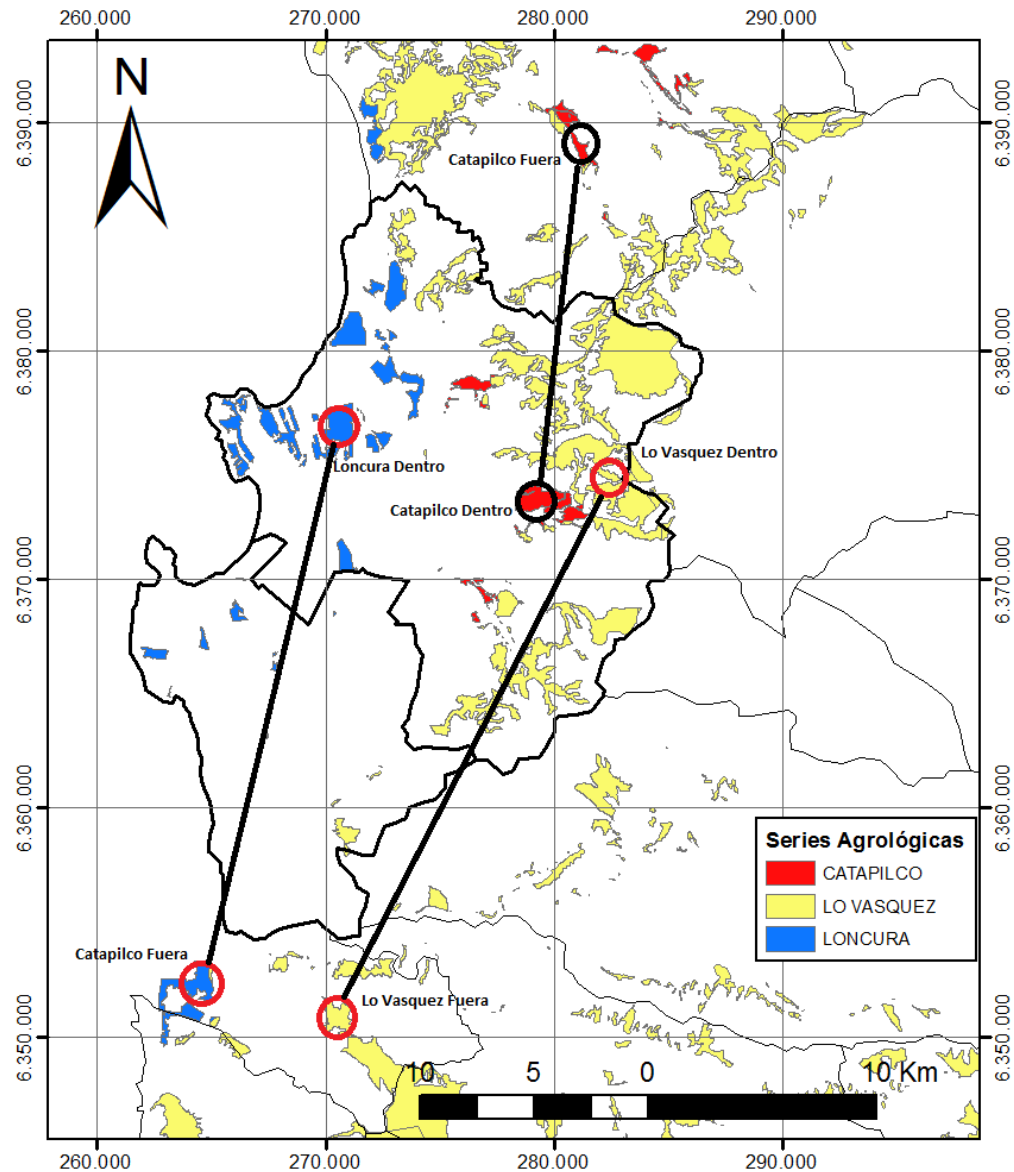
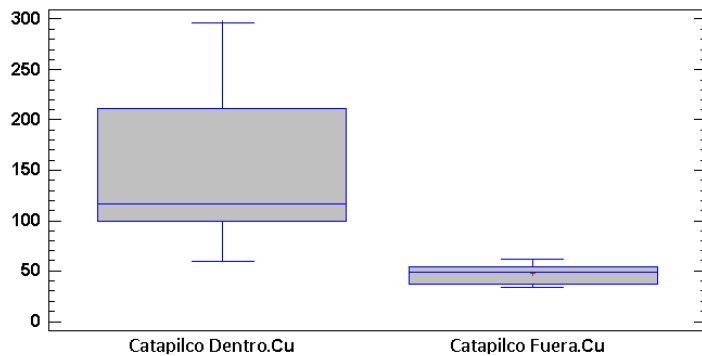
# Geología





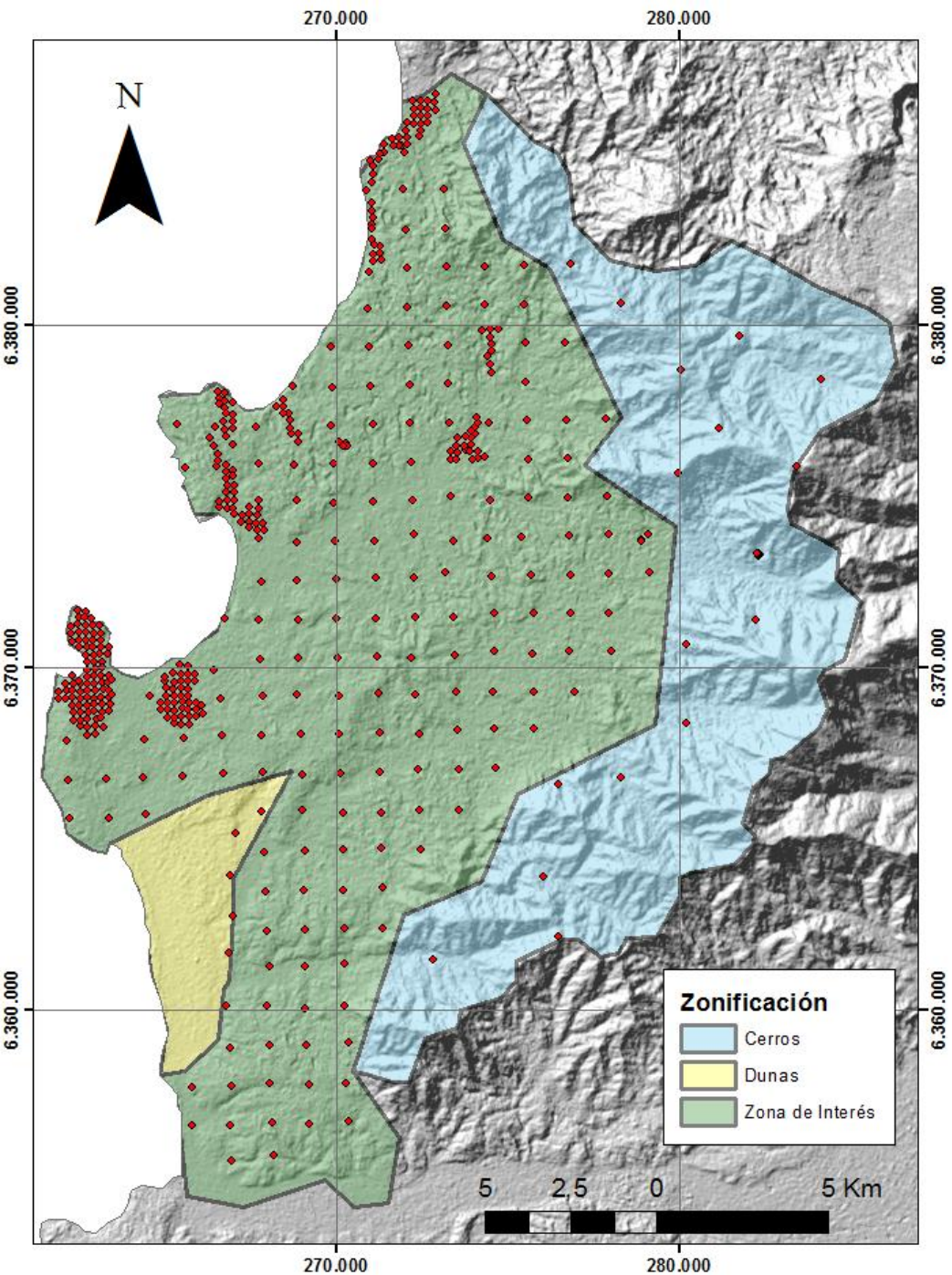
# Series Agrológicas

Boxplot Serie Catapilco dentro y fuera

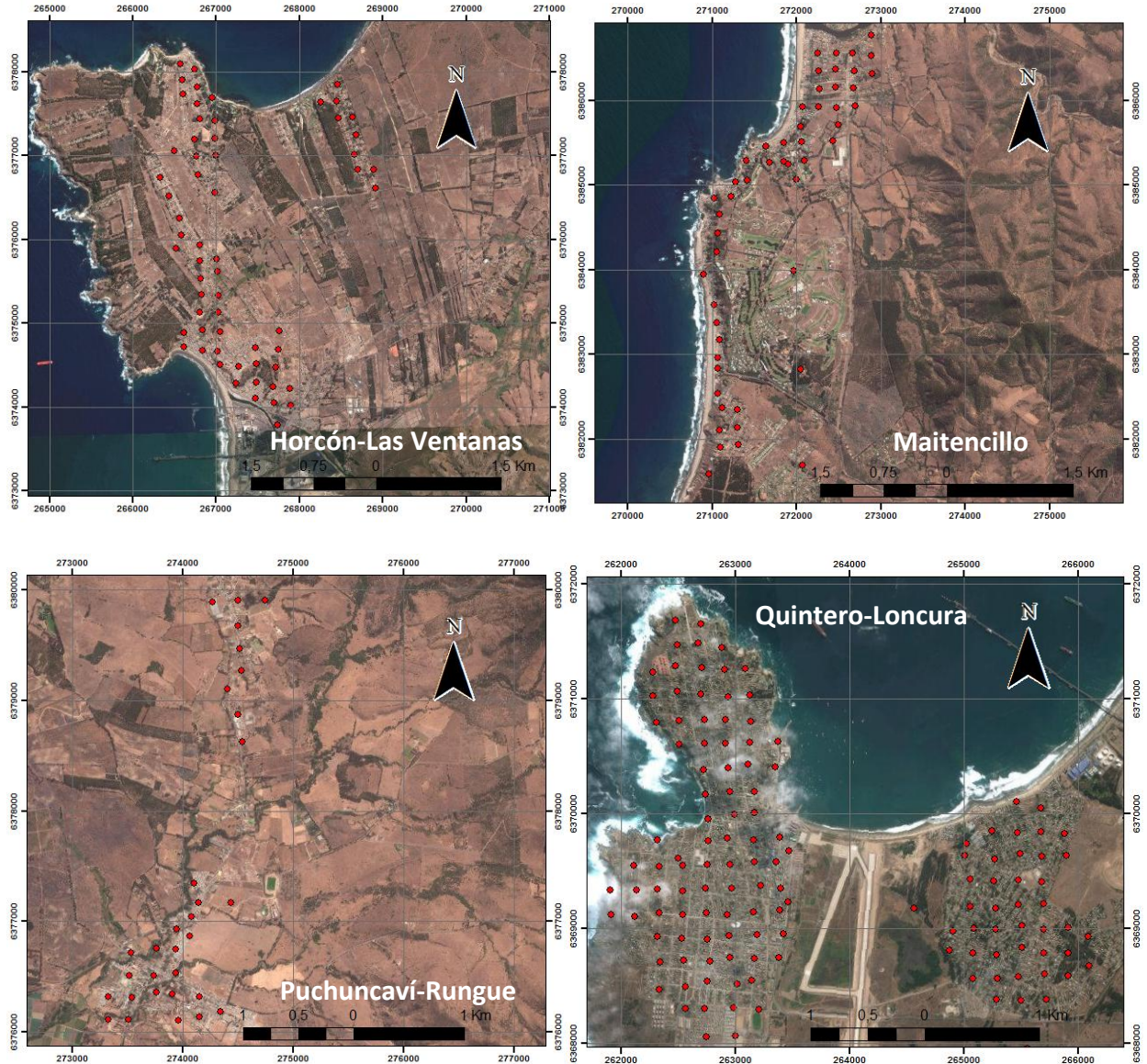


# Metodología y plan de muestreo

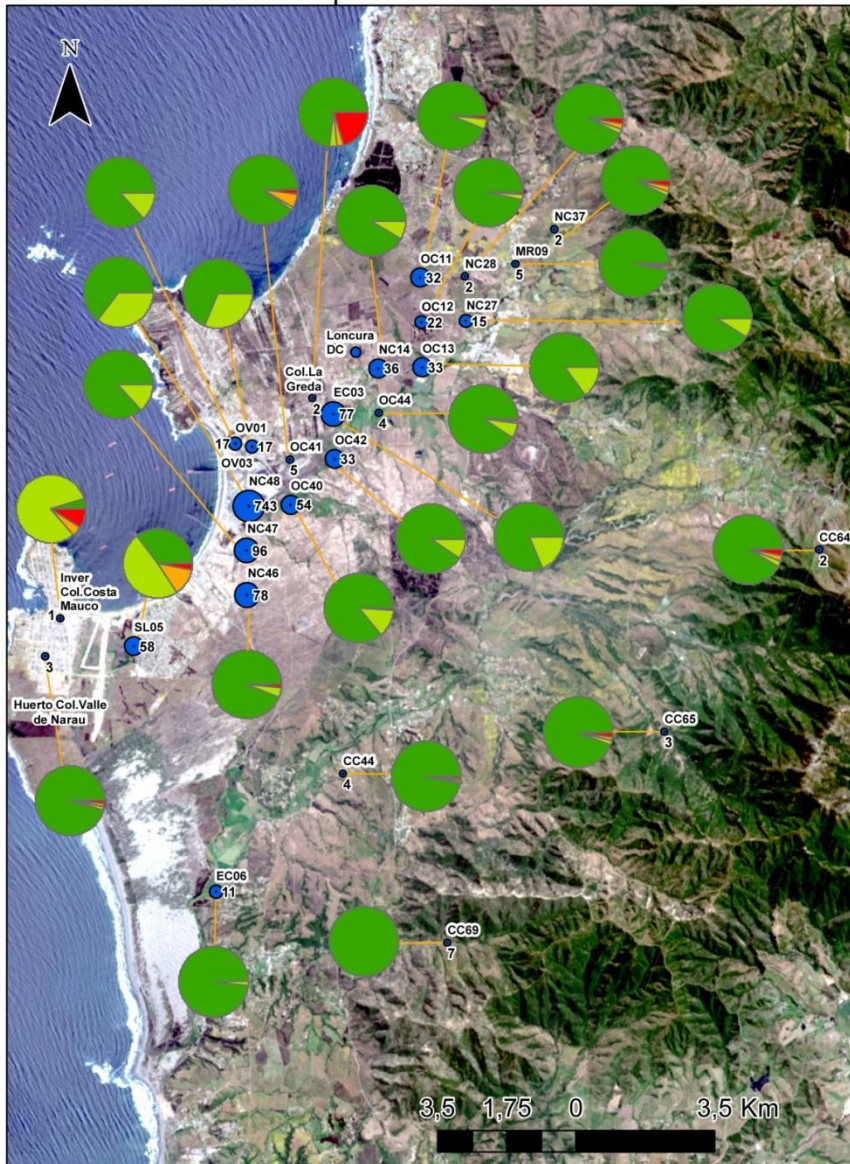
|                      |            |
|----------------------|------------|
| Muestras Urbanas     | 263        |
| Muestras Comunales   | 203        |
| Muestras Agrológicas | 90         |
| Muestras Geológicas  | 16         |
| Muestras de Colegios | 9          |
| Derrame              | 1          |
| <b>Total</b>         | <b>582</b> |



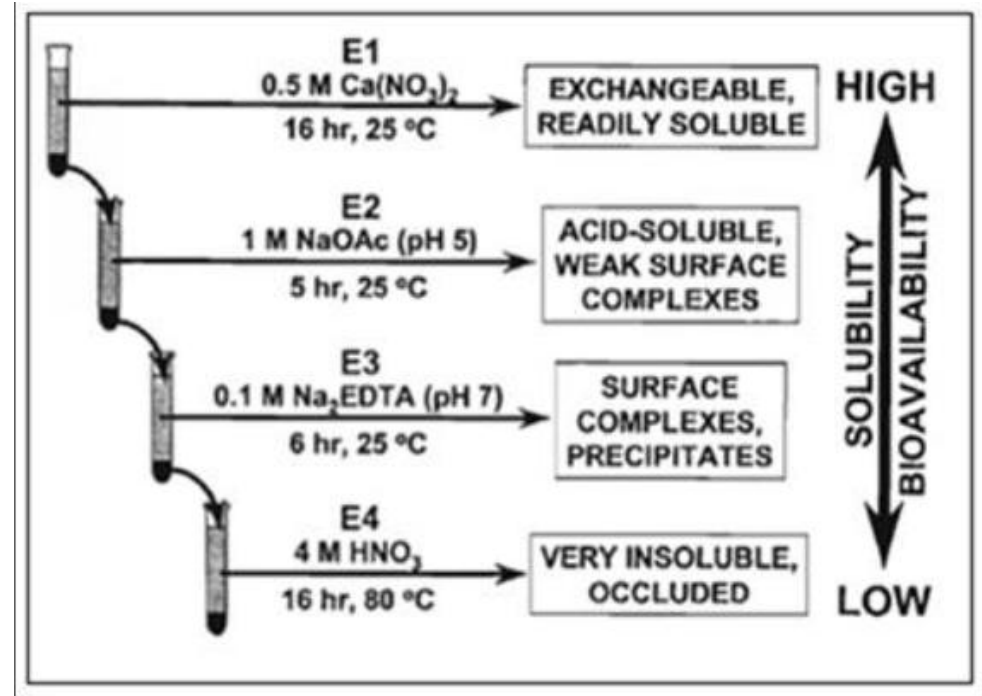
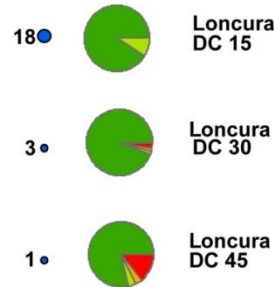
# Ubicación de las muestras en zonas urbanas



# Método PBASE y estimación de la biodisponibilidad (arsénico)



## Serie Loncura



# Resultados

# Resultado Valores Background

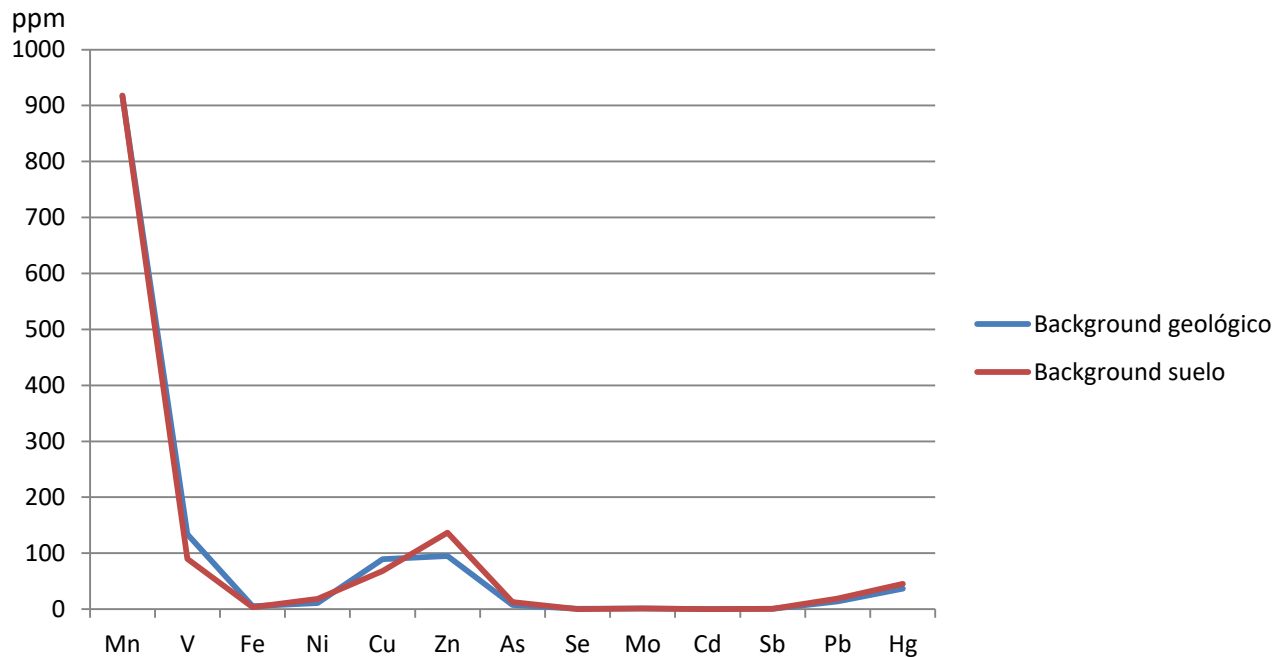
| Elemento | Background suelo (ppm) |
|----------|------------------------|
| V        | 90.09                  |
| Mn       | 917.70                 |
| Fe       | 3.35*                  |
| Ni       | 18.34                  |
| Cu       | 68.00                  |
| Zn       | 136.60                 |
| As       | 12.80                  |
| Se       | 0.38                   |
| Mo       | 1.33                   |
| Cd       | 0.14                   |
| Sb       | 0.70                   |
| Pb       | 18.86                  |
| Hg       | 45.53**                |

\*Concentración en %

\*\*Concentración en ppb

# Background suelo y geología

|                      | V<br>ppm | Mn<br>ppm | Fe<br>% | Ni<br>ppm | Cu<br>ppm | Zn<br>ppm | As<br>ppm | Se<br>ppm | Mo<br>ppm | Cd<br>ppm | Sb<br>ppm | Pb<br>ppm | Hg<br>ppb |
|----------------------|----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Background geológico | 133.90   | 917.40    | 5.48    | 11.08     | 89.44     | 95.08     | 7.64      | 0.95      | 1.54      | 0.18      | 0.90      | 13.60     | 36.79     |
| Background suelo     | 90.09    | 917.70    | 3.35    | 18.34     | 68.00     | 136.60    | 12.80     | 0.38      | 1.33      | 0.14      | 0.70      | 18.86     | 45.53     |



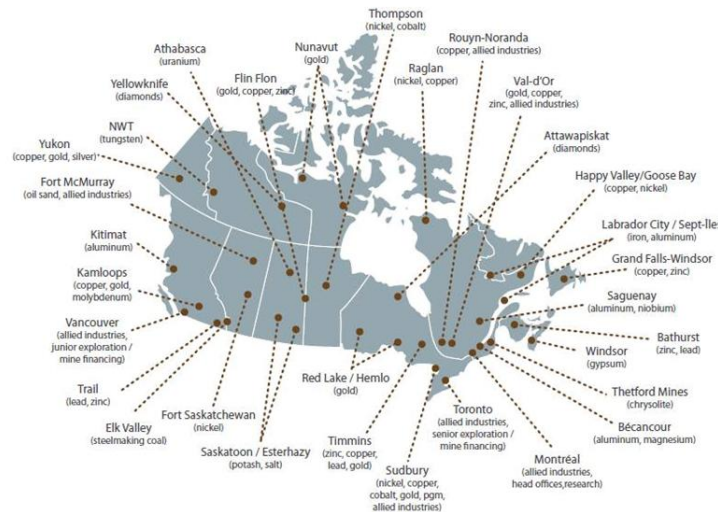
# Porcentaje de puntos que superaron el valor background en suelo, para los distintos metales pesados

| V       | Mn      | Fe      | Ni      | Cu      | Zn      | As      |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 98.71 % | 39.48 % | 99.36 % | 6,65%   | 90.13 % | 53.86 % | 67.81 % |
| Se      | Mo      | Cd      | Sb      | Pb      | Hg      |         |
| 59.87 % | 46.57 % | 89.70 % | 51.07 % | 86.27 % | 66.52 % |         |



# Línea Base y norma canadiense.

|  | Fe  | V   | Cu  | Cd | Pb | As  | Hg | Se  | Zn  | Sb | Mo | Mn | Ni |
|--|-----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|
| Porcentaje de muestras que superan la norma canadiense | 61% | 80% | 93% | 3% | 6% | 71% | 0% | 17% | 13% | 0% | 3% | 4% | 0% |



Principales yacimientos mineros de Canadá.

# Hierro

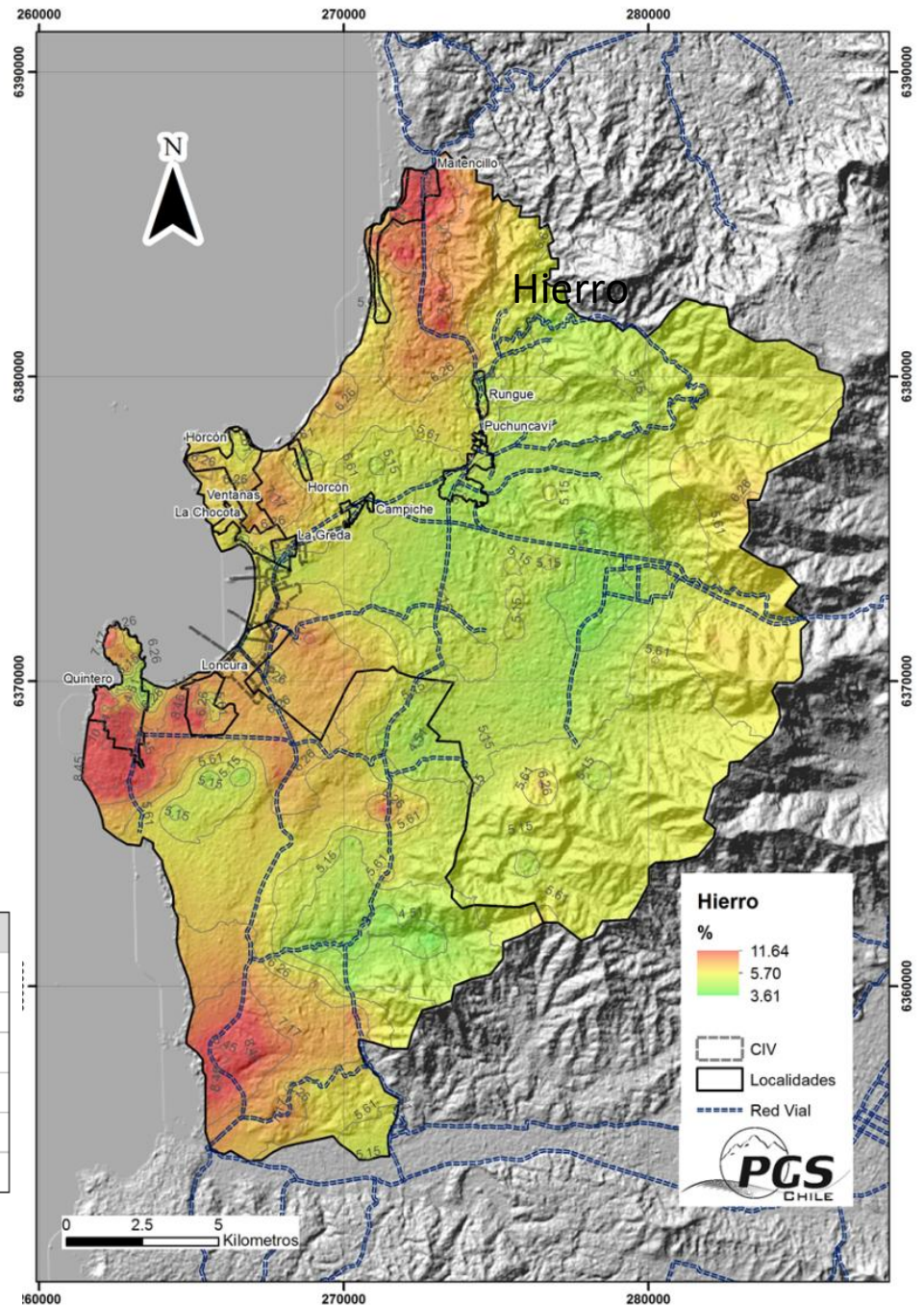
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                             | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| <b>Austria</b>                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| <b>Polonia</b>                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| <b>Japón</b>                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| <b>Australia</b> <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| <b>G. Bretaña</b> <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| <b>Alemania</b> <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finney & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.



# Vanadio

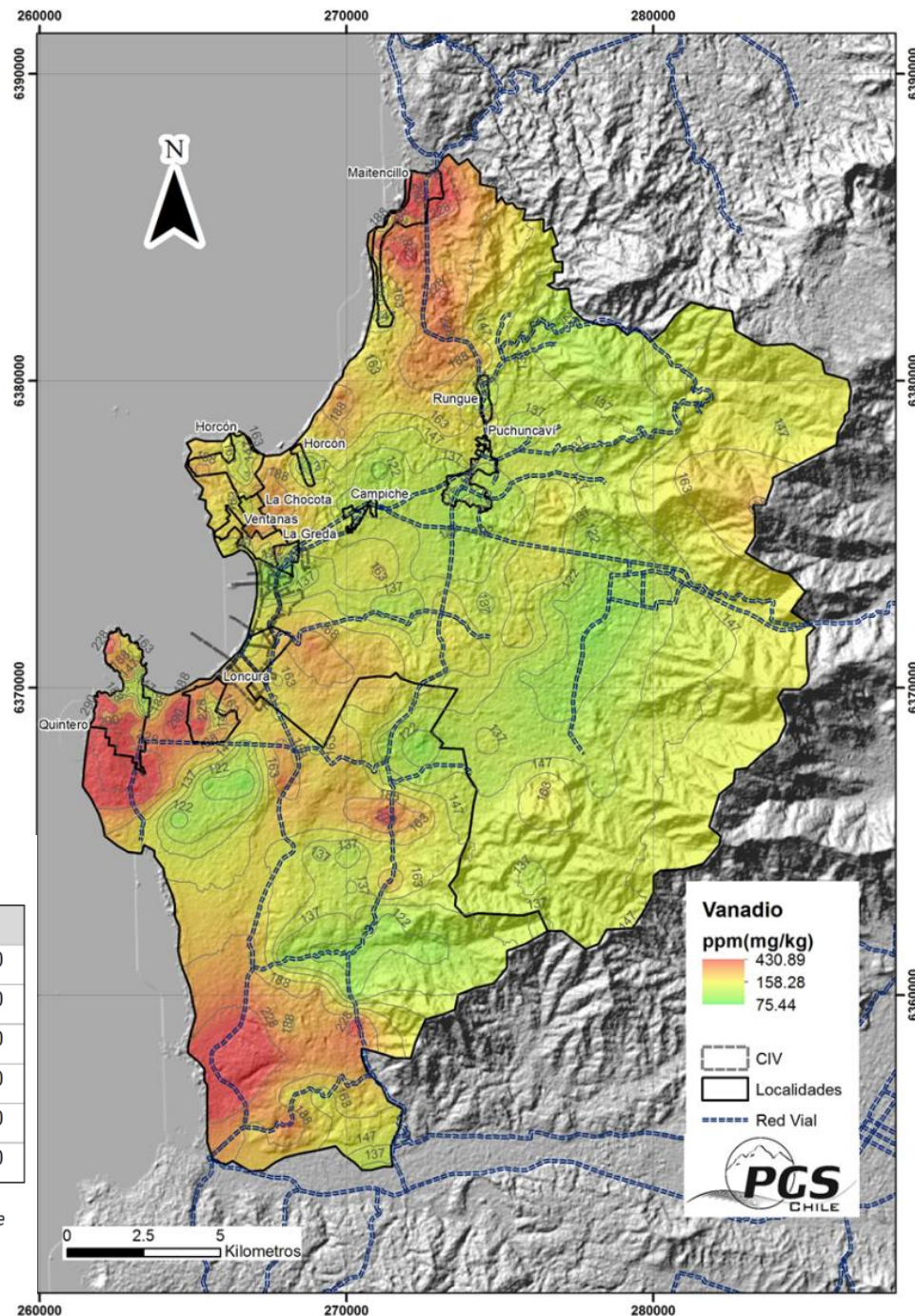
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                      | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|---------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| Austria                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Polonia                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Japón                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| Australia <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| G. Bretaña <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| Alemania <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finnecy & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.



# Cobre

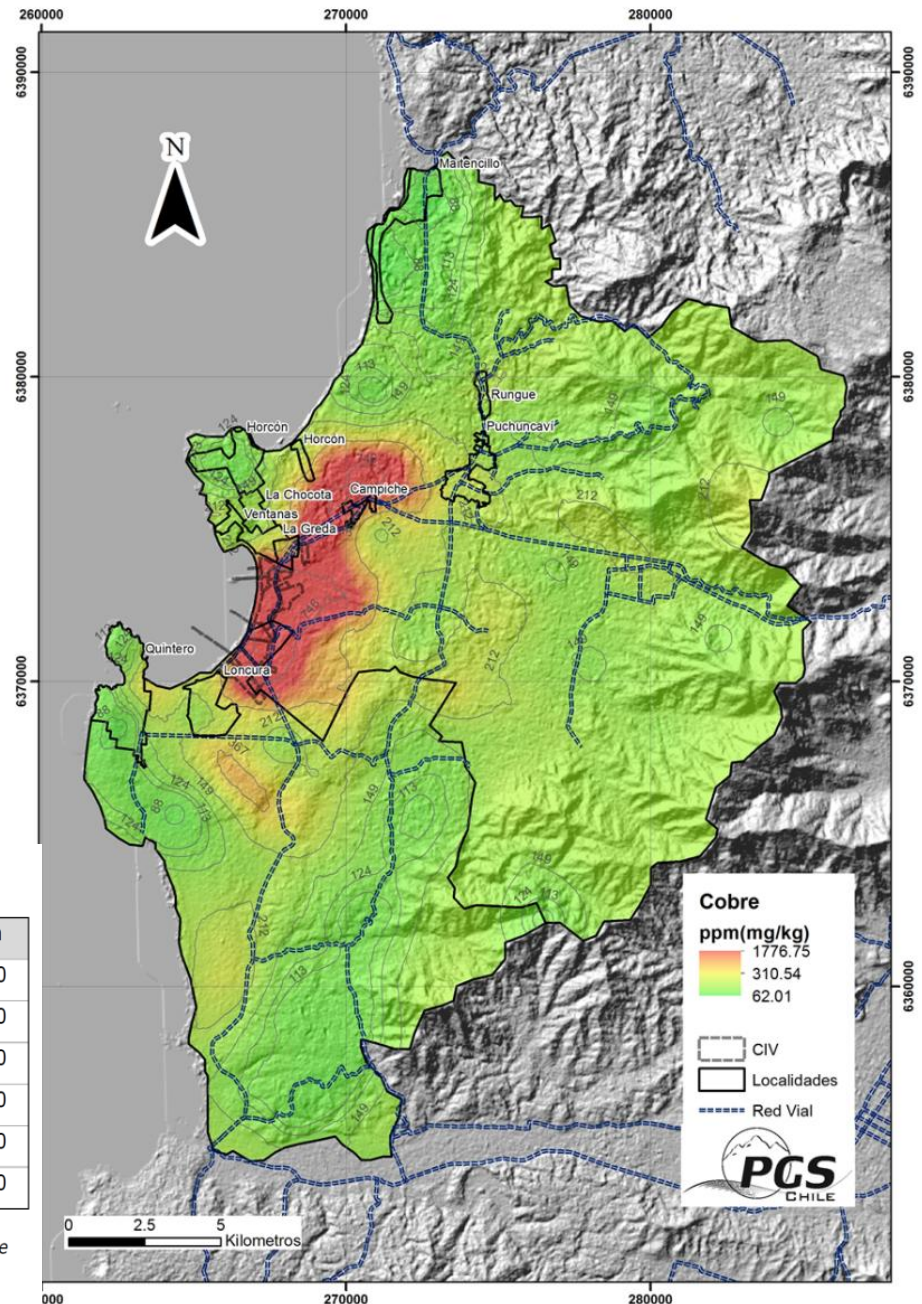
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                             | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| <b>Austria</b>                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| <b>Polonia</b>                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| <b>Japón</b>                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| <b>Australia</b> <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| <b>G. Bretaña</b> <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| <b>Alemania</b> <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finnecy & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.



# Arsénico

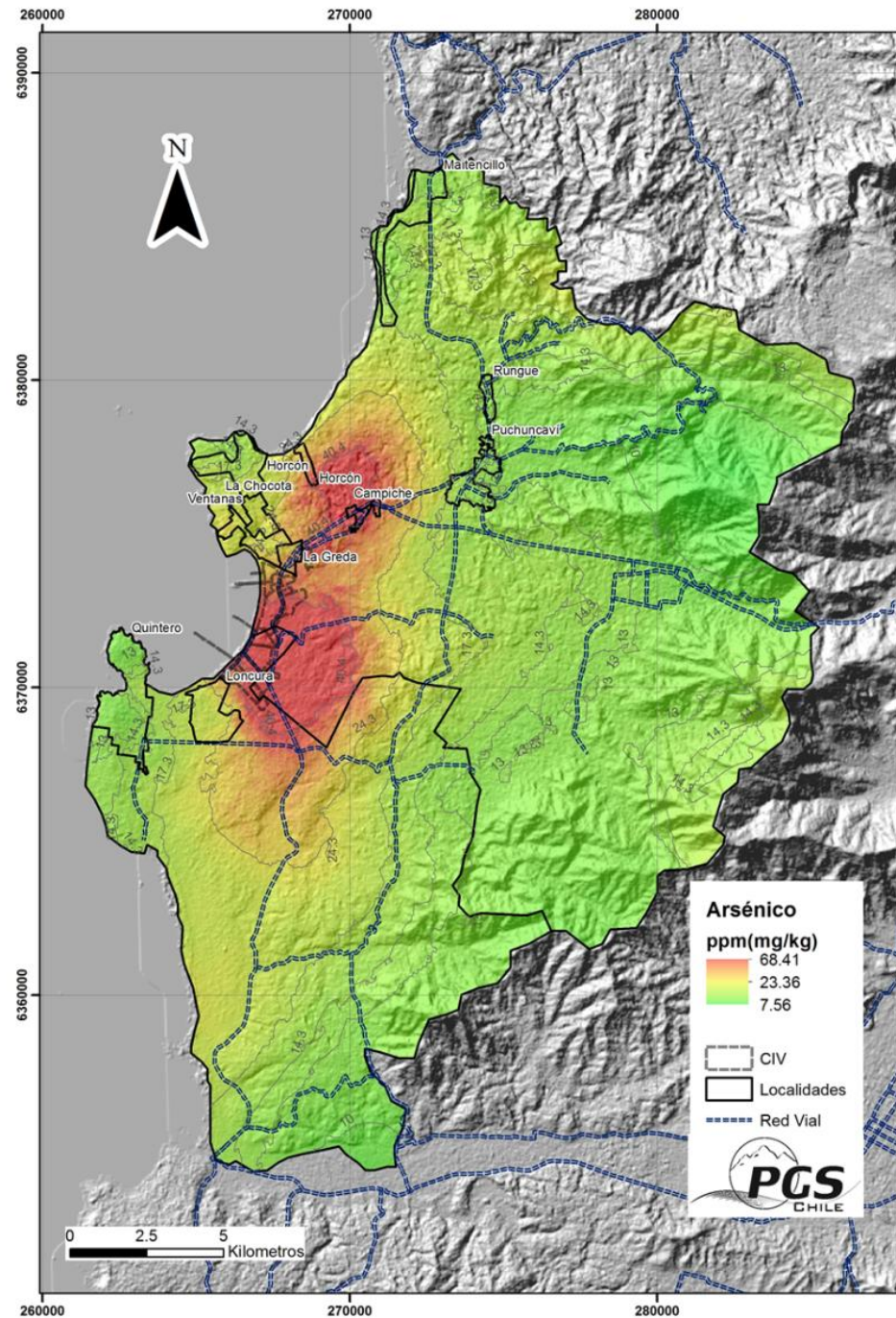
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                      | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|---------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| Austria                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Polonia                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Japón                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| Australia <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| G. Bretaña <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| Alemania <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finney & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.



# Zinc

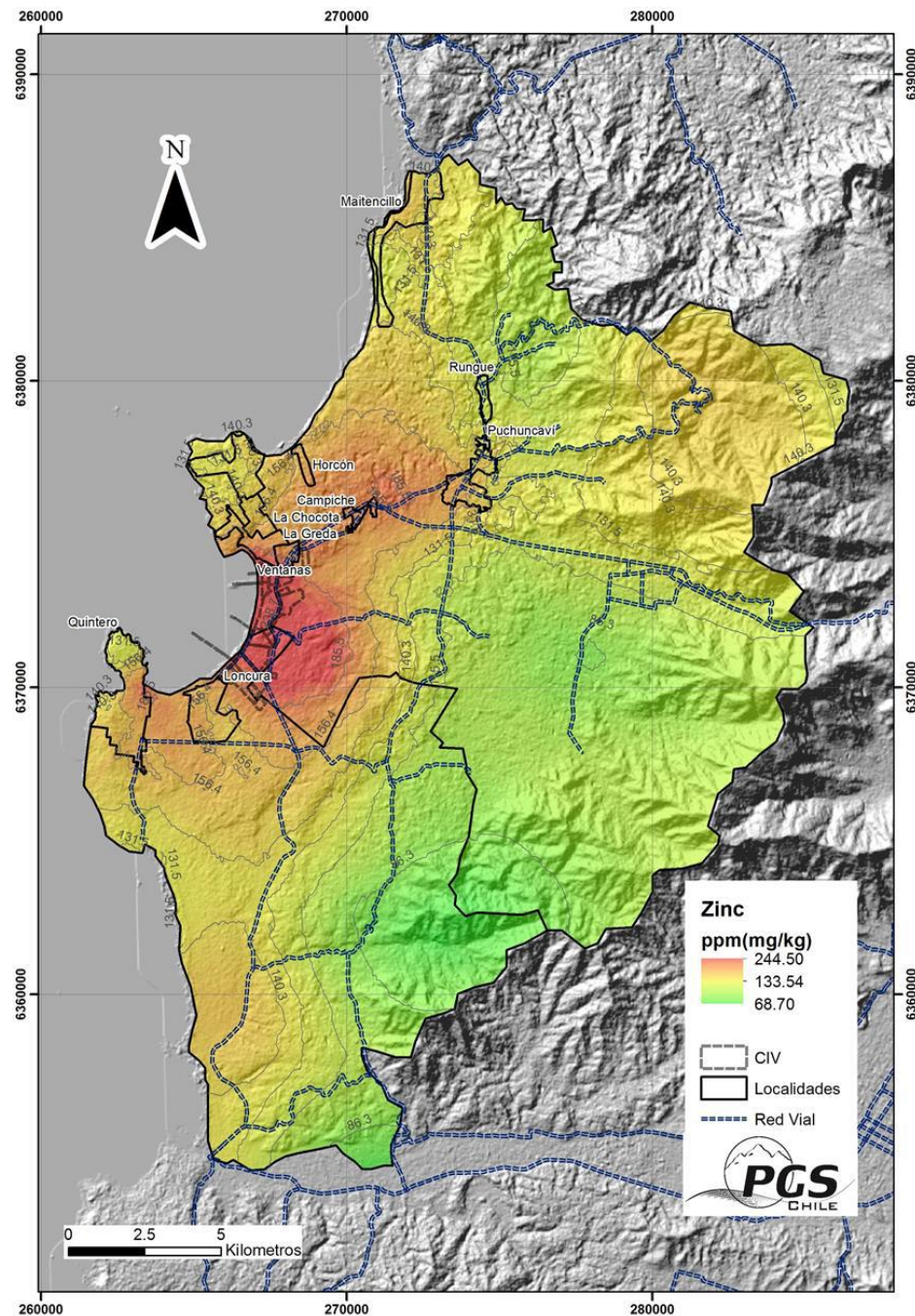
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                             | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| <b>Austria</b>                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| <b>Polonia</b>                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| <b>Japón</b>                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| <b>Australia</b> <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| <b>G. Bretaña</b> <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| <b>Alemania</b> <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finney & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.



# Antimonio

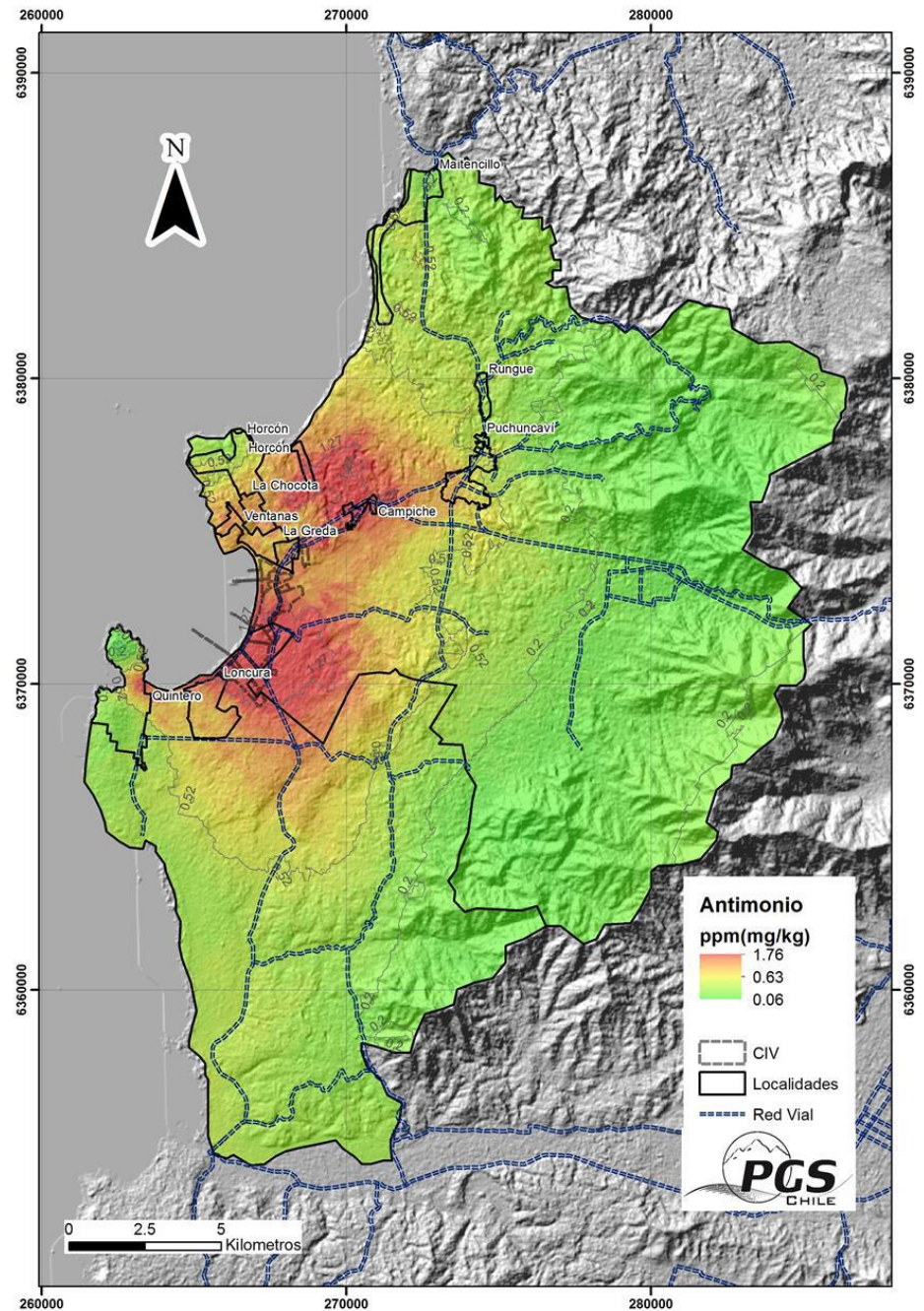
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                      | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|---------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| Austria                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Polonia                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Japón                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| Australia <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| G. Bretaña <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| Alemania <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finnecy & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.



# Plomo

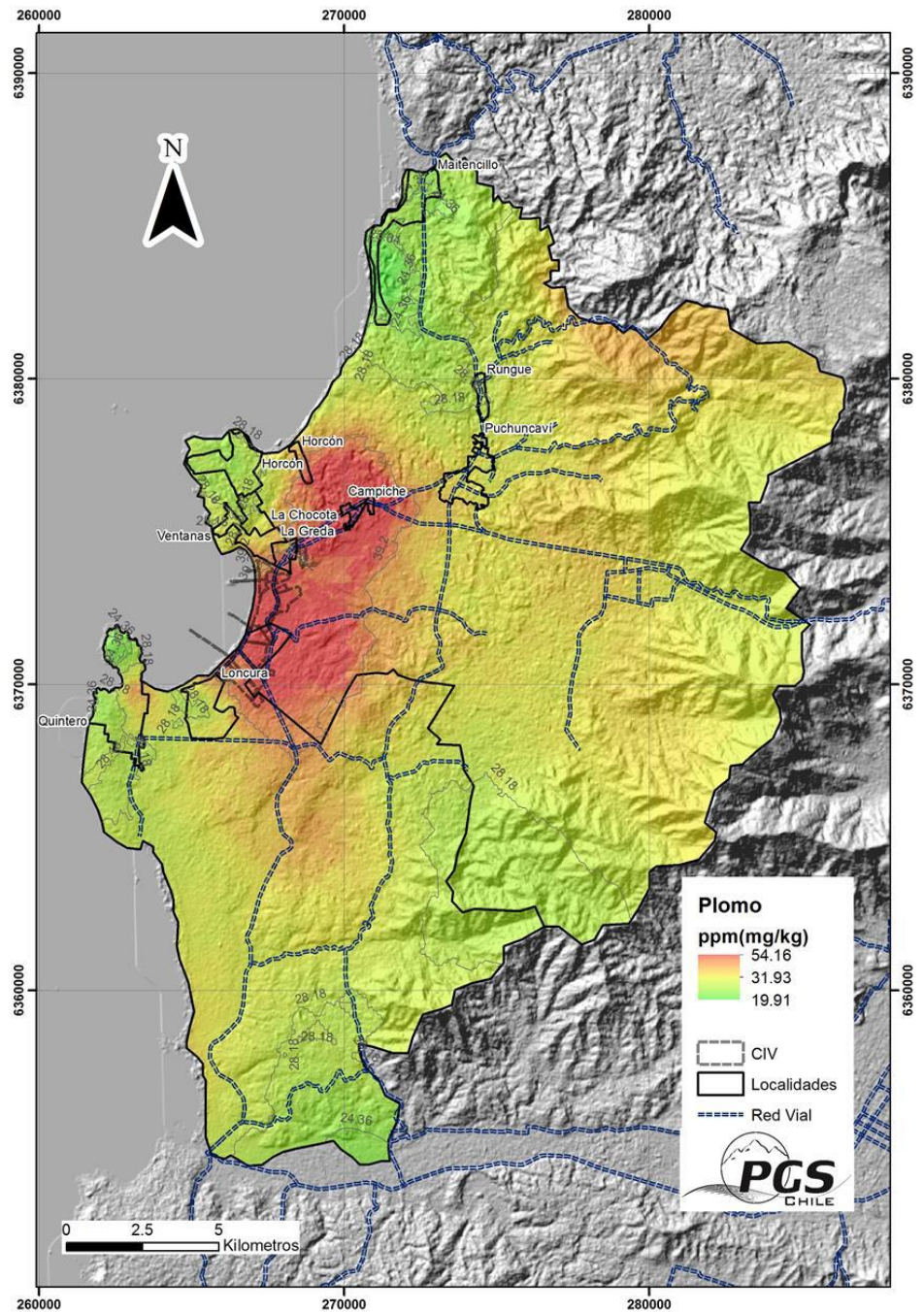
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                      | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|---------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| Austria                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Polonia                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Japón                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| Australia <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| G. Bretaña <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| Alemania <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finnecy & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.





# Mercurio

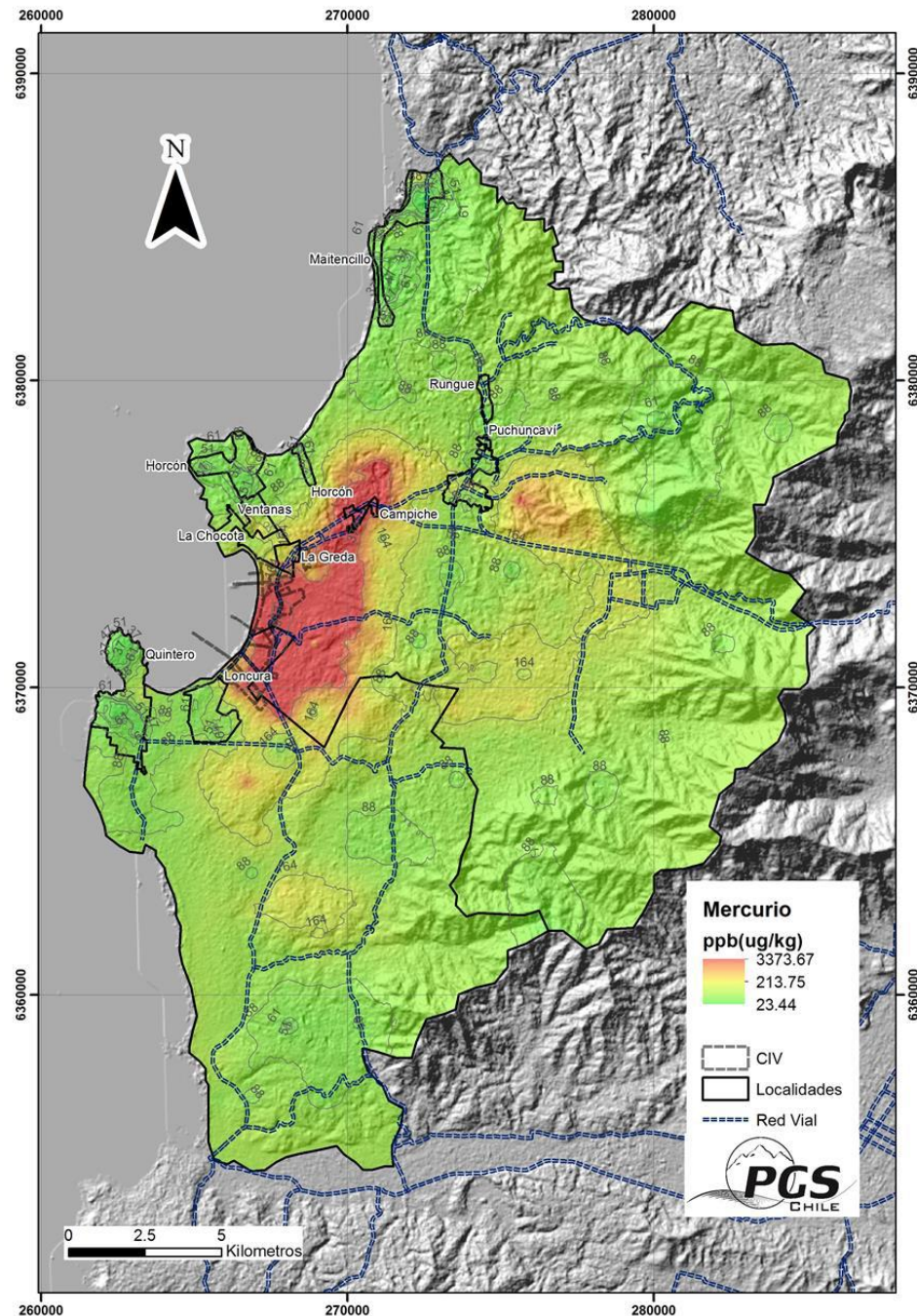
Tabla 4-6: Otros valores máximos admisibles por legislación de algunos países, para los niveles de contaminación por metales en suelos agrícolas (mg/kg) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992)

| País                      | As | Mo | Hg | Cd | Co | Cr  | Cu  | Ni  | Pb   | Zn  |
|---------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| Austria                   | 50 | 10 | 5  | 5  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Polonia                   | 30 | 10 | 5  | 3  | 50 | 100 | 100 | 100 | 100  | 300 |
| Japón                     | 15 | -  | -  | -  | 50 | -   | 150 | 100 | 400  | 250 |
| Australia <sup>(c)</sup>  | 20 | -  | 1  | 1  | -  | 100 | 100 | 60  | 150  | 200 |
| G. Bretaña <sup>(a)</sup> | 20 | -  | 2  | 3  | -  | 50  | 100 | 50  | 100  | 300 |
| Alemania <sup>(b)</sup>   | 50 | -  | 50 | 5  | -  | 500 | 200 | 200 | 1000 | 600 |

(a) Valores propuestos para MAC en la UE en suelos tratados con lodos residuales. Valores entre paréntesis son concentraciones máximas (Finnery & Pearce, 1986).

(b) Contenidos tolerables y tóxicos (Kloke & Einkmann, 1991).

(c) Australian Standard AS 4454-1999 ARMCANZ/ANZEC 2000.



## Cobre precipitado en las cercanías del CIV

---

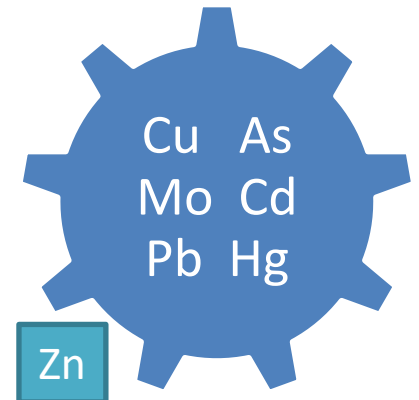
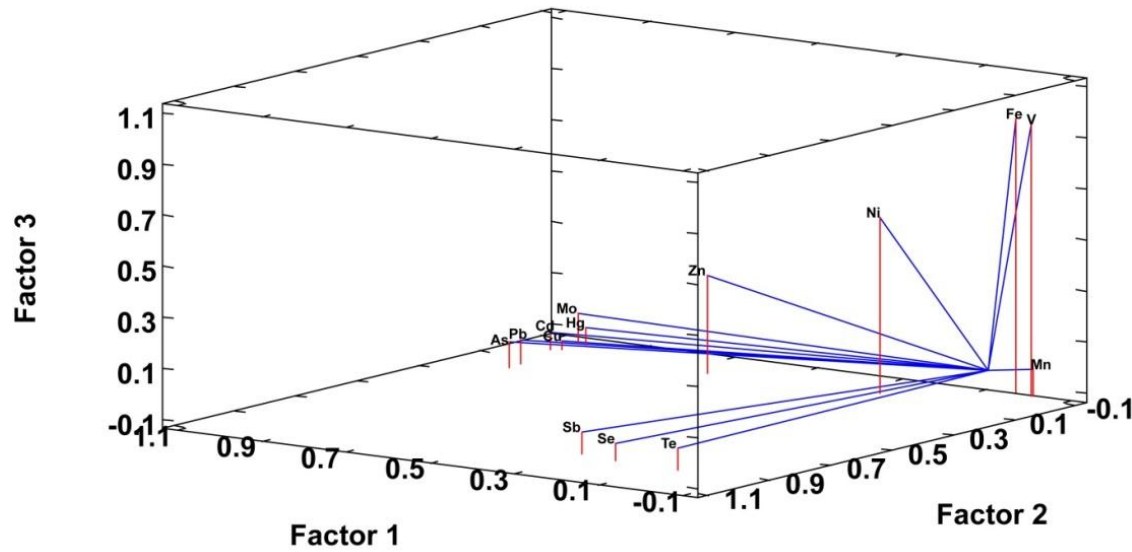


Escudo con cobre precipitado  
(anterior a 1960)

---

# ACP

Gráfica de Cargas del Factor



# Factor de enriquecimiento

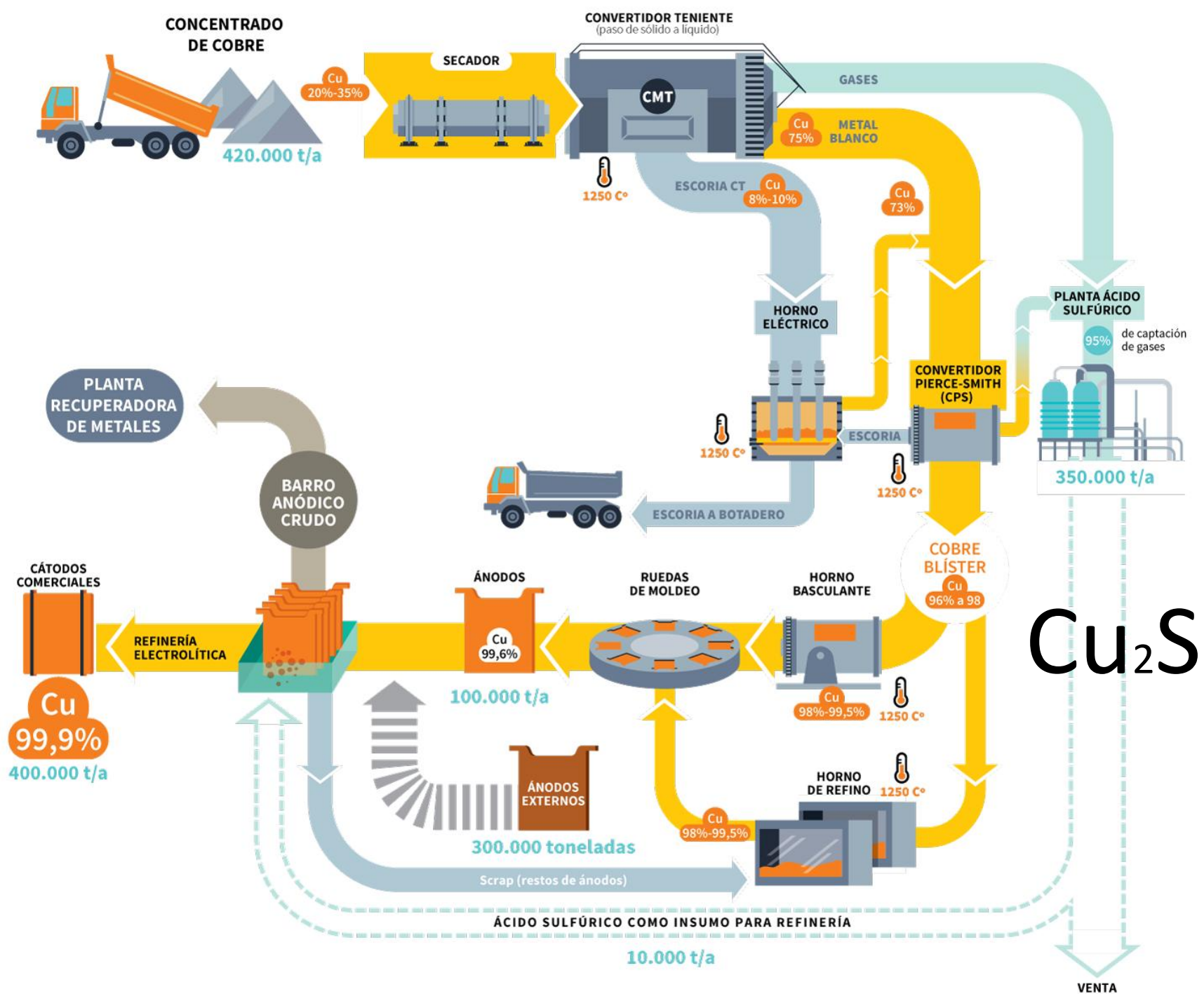
$$FE_x = \frac{(C_x/Al_x)_{\text{zona de estudio}}}{(C_{\text{corteza}}/Al_{\text{corteza}})}$$

| Elemento  | Factor de Enriquecimiento |
|-----------|---------------------------|
| Al        | 1.00                      |
| V         | 2.76                      |
| Mn        | 1.50                      |
| Fe        | 1.68                      |
| Ni        | 0.62                      |
| <b>Cu</b> | <b>9.91</b>               |
| Zn        | 2.07                      |
| <b>As</b> | <b>15.22</b>              |
| Se        | 0.01                      |
| Mo        | 1.13                      |
| Cd        | 4.59                      |
| Sb        | 7.78                      |
| <b>Te</b> | <b>10.83</b>              |
| Pb        | 2.08                      |
| Hg        | 3.25                      |

# Proceso en la Fundación Ventanas

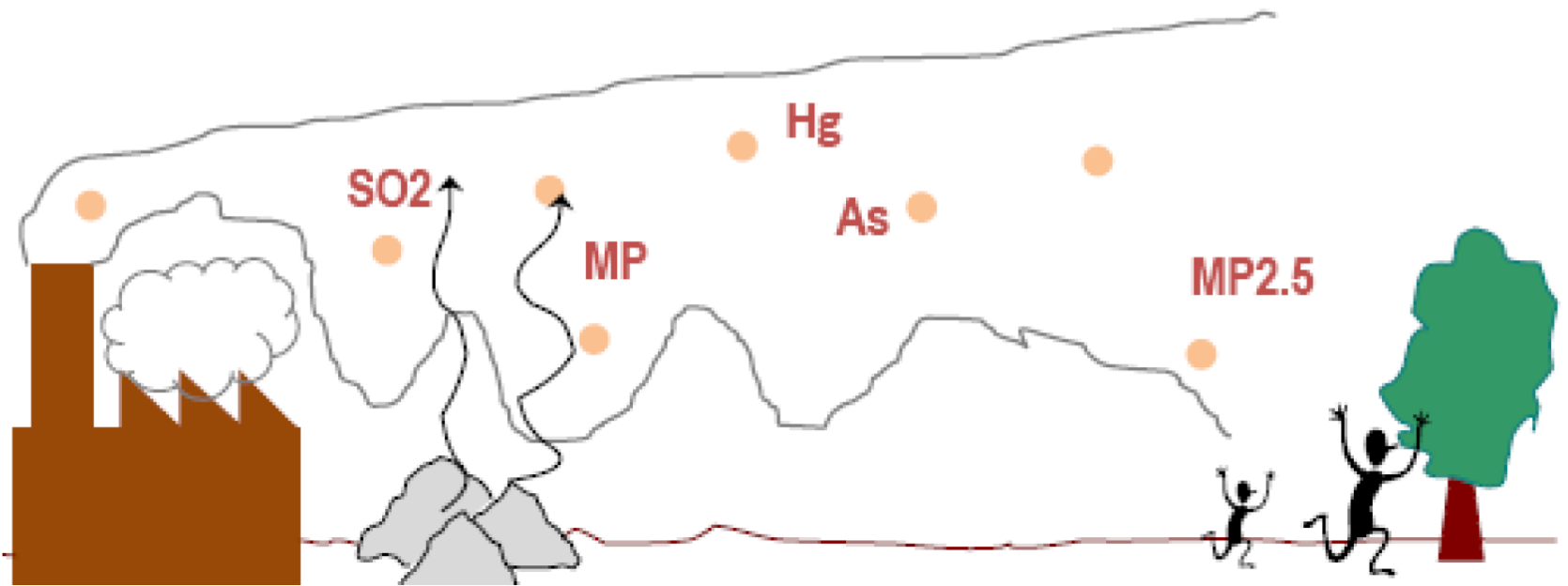
# Materia prima: Concentrado de cobre

| <i>Formula</i>                     | <i>El Salvador</i> | <i>Chuquicamata</i> | <i>Andina</i> | <i>Escondida</i> |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------|------------------|
| <i>Cu</i>                          | 30.50              | 28.00               | 30.84         | 44.00            |
| <i>Fe</i>                          | 20.28              | 20.13               | 27.79         | 16.00            |
| <i>S</i>                           | 33.00              | 33.00               | 34.66         | 29.00            |
| <i>SiO<sub>2</sub></i>             | 4.10               | 5.60                | 3.40          | 4.00             |
| <i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> | 1.30               | 1.30                | 0.61          | 1.80             |
| <i>CaO</i>                         | 0.15               | 0.20                |               | 0.90             |
| <i>MgO</i>                         | 0.10               | 0.08                | 0.14          | 0.11             |
| <i>As</i>                          | 0.40               | 1.00                | 0.23          | 0.25             |
| <i>Sb</i>                          | 0.04               | 0.03                | 0.02          | 0.03             |
| <i>Zn</i>                          | 0.22               | 2.00                | 0.29          | 0.25             |
| <i>Pb</i>                          | 0.01               | 0.02                | 0.06          | 0.05             |
| <i>Bi</i>                          | 0.01               | 0.08                | 0.01          |                  |
| <i>Se</i>                          | 0.01               |                     | 0.01          | 0.01             |
| <i>Ni</i>                          | 0.005              | 0.010               | 0.002         | 0.010            |
| <i>Au</i>                          | 1.50g/t            | 0.50g/t             | 0.60g/t       | 3.00g/t          |
| <i>Ag</i>                          | 75g/t              | 110g/t              | 73g/t         | 80g/t            |
| <i>Hg</i>                          |                    |                     | 3.00g/t       |                  |
| <i>Otros(inertes)</i>              | 9.88               | 8.55                | 1.94          | 3.59             |
| <b>Total</b>                       | <b>100.00</b>      | <b>100.00</b>       | <b>100.00</b> | <b>100.00</b>    |



## Pollutants that are regulated on the New Environmental Policy:

- Fugitive emissions,  $\text{SO}_2$ , As, MP, Hg → Smelting & Converting
- Emissions by chimney,  $\text{SO}_2$ , As, MP, Hg → Unit Operations
- Acid mists,  $\text{SO}_2$  &  $\text{SO}_3$  → Acid plants
- Stock piles, MP → Concentrate stockpiles





# Producción de ácido sulfúrico

## *Purificación gas $SO_2$*

- *Remoción de polvo As, Sb, Se y Te*
- *Enfriamiento y limpieza húmeda*
- *Producción de gas limpio y seco*

## *Conversión $SO_2$ a $SO_3$*

- *Catalizador ( $V_2O_5$ ), aumento  $T^\circ$  gas 425 a 625  $^\circ C$*
- *Reacción de oxidación  $SO_2 + O_2 = 2SO_3$*
- *Tasa de conversión  $> 97 \%$*

## *Absorción*

- *$SO_3$  absorbido en  $H_2SO_4$  al 98 %*
- *Reacción  $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$*
- *Temperatura proceso 260 a 300  $^\circ C$*

# Derrame





Ubicación del derrame







Gracias!