



EJEMPLO DE DESCRIPCIÓN DE UN AREA CONTAMINADA CON MERCURIO, EN EL MARCO DEL CONVENIO DE MINAMATA: LA SIERRA GORDA DE QRO.

Responsable:

DR. GILBERTO HERNÁNDEZ SILVA

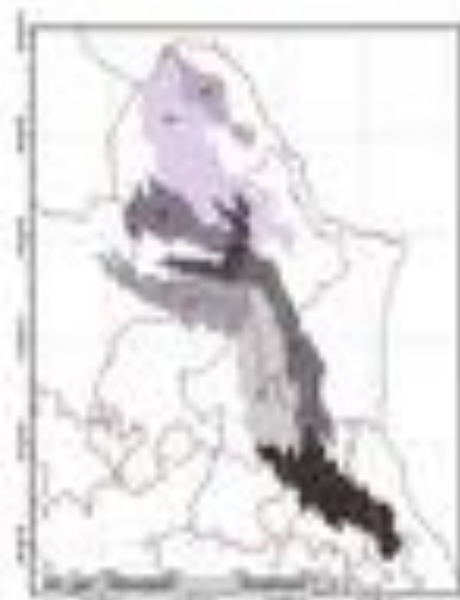
Centro de Geociencias, Campus UNAM-Juriquilla, Qro.

Taller sobre el Mercurio, INECC

Julio 20 del 2017

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SIERRA GORDA

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS



GEOLOGÍA

Sierra Gorda: compuesta por numerosas formaciones marinas mesozoicas, deformadas y plegadas durante la orogenia Laramide

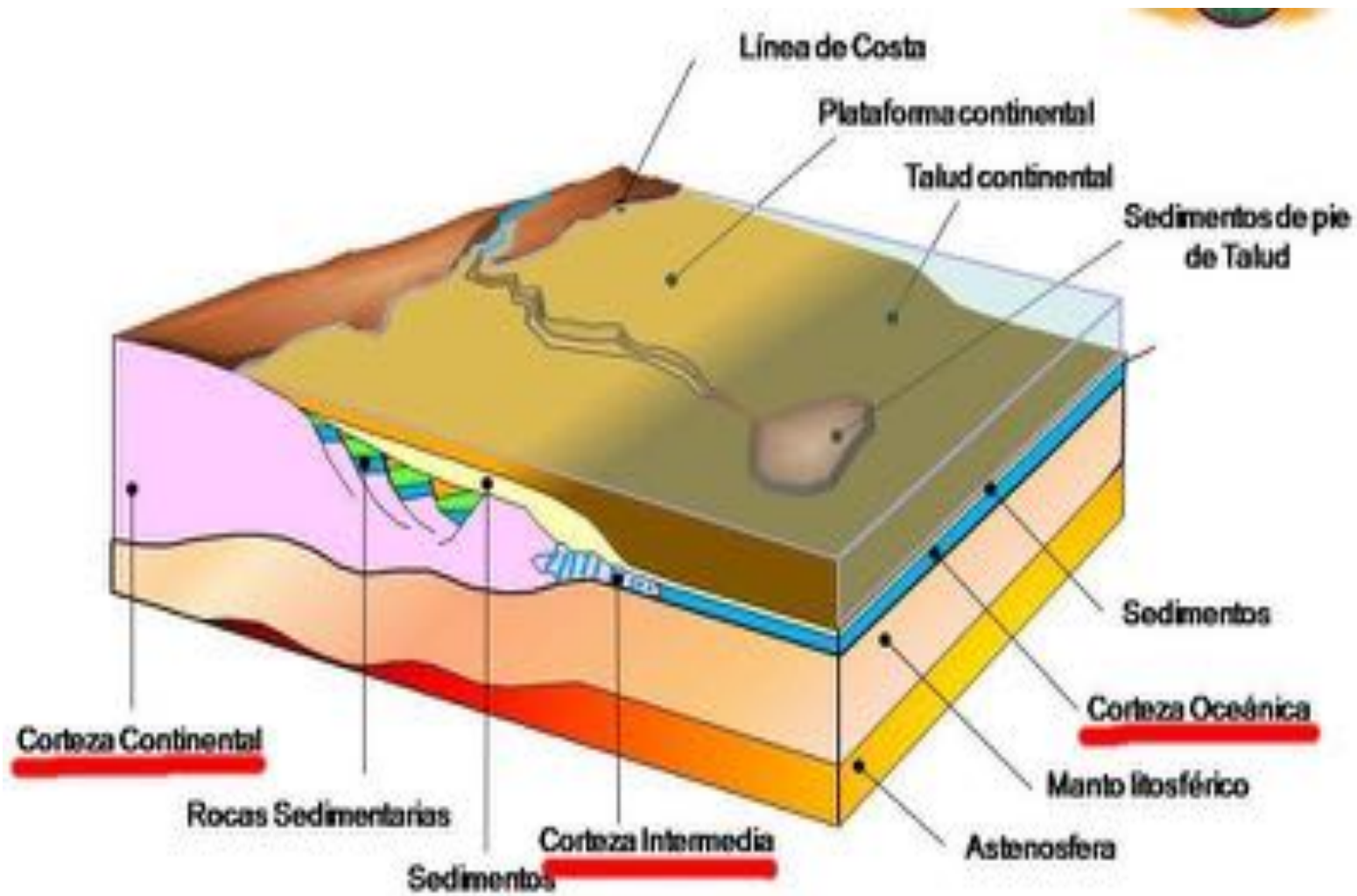
Mesozoico

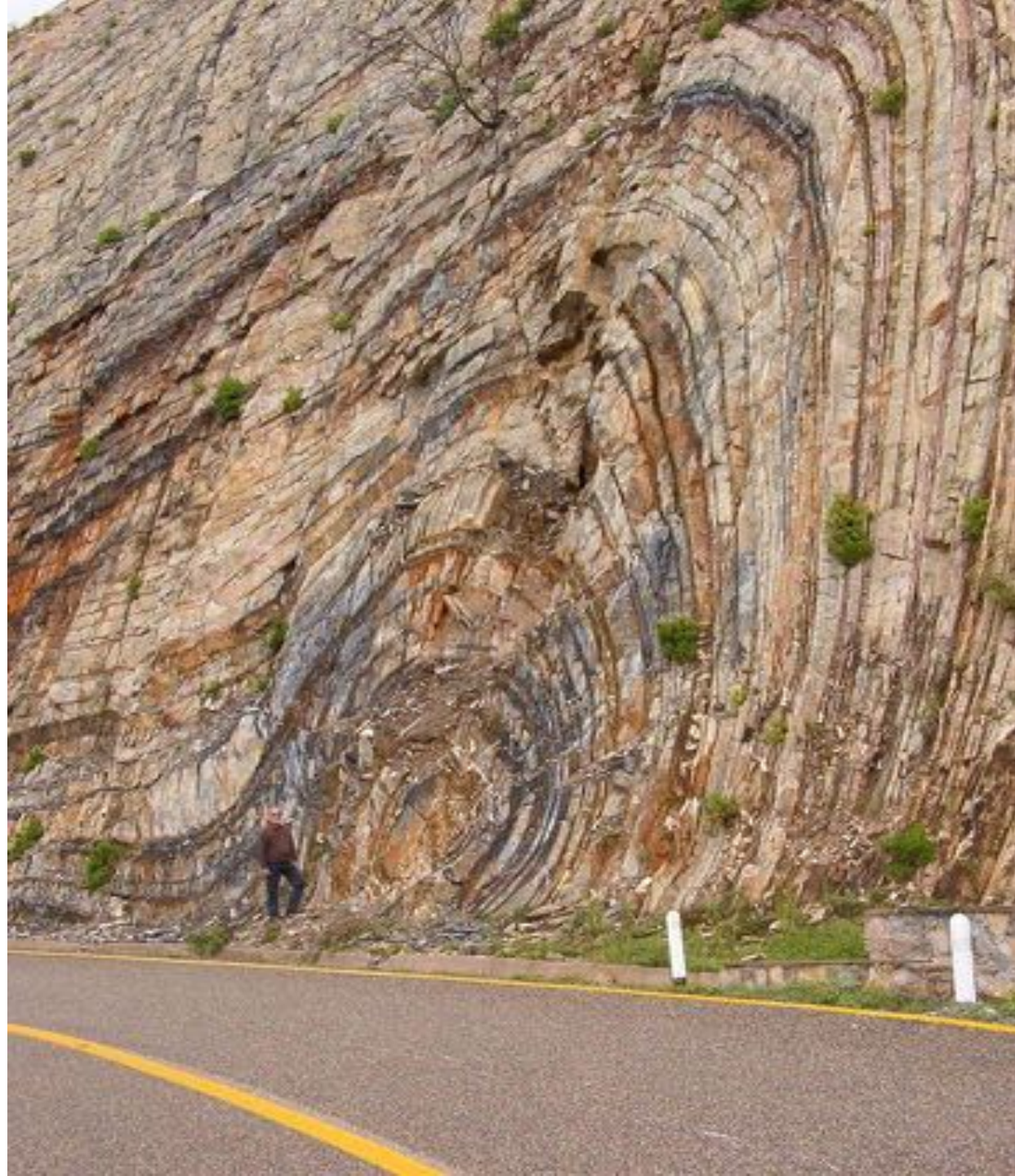
- Representado por sedimentos calcáreo-terrigenos de la F. Las Trancas del Jurásico.
- Las calizas de plataforma de la F. El Doctor/El Abra y sus facies equivalentes de cuenca de las Fs. Tamps/Cuesta del Cura del Cretácico inferior.
- Sedimentos calcáreos de las Fs. Méndez-Soyatal del Cretácico superior.

Cenozoico

- Pequeños depósitos del conglomerado (F. El Morro) y por magmatismo más reciente de intrusivos granodioríticos y volcanismo andesítico.

Este magmatismo es el responsable de la mineralización de yacimientos de Hg tipo hidrotermal









Sedimento de origen fluvial



Sedimento de origen volcánico







Tancoyol



Arroyo Seco



Jalpan



Tilaco

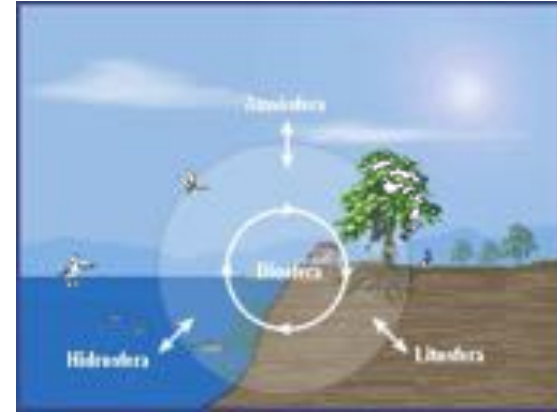
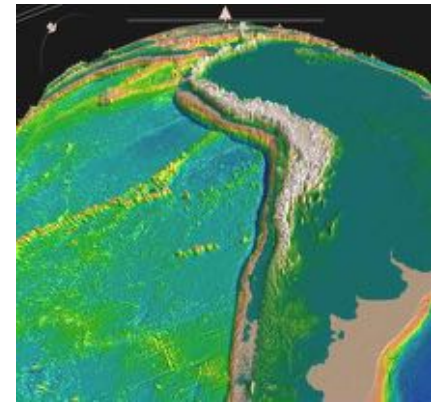


Bucareli



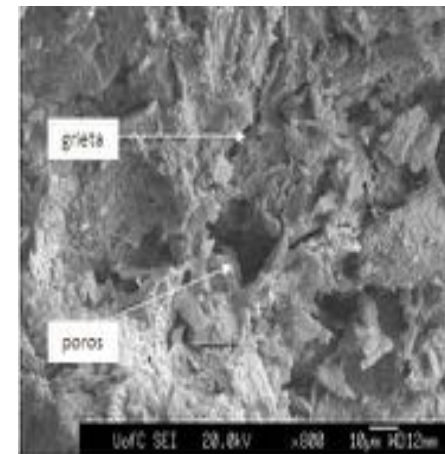
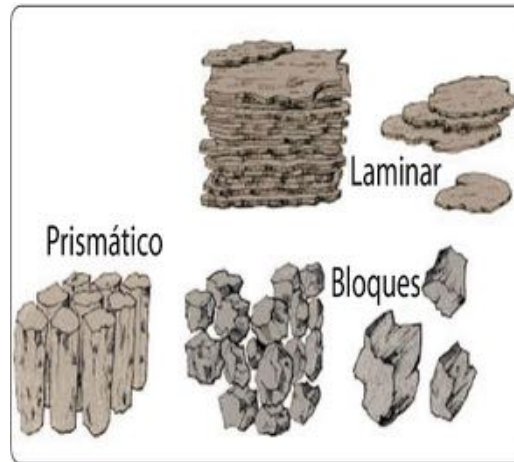
Landa de Matamoros





Horizontes del suelo

A	A00	Hojas y residuos orgánicos en descomponer
	A0	Residuos parcialmente descompuestos
	A1	Color oscuro por presencia de materia orgánica
	A2	Color claro por efecto del lavado
A3-B1 Transición a A-B		
B	B2	Precipitación de sustancias lavadas de A
	B3	Transición B-C
C	C	Fragmentos y restos de meteorización de la roca madre
D	D	Roca madre sin abarar



RESUMEN HISTÓRICO DE LA EXPLOTACIÓN DEL MERCURIO

Por más de 2000 años el cinabrio ha sido explotado al sur de la Sierra Gorda durante:

- La época prehispánica (S I A. C. – XV)**
- El período colonial (S XVI-XVIII)**
- Época reciente (S XIX-XX-XXI)**

Existen dos sitios arqueológicos principales: Ranas y Toluquilla

El cinabrio fue utilizado en ceremonias religiosas.

-En 1525 los españoles tuvieron las primeras noticias de la posibilidad de existencia de minas en la Sierra Gorda.

-A finales del S XVI se emiten las ordenanzas y leyes mineras conocidas como “Real de Minas” estableciendo que, alrededor de cada mina debía otorgarse territorios para el establecimiento de la hacienda de beneficio, vivienda, terrenos de siembra y el mantenimiento del ganado.

- En 1630 Gerónimo de Labra descubre las primeras minas de mercurio

- Entre los Siglos XVII y XIX continúa el avance minero del Hg, plagado de conflictos entre sus pobladores por la tenencia de minas.

-Al inicio de la segunda Guerra Mundial, la región minera de San Joaquín conoce el auge del mercurio. A principios de los años 50 del siglo pasado y hasta nuestros días, le toca la bonanza del Hg a los municipios de Pinal de Amoles, Peñamiller y Tolimán.

- **Los desperdicios de las minas han dejado una extensa área de terreros expuestos a la intemperie (Hernández-Silva et al, 2009).**
- **El Hombre puede ser receptor de Hg a través de la inhalación de partículas del aire, contacto directo o ingestión (Pyatt et al., 2005).**
- **Estos mecanismos han operado en el pasado y en el presente (Chao and Wang, 1994).**
- **El Hg persiste en el ambiente y sitios contaminados aún después de decenas o cientos de años (Person and Percival, 2005).**

EL PROBLEMA



Entrada a una mina prehispánica



Mina El Otatal



















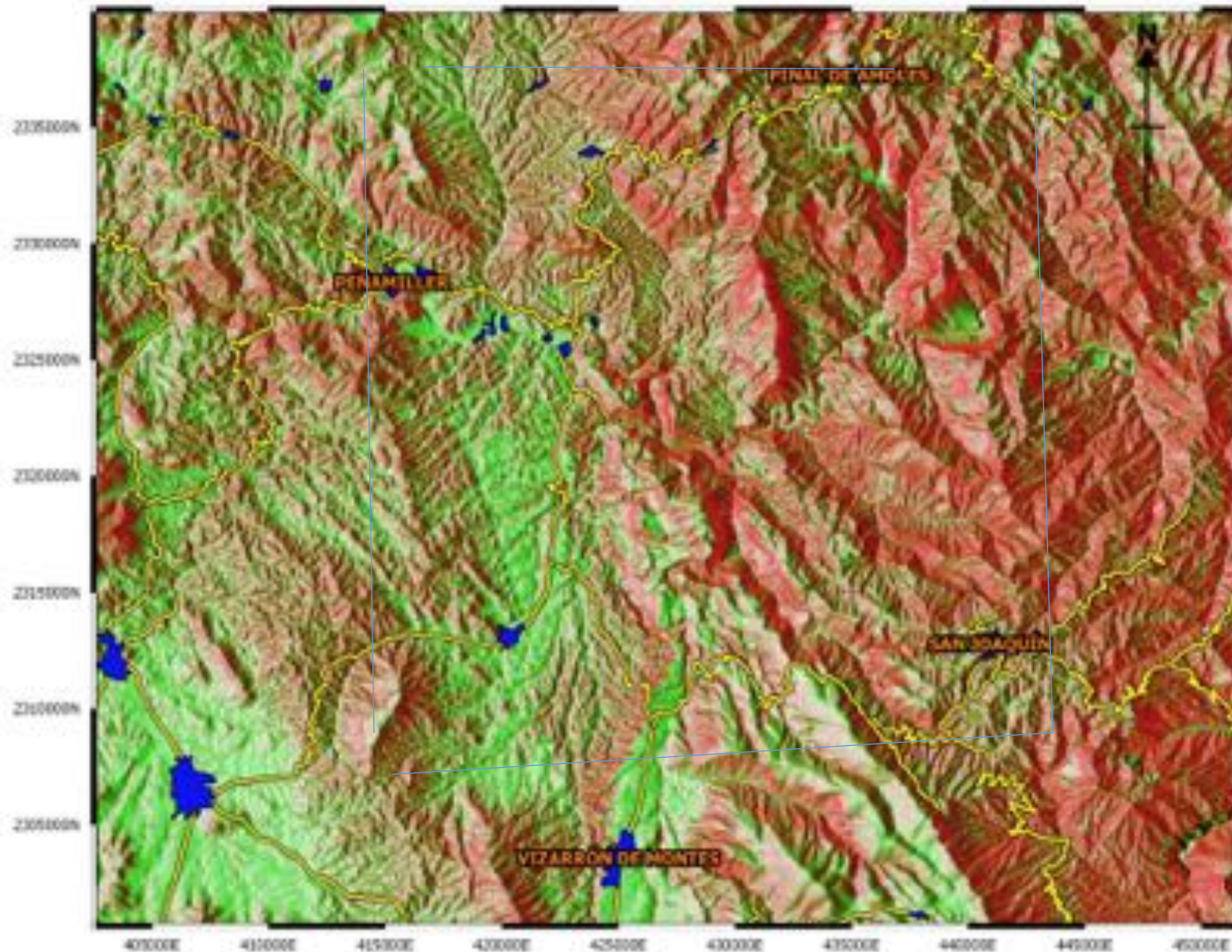




Objetivo General

Determinar las emisiones del Hg a la atmósfera y establecer su dispersión (liberación) en el paisaje de acuerdo al CM, analizando al mismo tiempo sus efectos en los sistemas terrestres de toda la zona mineralizada de la Sierra Gorda de Querétaro.




REGIÓN DONDE SE UBICARÁ LA ZONA DE MINERALIZACIÓN DEL Hg DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO



ZONA DE ESTUDIO, ESTADO DE QUERÉTARO

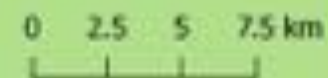


LEYENDA

-  LOCALIDADES
-  CARRETERAS
-  CURVAS DE NIVEL

ESCALA

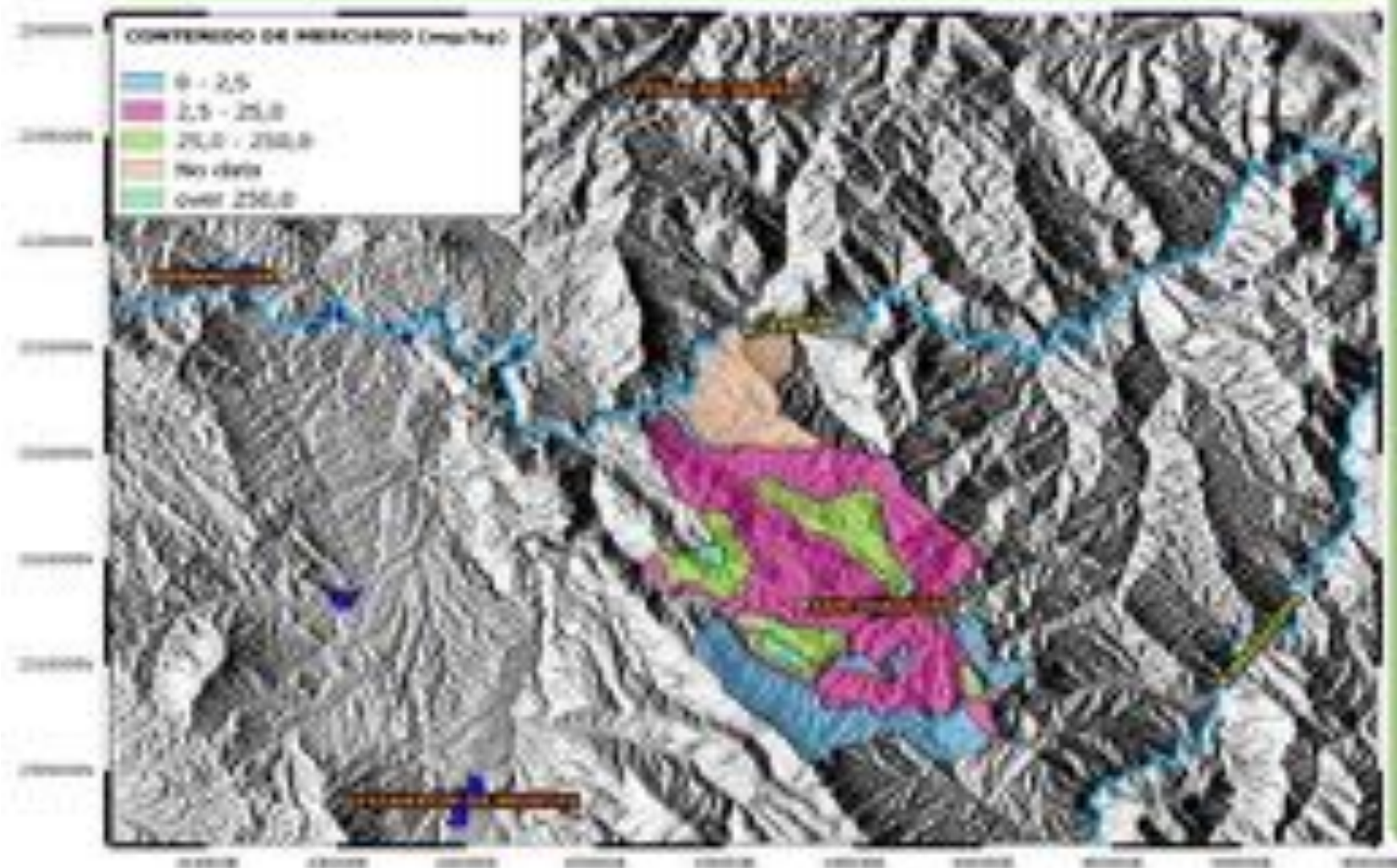
1:230,000



Sistema de coordenadas de referencia (SCR):
WGS 84 / UTM zona 14N

Elaborado por:
Juan Pablo Carreras Medina

MAPA DONDE SE UBICA LA ZONA DE ESTUDIO DE SAN JOAQUÍN



ÁREA DE ESTUDIO, DENTRO DE
VALDIVIA



LEYENDA

- LOCALIDADES
- HIROGRAFÍA

ESCALA

1:230.000

0 2,5 5 7,5 km

Sistema de coordenadas de
referencia (SIR):
WGS 84 / UTM zona 18Q

Elaboración:
Juan Pablo Contreras Muñoz

COMPARACIONES Y ALGUNOS RESULTADOS DE LIBERACIONES Y EMISIONES

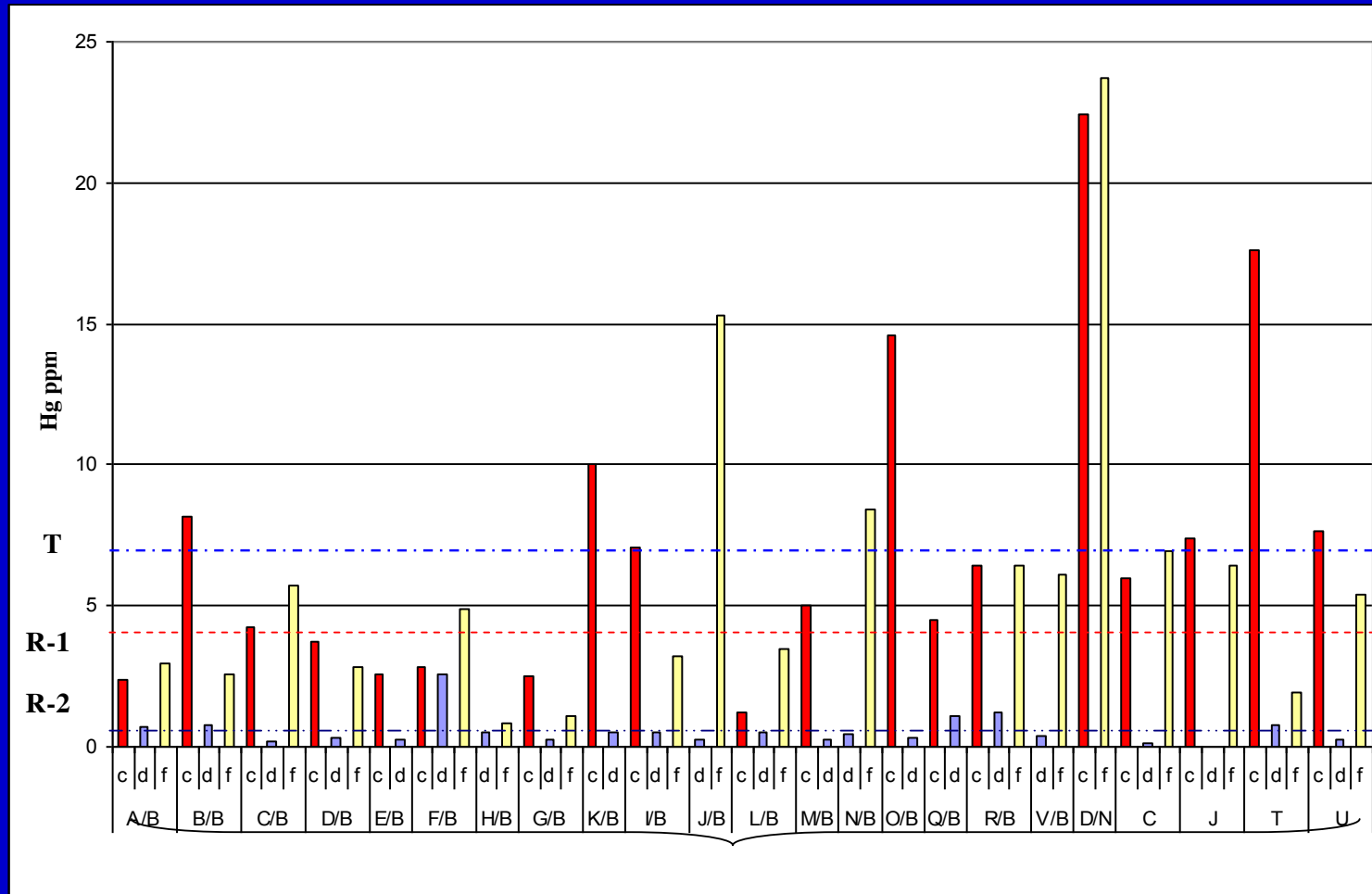
CONTENIDO DE Hg TOTAL EN TERREROS DE DIFERENTES PAÍSES

Región-País	Hg (mg/kg)	Referencia
Almadén (España)	160 - 34,000	Higuera et al., 2006
Monte Amiata (Italia)	25.0 - 1500	Costaglia et al., 2009
Idrija (Eslovenia)	42.6 - 1640	Biester et al., 1999
Guizhou (China)	5.7 - 4400	Qiu et al., 2005-6
San Joaquín, Qro. (México)	2.4 - 4164	Martínez-Trinidad, 2013

CONTENIDO DE MERCURIO EN JALES DERIVADOS DE BENEFICIOS DE ORO

Mina (jale)	Hg (mg/kg)	Referencia
La Zacatecana (Zac.)	47.95	Gavilán-García et al., 2008
Osiris (Zac.)	96.56	“ “ “
NE de Canadá	500 – 4500 µg/g	Lane et al, 1988
Amazonia (Brasil)	30 – 80 µg/g	Bycroft et al., 1982
Amazonia (Colombia)	0.04 – 0.10 µg/g	Andrade et al., 1988

TOTAL MERCURY CONTENT IN PRE-HISPANIC BONES FROM TOLUQUILLA ARCHAEOLOGICAL SITE



c = skull

d = tooth

f = femur

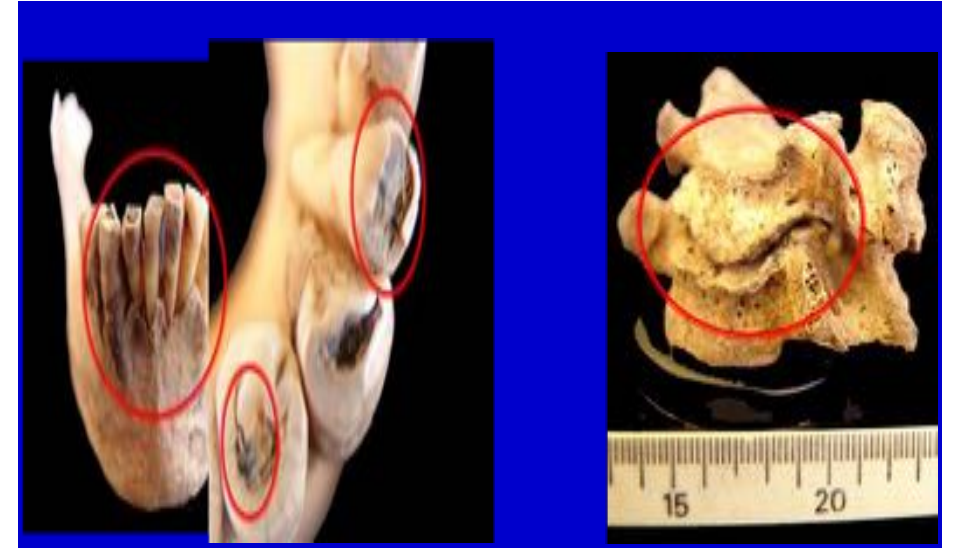
R-1: 4.0 ± 1.7 Eide et al., 1993

R-2: 0.28 ± 0.21 , Kuhnlein & Calloway, 1977

T: 6.97 ± 5.67

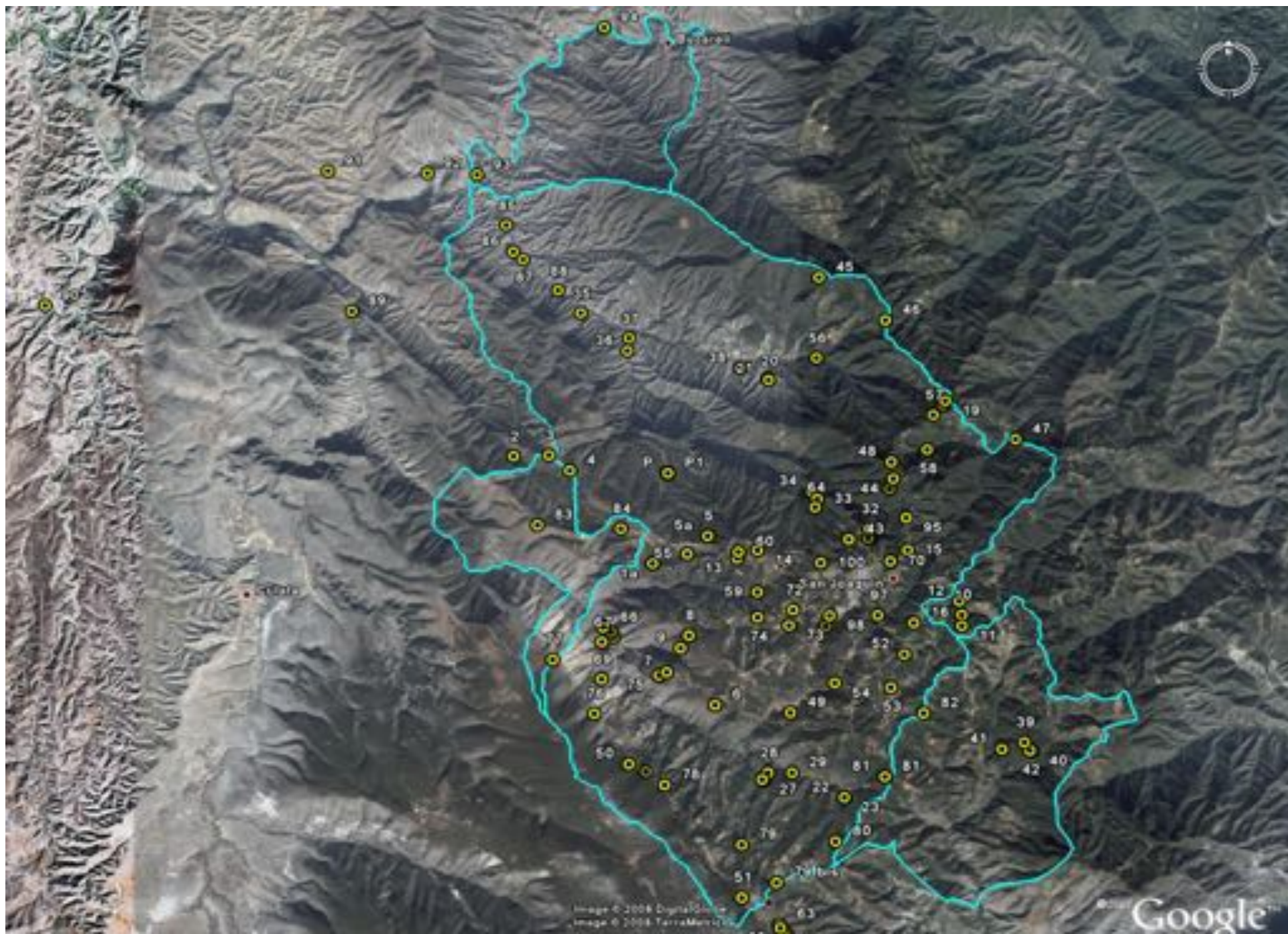


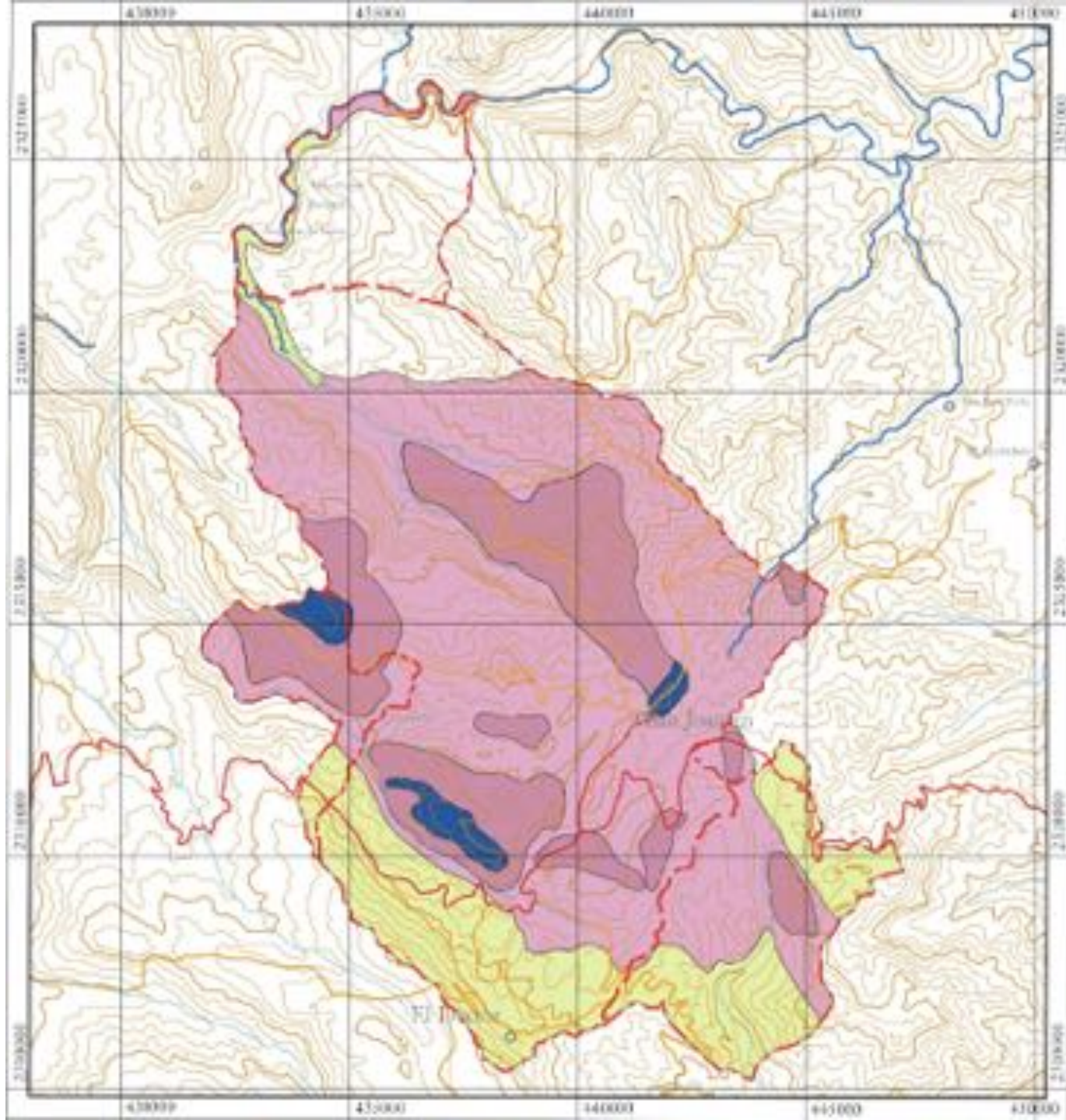
The two circles show the location of the pronator muscle (Photo Israel Lara, 2007)



a) Individual T showing tooth strain. b) Individual J showing damage in its spine through fused vertebrae (Photo Israel Lara, 2007)

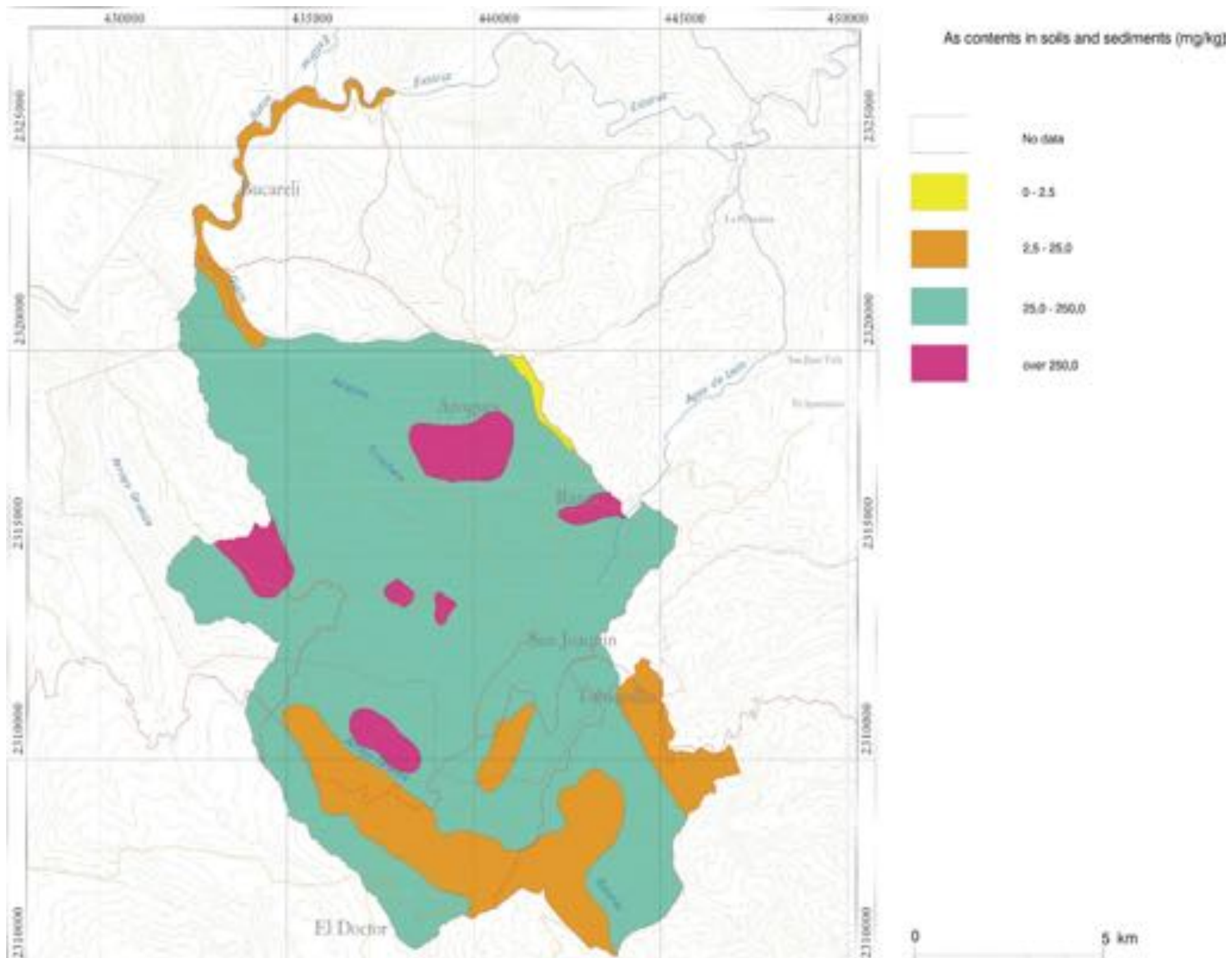
Elemento (total)	Matriz	Máximo	Mínimo	Unidad	Autores
Hg	Huesos de individuos prehispánicos	21.3	0.18	mg/kg mg/Kg)	Herrera y Mejía, 2009
As	"	68.9	2.19	mg/kg	Bartha et al., 2009
Pb	"	71.00	0.12	"	Hernández et al., 2009
Cd	"	36.70	0.12	"	"

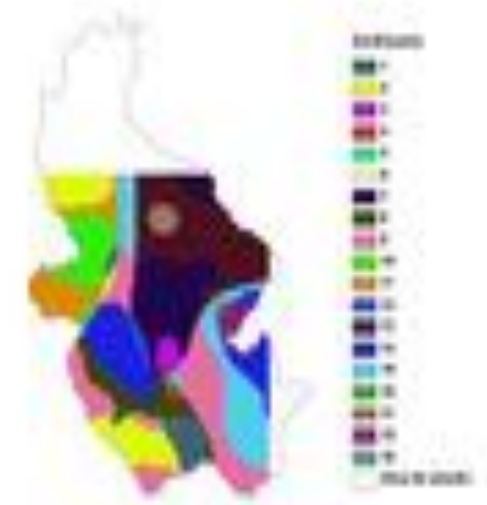
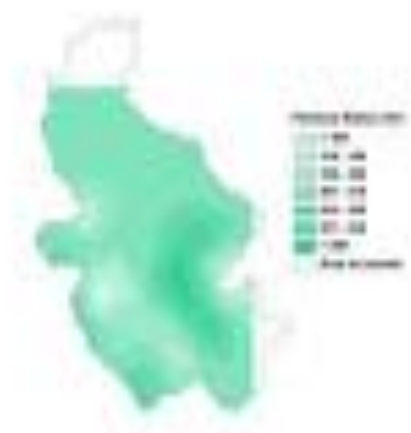
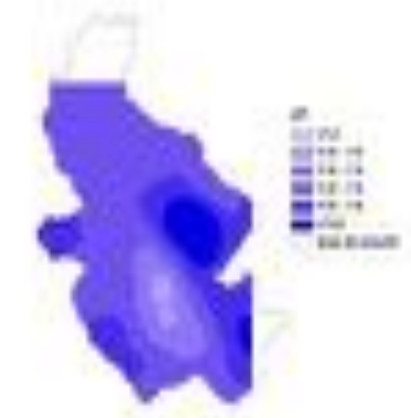




Hg contents in soils and sediments (mg/kg)







USO DE SUELO	MERCURIO (mg kg)
Soil in prehispanic sites	65.48 ± 40.45
Soil/secondary vegetation	15.14 ± 12.97
Forestal soils	11.64 ± 19.75
Agricultural soils	55.28 ± 95.70
Tailings and soils	437.75 ± 450.05
Tailings	605.59 ± 1187.72
Tailings/skarn	10.42 ± 6.03
Sediments	70.29 ± 153.50
Modern mine	799.57 ± 1083.78
Prehispanic mine	137.32 ± 153.59
Prehispanic plus modern mines	971.86 ± 1446.49



Sheep manure
(Ovis aries)

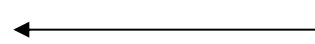
597.84 mg/kg



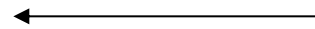
Salt-wort
(Beta vulgaris)

26.29 mg/kg

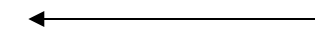
Maize plant (*Zea mays*)



grain 0.04 - 0.90 mg/kg



leaf 0.2 - 8.2 mg/kg



root 0.2 - 8.7 mg/kg

Max. 0.5 mg/kg
WHO 2004

Blue maize tortilla

(Zea mays)

3.364 mg/kg

**Max. 0.5 mg/kg
WHO 2004**





Emisión de Hg a la atmósfera

5.3 – 415.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

NOM-99: 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



**Drinking water
0.01 – 0.29 mg L**

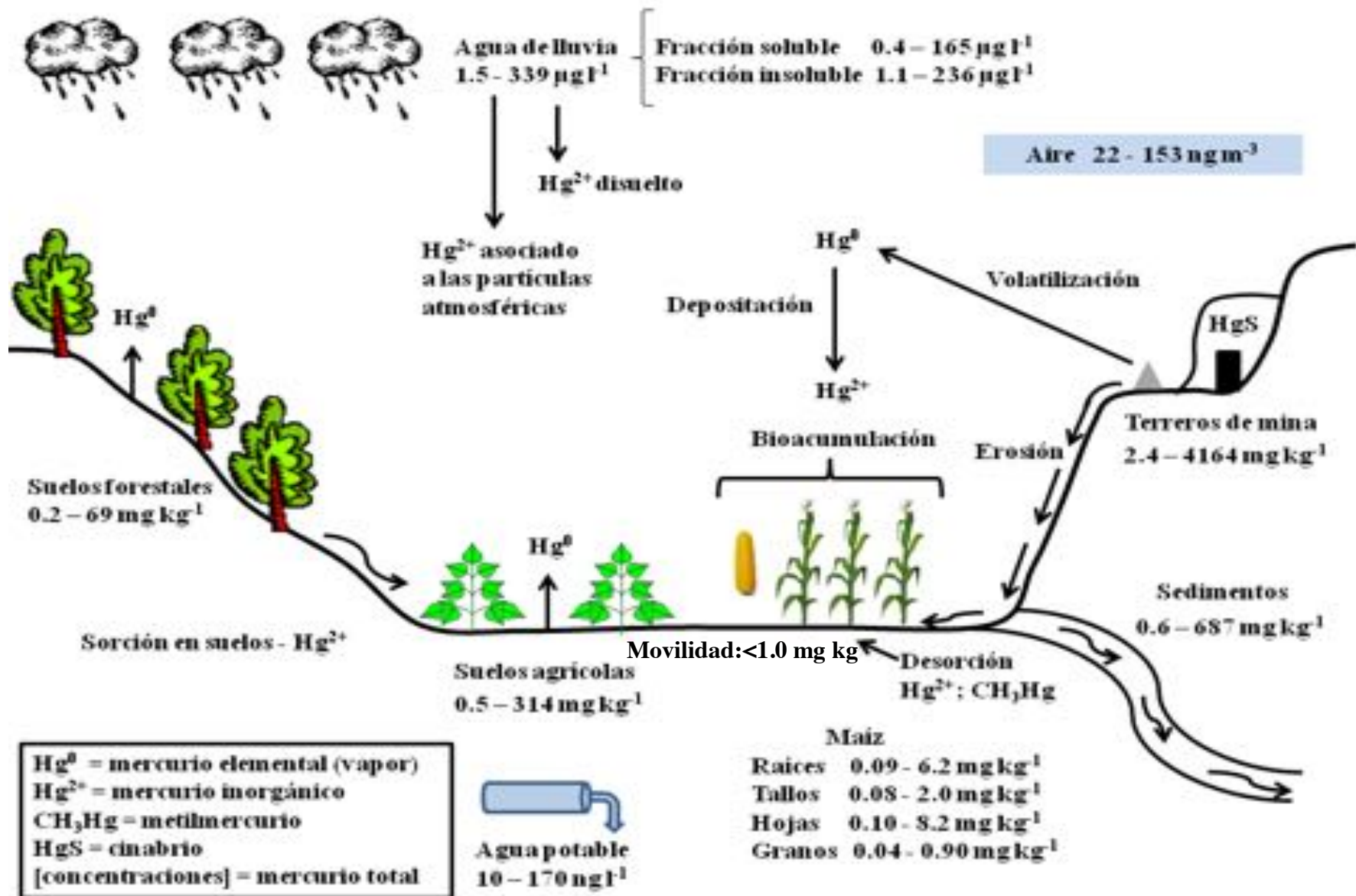
Max. NOM 0.5 mg L



0 – 25 cm

Agricultural soil
0.13 – 465.3 mg/kg

Max. 25 mg/kg



Hg^0 = mercurio elemental (vapor)
 Hg^{2+} = mercurio inorgánico
 CH_3Hg = metilmercurio
 HgS = cinabrio
 [concentraciones] = mercurio total

Movilidad: < 1.0 mg kg^{-1}

¡GRACIAS!