

# **EFFECTOS AMBIENTALES DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS**

**Dra. Ma. Aurora Armienta Hernández**

**Instituto de Geofísica, UNAM**





**GASES  
VOLCÁNICOS**

**H<sub>2</sub>O**

**CO<sub>2</sub>**

**SO<sub>2</sub>**

**H<sub>2</sub>S**

**HF**

**HCl**

**Metales pesados  
(Principalmente  
como cloruros y  
sulfatos)**

19 Dec 2000, 6:56:56 ( 19 Dec 2000 12:56:56 GMT )

**CENAPRED**



## Cenizas

(52-63% Sílice en Andesitas)



10 Dec 1998, 9:34:21 ( 10 Dec 1998 15:34:21 GMT )

CENAPRED







El Chichón, 1982.

Devastación en un radio de 10 km. Flujos piroclásticos masivos causaron muchas víctimas (aproximadamente 2000 muertes) y daños mayores.



Foto de Servando De la Cruz,





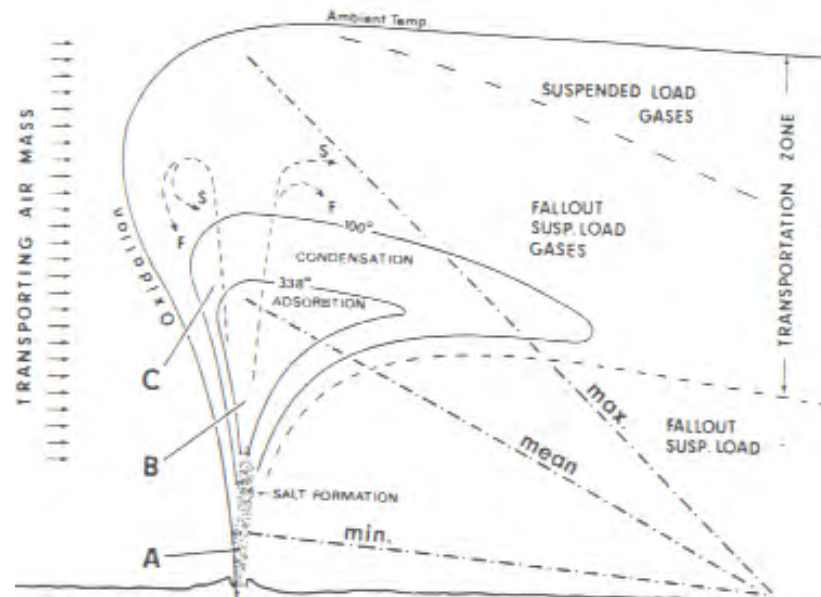
**Fotografía: Servando De la Cruz**

# Popocatépetl



3 Jul 2001, 6:57 ( 3 Jul 2001, 11:57 GMT)

CENAPRED




# Popocatépetl

12 Mar 1999, 14:19:17 ( 12 Mar 1999 20:19:17 GMT)

CENAPRED

- GAS
  - SO<sub>2</sub>
  - HCl
  - HF
  - SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
  - 4H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> ⇌ 3H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>S
- AGUA
- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>
- Cl<sup>-</sup>
- F<sup>-</sup>





**Pueden alcanzarse niveles altos de especies tóxicas.**

19 Dec 2000, 7:07:47 ( 19 Dec 2000 13:07:47 GMT )

**CENAPRED**



## Efectos en la salud

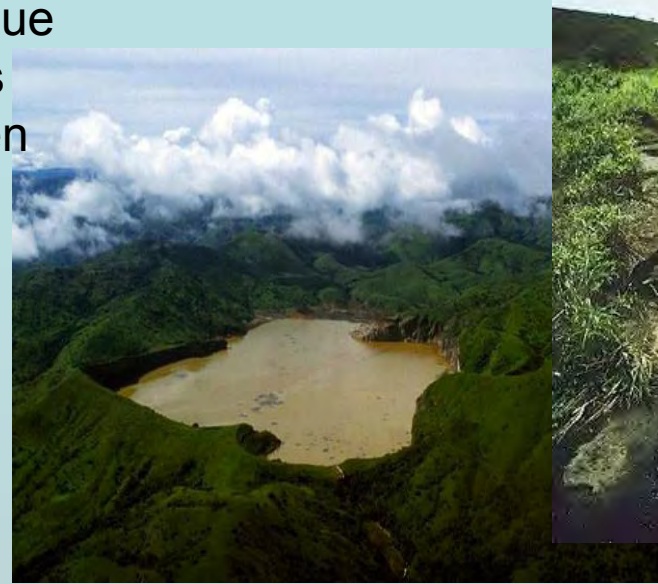
Flujos piroclásticos	Quemaduras extensas y profundas Problemas en las vías respiratorias Politraumatismos
Flujos de lodo o lahares	Politraumatismos Fracturas, quemaduras Amputaciones Sepsis
Gases volcánicos	Intoxicación por vía aérea <b>Enfermedad gastrointestinal por contaminación de agua</b> Manifestaciones psicosociales
Lluvia ácida	<b>Enfermedad gastrointestinal por contaminación de fuentes de agua</b>

### Evento eruptivo: emisión y caída de ceniza

Tipo de afectación	Consecuencias	Impacto a la comunidad	Acciones preventivas
Respiratoria	Inhalación de ceniza fina. <10 micras de diámetro.	Asma, recrudecimiento de enfermedades pulmonares previas.	Pruebas de laboratorio para medición de partículas. Uso de mascarilla de alto rendimiento. Protección de casas y oficinas de la infiltración de ceniza.
	Inhalación de polvo de sílice (presencia de sílice, cuarzo).	Silicosis si existe una exposición fuerte y continua (años).	Análisis de laboratorio para identificar sílice. Equipo protector respiratorio.
Tóxicas	Ingestión de agua contaminada con flúor, metales pesados (aluminio, cobre, arsénico).	Malestar gastrointestinal. Puede llevar a la muerte en personas vulnerables (enfermos crónicos).	Pruebas de laboratorio que identifiquen elementos tóxicos. Evitar las aguas superficiales para beber.
	Ingestión de alimentos contaminados (como en el caso anterior), incluida la leche.		Pruebas de laboratorio que determinen si existen elementos tóxicos. Observar la salud de los animales. Análisis de laboratorio de la leche.
Oculares	Cuerpos extraños en ojos.	Conjuntivitis; desgaste de las córneas.	Gafas protectoras para exposiciones fuertes (trabajadores al aire libre).



El bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es más pesado que el aire y puede acumularse en las áreas bajas alcanzando altas concentraciones que pueden terminar con la vida de personas, animales y plantas. Adicionalmente si se acumula en el agua de lagos cratéricos es posible que concentraciones elevadas sean expulsadas violentamente a la atmósfera.

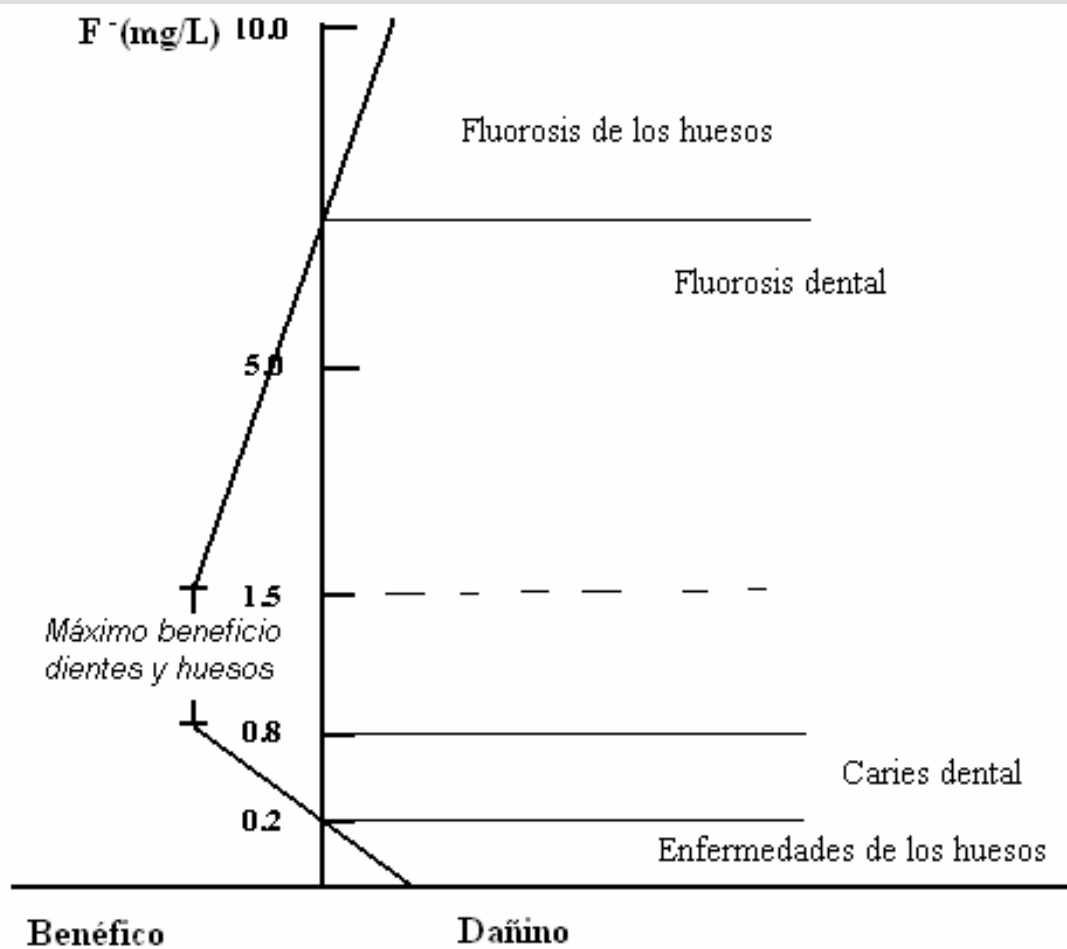


11/abr/96 Popocatepetl Vista desde borde del cráter (foto: Marcos Galicia) p0411961.jpg

OPS, 2005

La inhalación de bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) provoca constricción del tracto respiratorio y aumenta la resistencia al flujo del aire, por lo que se observan cambios en los patrones normales de la función pulmonar. Se requiere de una dosis pequeña de bióxido de azufre para producir una respuesta biológica, como la irritación e inflamación de las vías respiratorias, las conjuntivas y la piel, además de la exacerbación de enfermedades respiratorias crónicas, que ocurre durante o algún tiempo después de la manifestación

# Consumo de agua contaminada con fluoruro



Paracelso: "dosis facit venenum".





*Lonquimay, Chile:* Durante la actividad de 1988, 100,000 animales de granja fueron afectados por cenizas contaminadas por fluoruro

*Ruapehu, Nueva zelandia:* Las muertes de varios miles de ovejas después de la erupción de 1995 se piensa que se debieron a la fluoriosis y casos aislados de fluoriosis en ganado también se reportaron después de las erupciones de 1995 y 1996 (Cronin et al, 2003).

*Hekla, Islandia:* erupción en 1970, Las concentraciones de fluoruro en las pasturas cubiertas de ceniza excedieron  $4000 \mu\text{g} / \text{g}$ . Se reportaron 7500 animales muertos (Óskarsson, 1980)



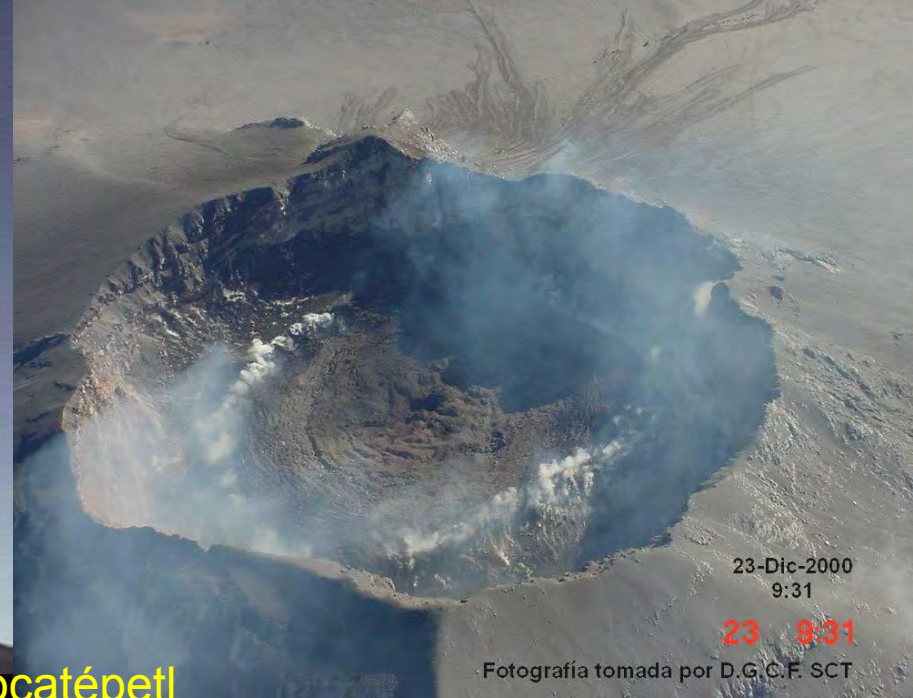


**México se caracteriza por una actividad volcánica considerable**





10 Dec 1998, 9:34:21 ( 10 Dec 1998 15:34:21 GMT )



23-Dic-2000  
9:31

23 9:31

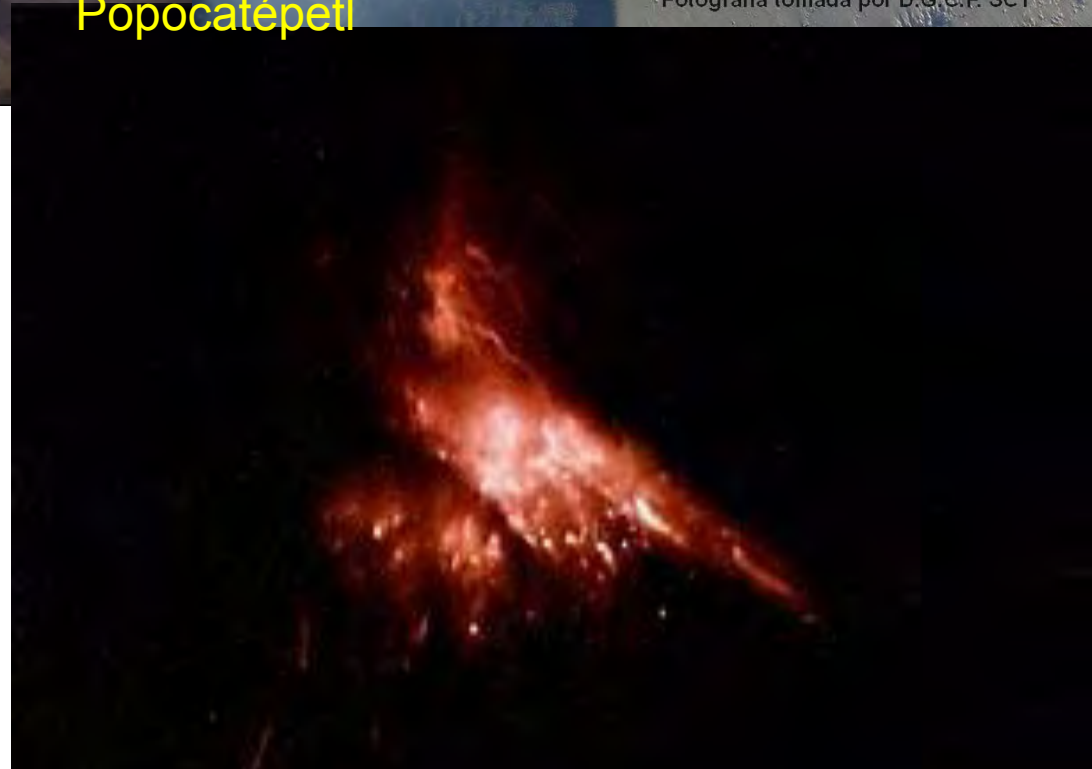
Fotografía tomada por D.G.C.F. SCT

## Popocatépetl

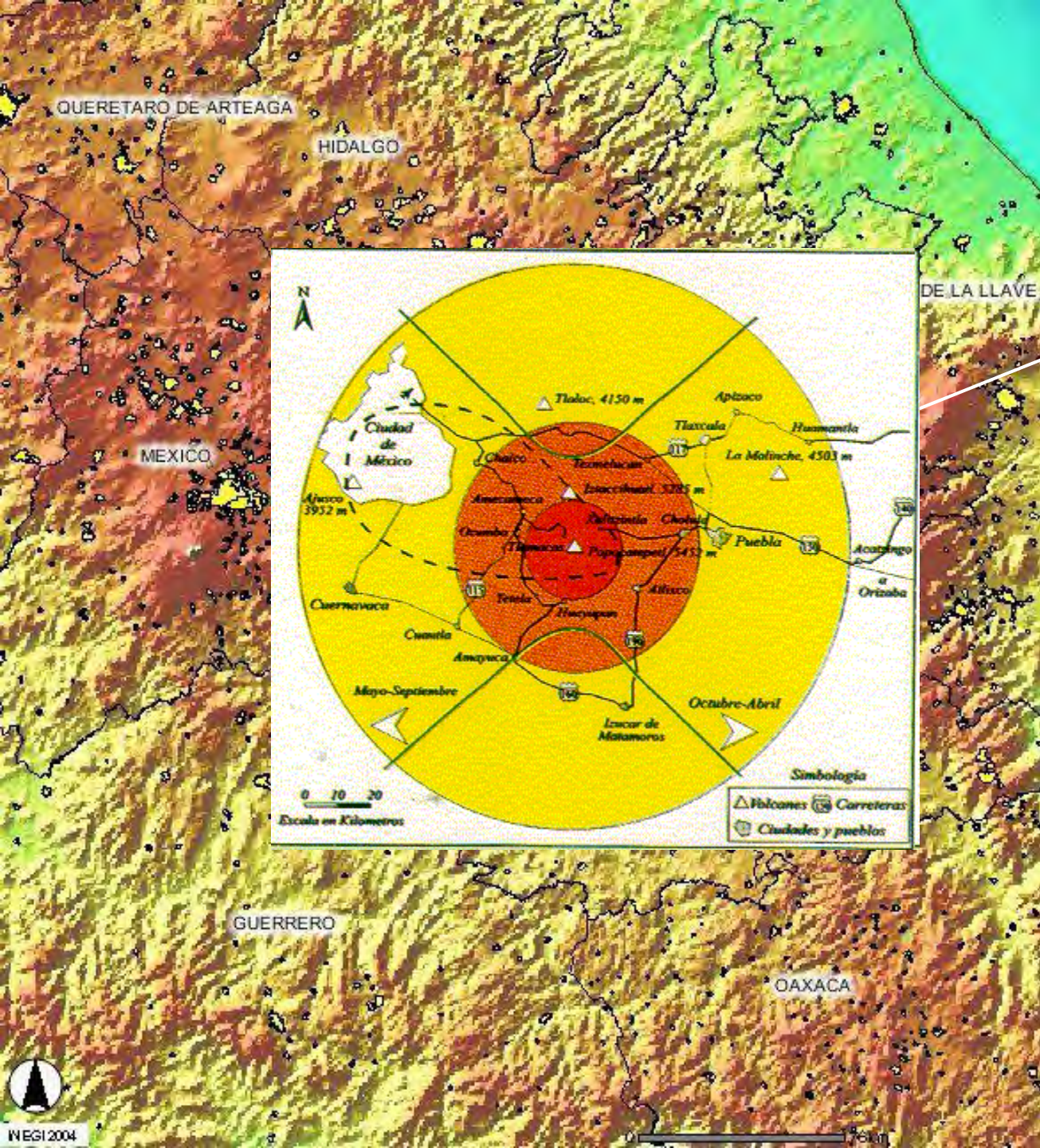
Actividad eruptiva desde diciembre de 1994.

Episodios de formación y destrucción del domo desde marzo de 1996.

Emisiones intermitentes de ceniza.





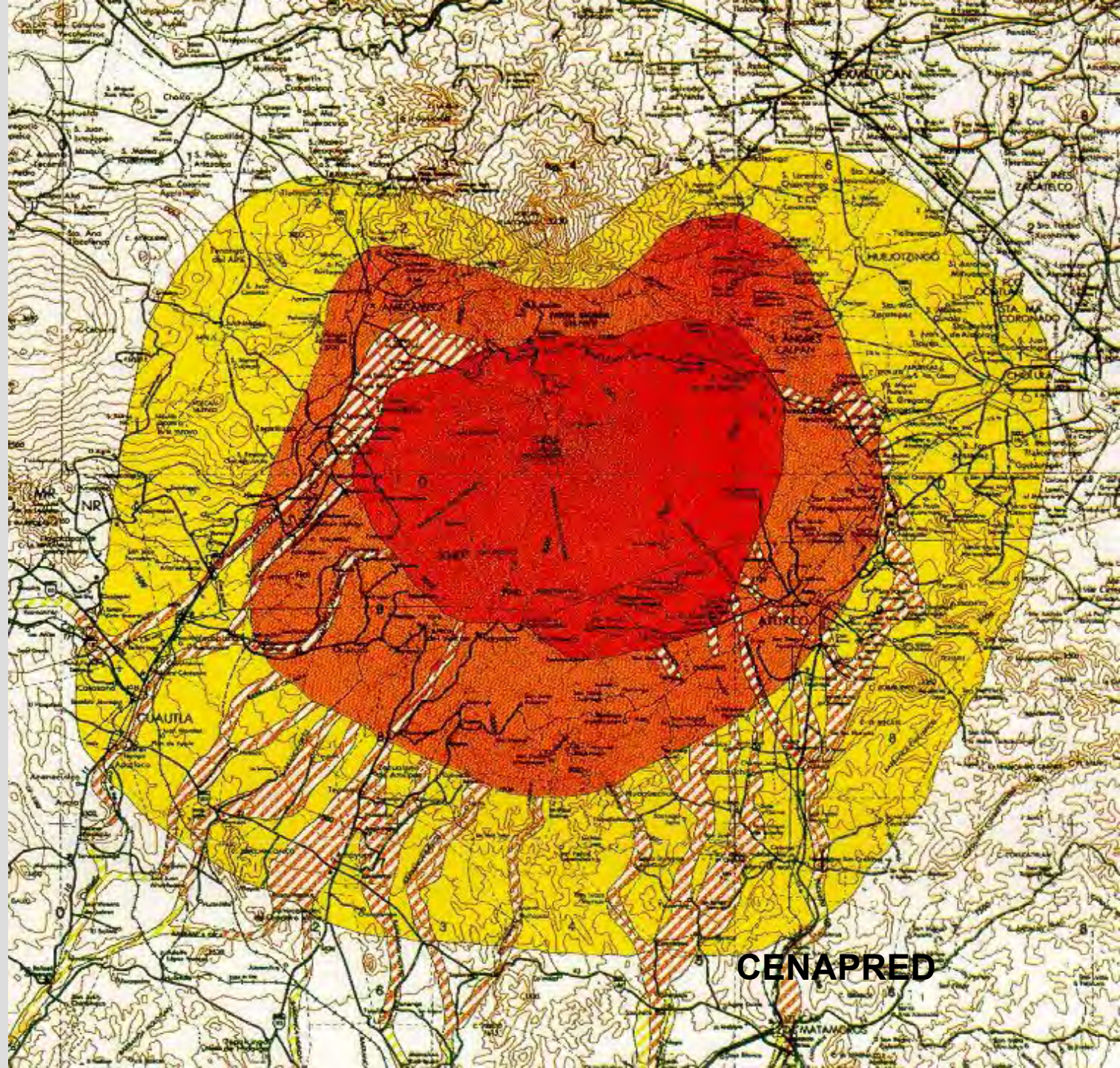


## Popocatépetl

Más de 20 millones de personas podrían ser afectadas por la caída de ceniza



...o cerca de  
medio millón  
por efectos  
directos



**CENAPRED**



**Pino (*Pinus hartwegii*)**

**Oyamel (*Abies religiosa*)**

**Roble (*Quercus rugosa*)**

**Ciprés (*Cupressus lusitanica*)**

**Alrededor de 1000 especies  
de vegetales**



**Teporingo (conejo del volcán,  
*Romerulagus diaza*), coati  
(*Nasua nasua*), ardillas  
(*Sciurus* y *Spermophilus*),  
venado cola blanca  
(*Odocoileus virginianus*)**

**52 especies de mamíferos**

**1 11 2002**







**Maíz, cebada, avena,  
frijol, trigo, forraje**

**Ganado: vacuno,  
porcino, caprino,  
ovino, caballar**



# EXTRACCIÓN

1 g de muestra seca (que no se haya mojado)  
25 ml agua desionizada  
2 h agitación  
15 min centrifugación 3500 rpm  
Filtración por 0.45  $\mu\text{m}$ .

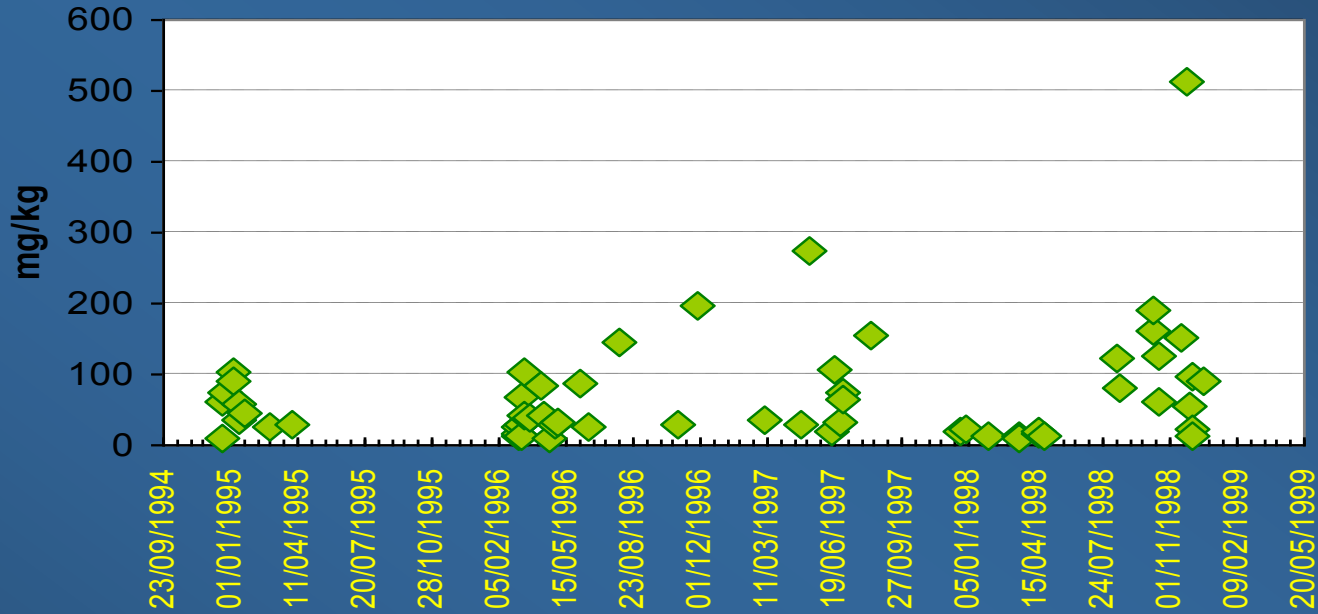
## ANÁLISIS

Potenciometría con electrodos selectivos para fluoruro  
Espectroscopía de absorción atómica y espectrometría de masas (ICP-MS) para metales

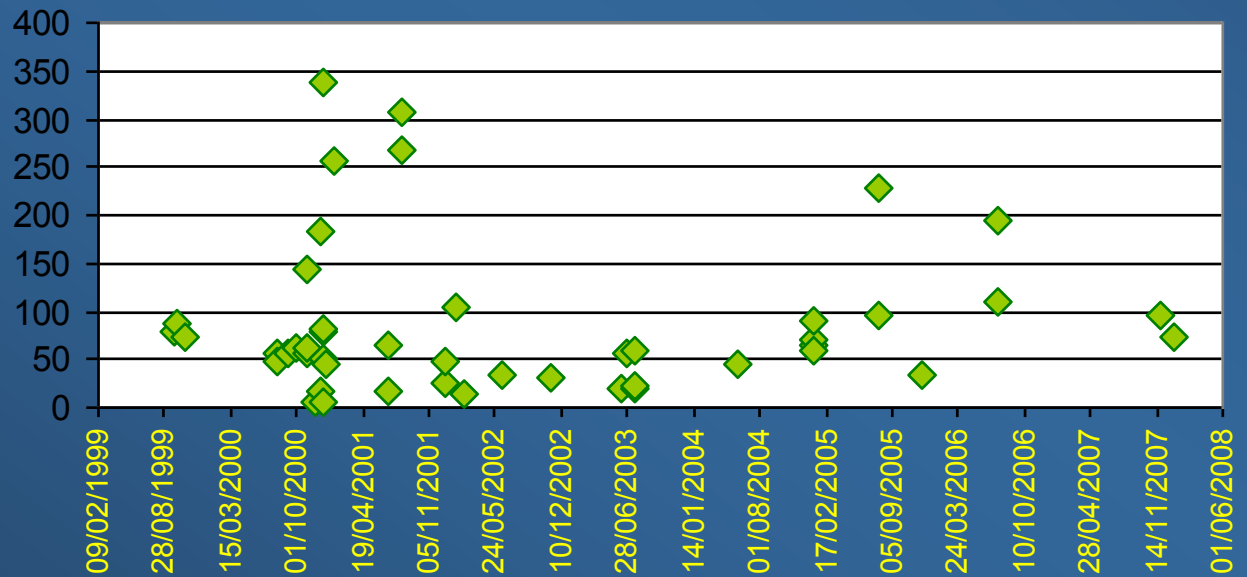


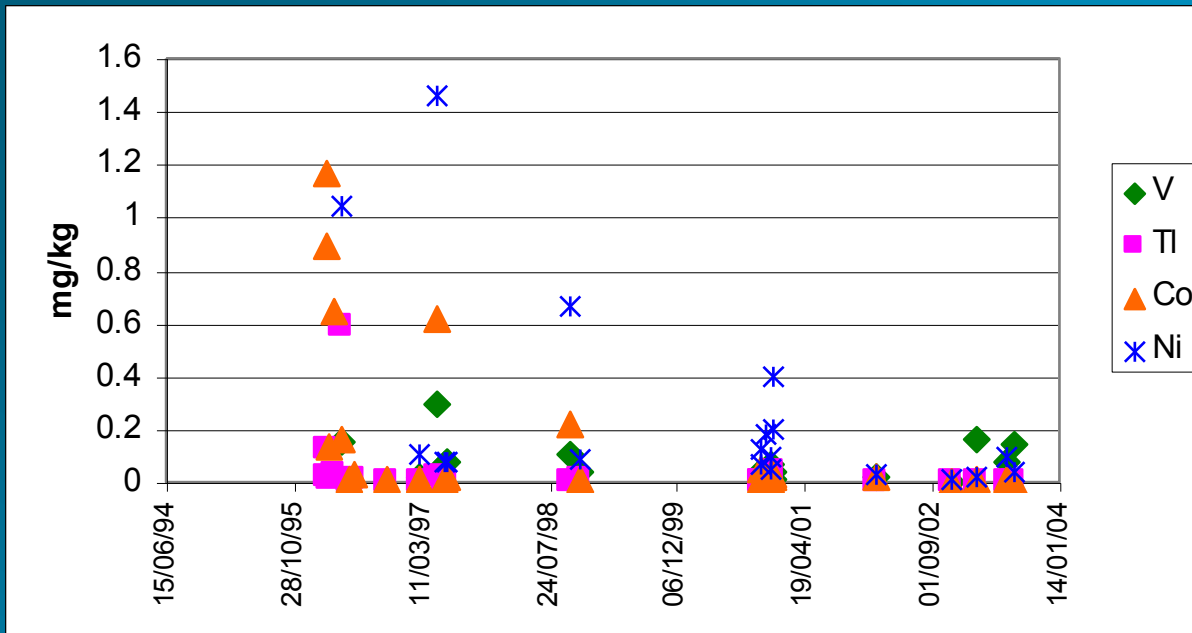


# F lixiviados 1994-1998

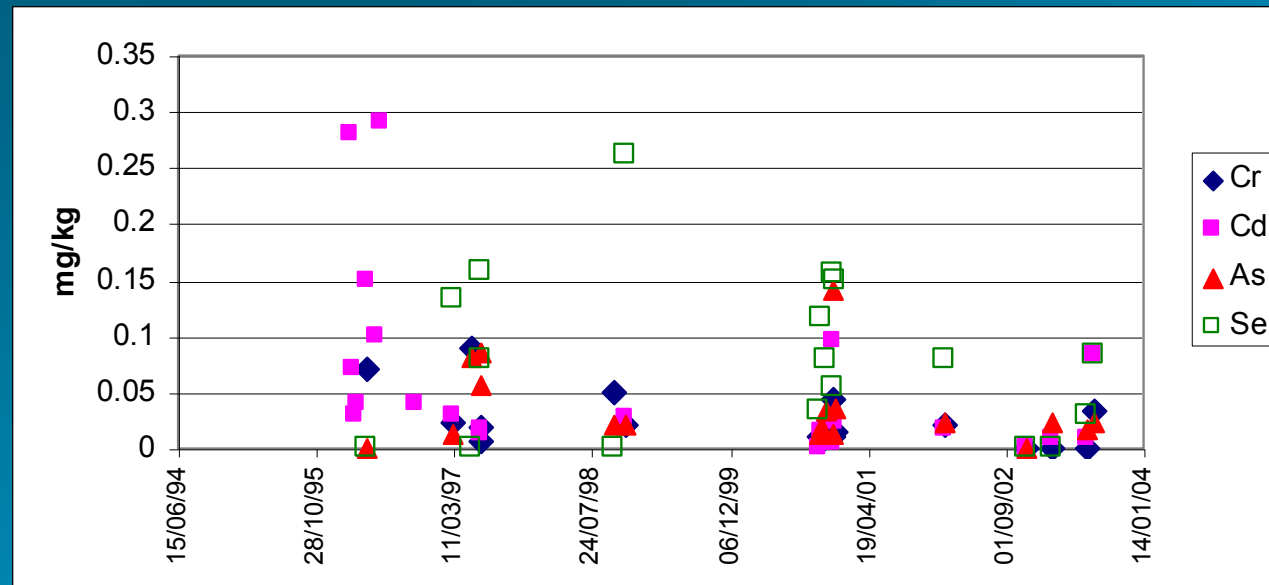


# 1999-2008

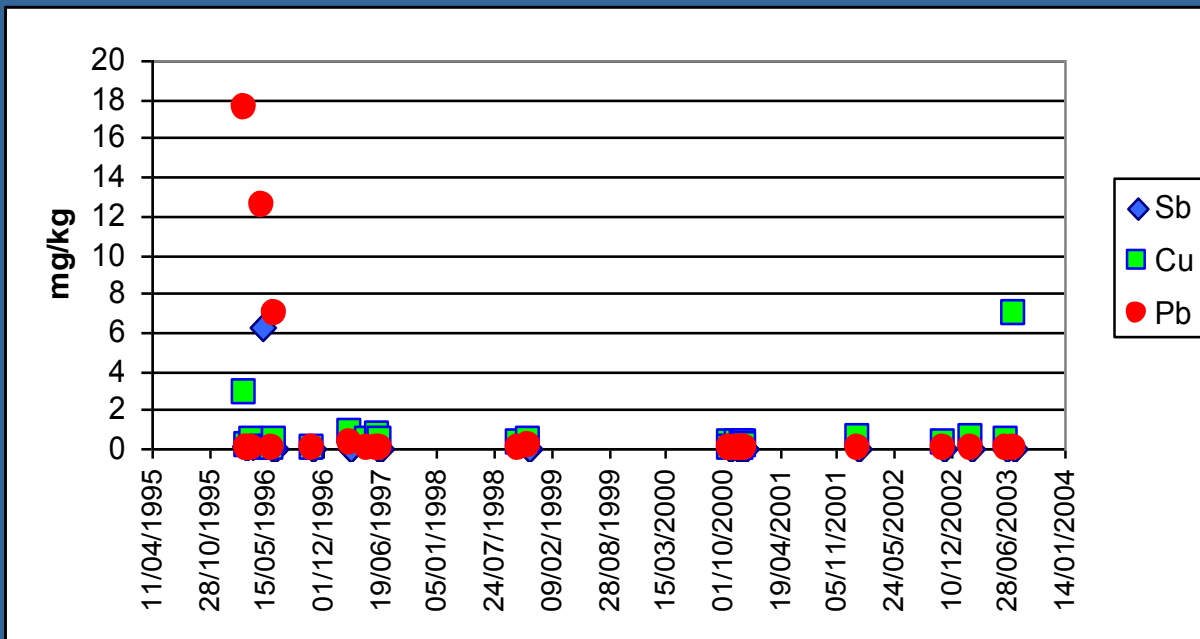




## Metales

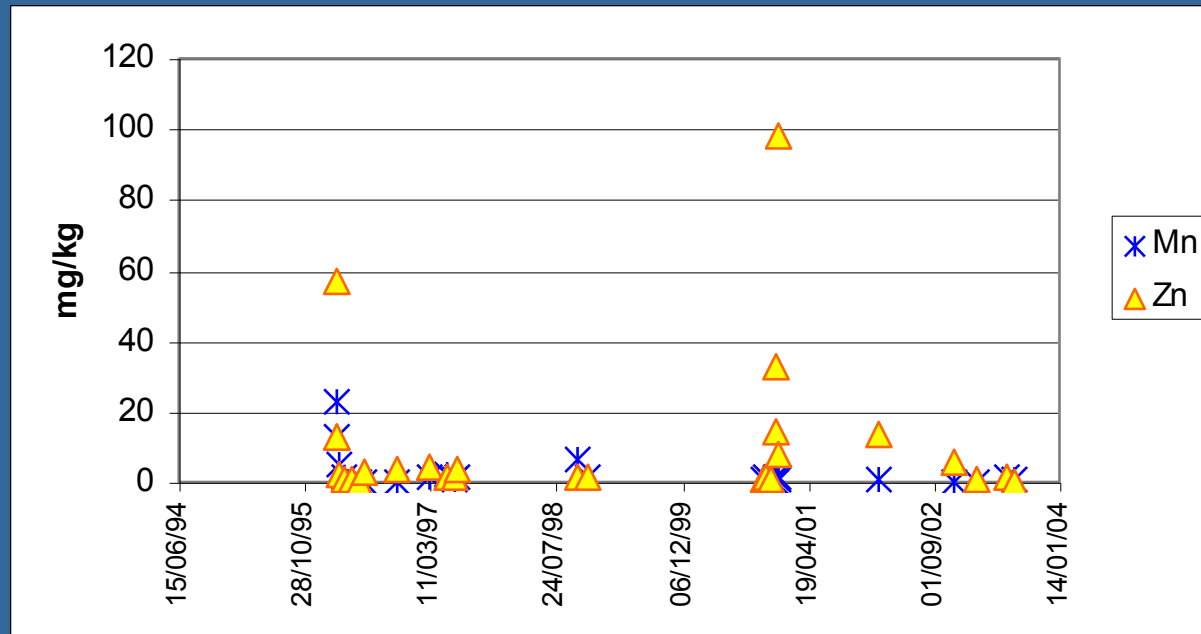


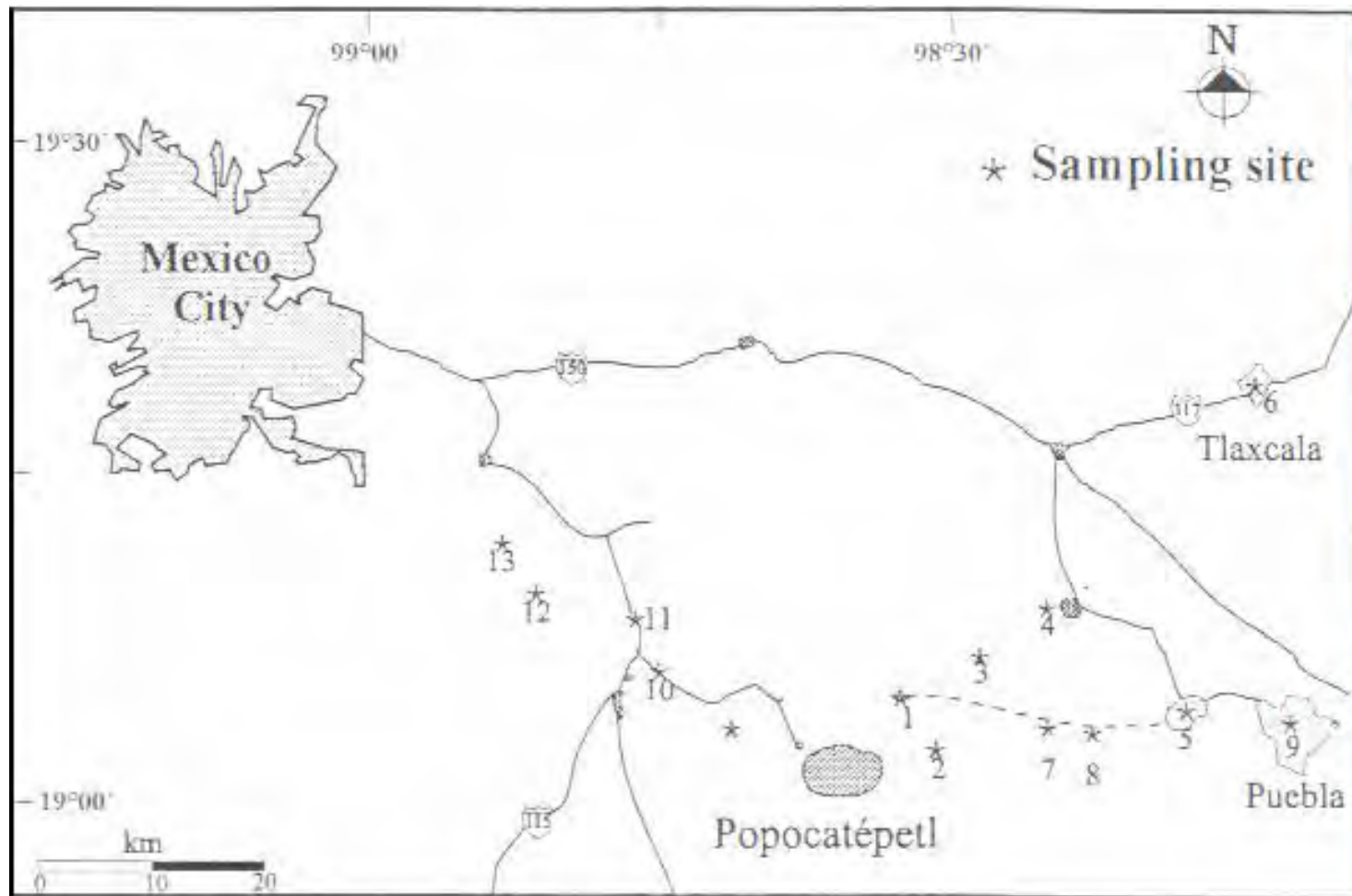




En general:

Zn > Mn > Pb > Cu > Ni  
 > Co > V > Tl > Cd > Se >  
 As > Sb > Cr

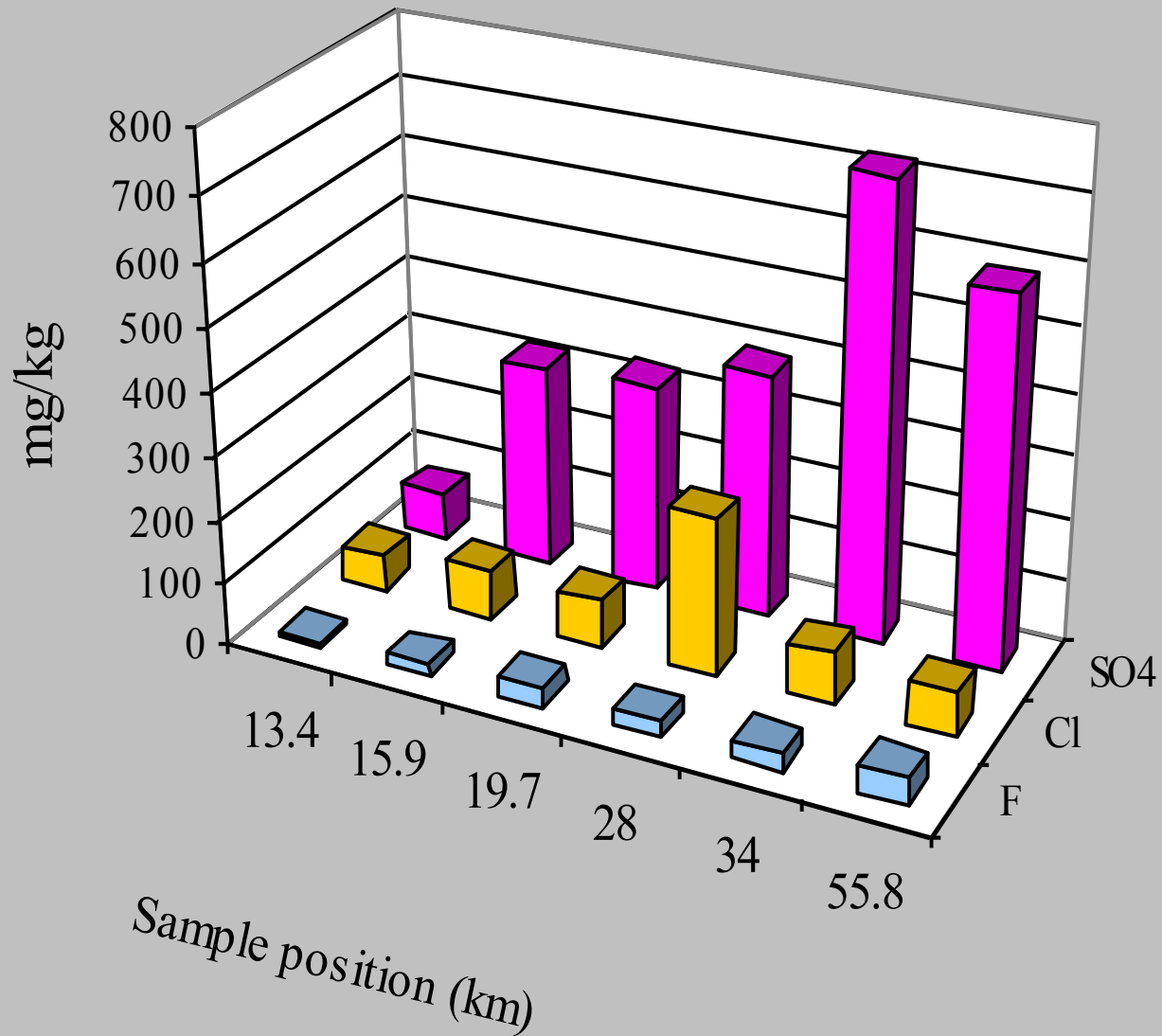




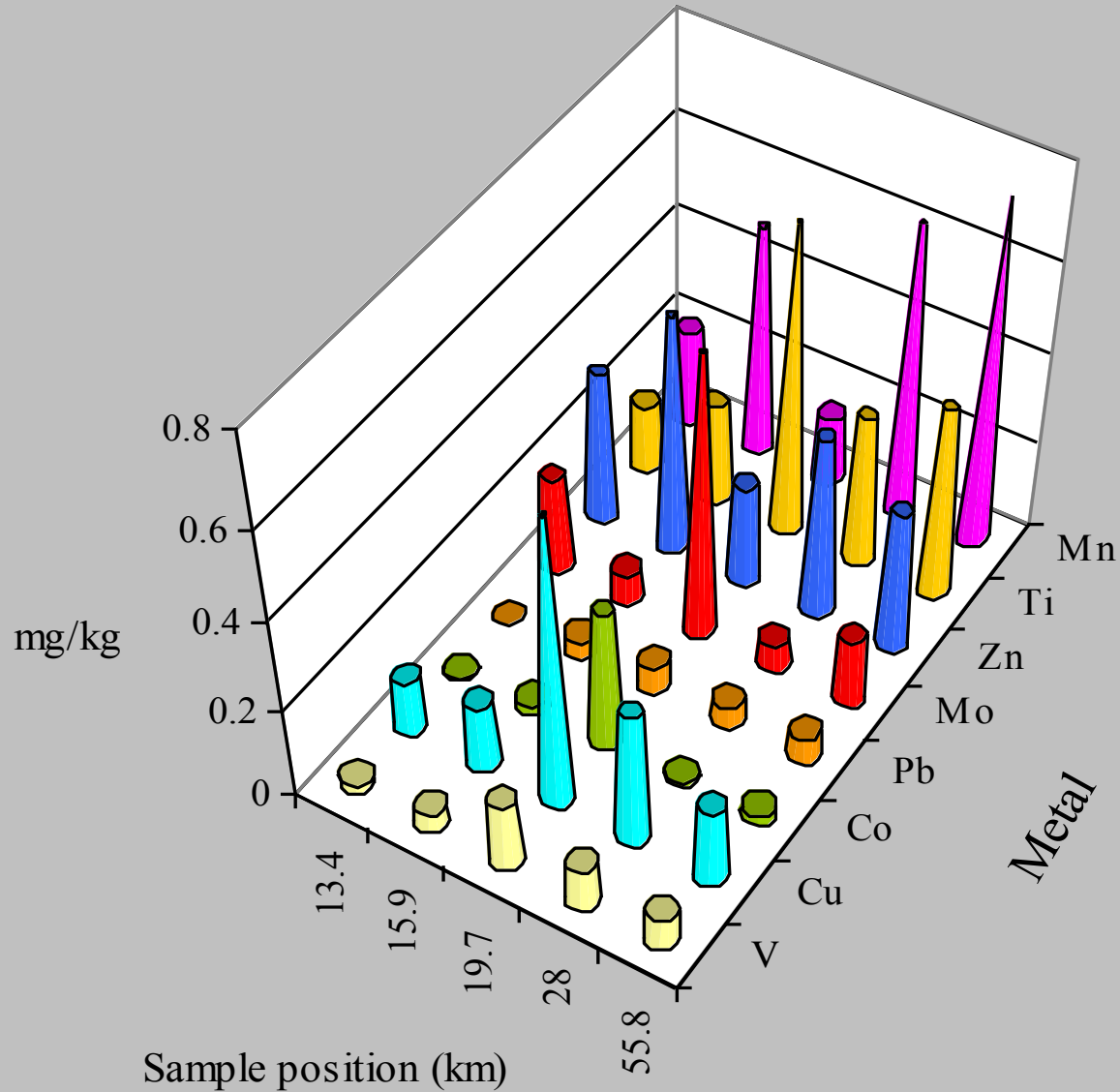
- 1.S. Xalizintla (13.4 km) 2. Sn Nicolás de los Ranchos (15.9 km) 3. S Andrés Calpan (19.7 km) 4. Huejotzingo (28 km) 5 Cholollan (33 km) and Cholula (34 km) 6. Tlaxcala (55.8 km) 7. S Buenaventura N (21.5 km) 8. S. Ma. Acuescomac (25.5 km) 9. Puebla (50 km) and Iberoamericana (52 km) 10. S. Pedro Nexapa (14 km) 11. Amecameca (19 km) 12 S Juan Coxtocan (27 km) 13. Tenango del Aire (29 km)**



30 de abril, 1996

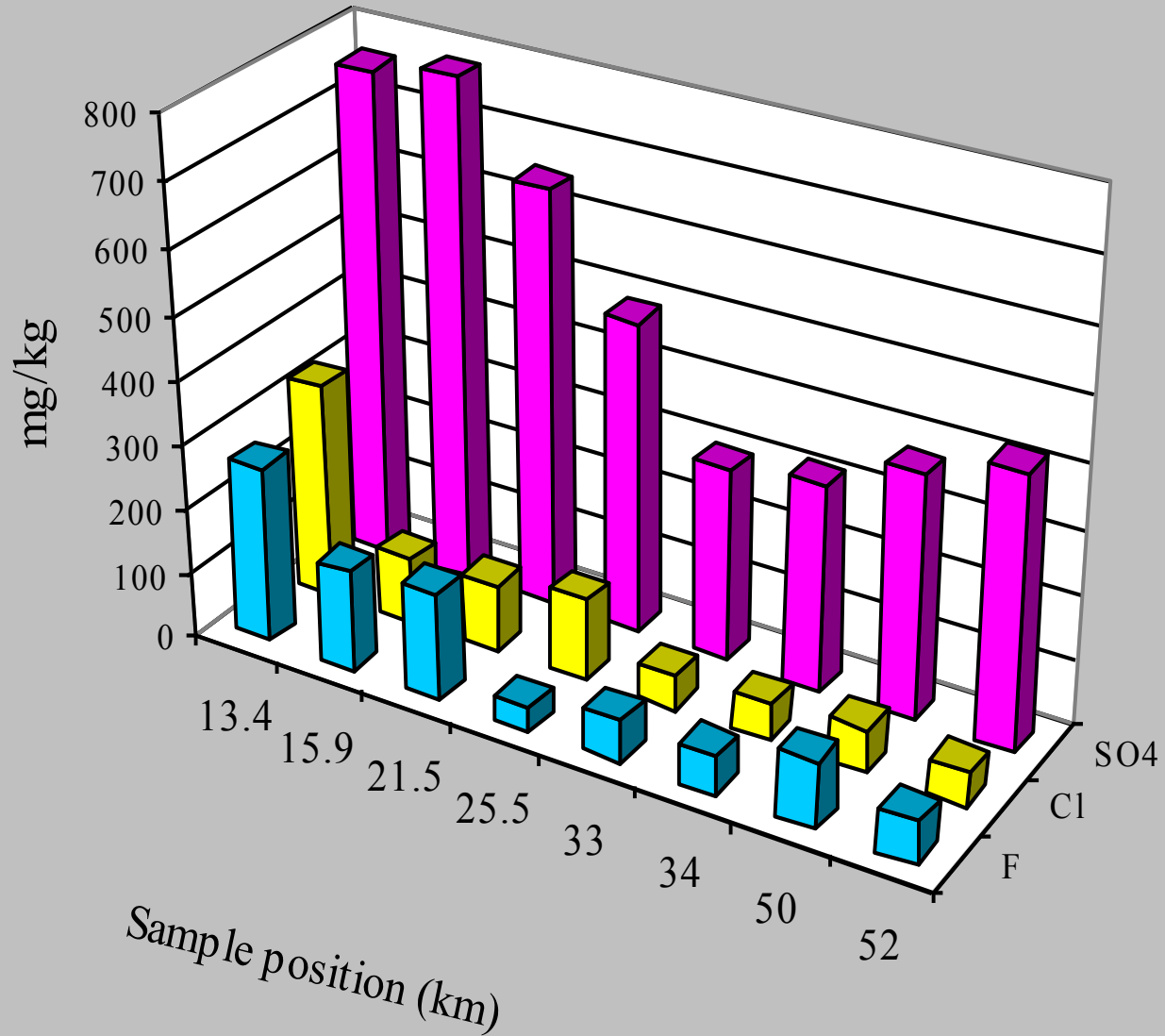


30 de abril, 1996

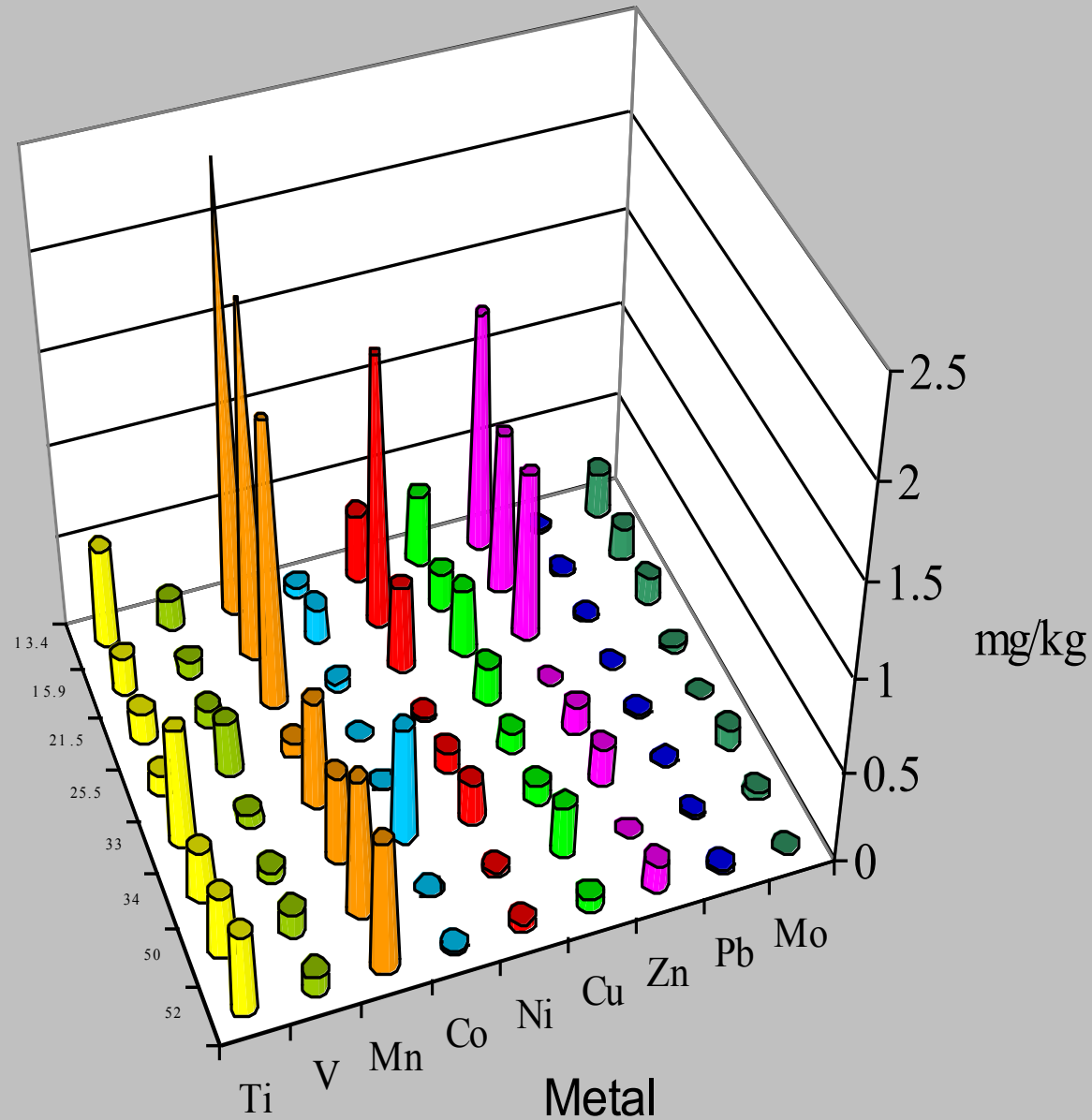




11 de mayo, 1997



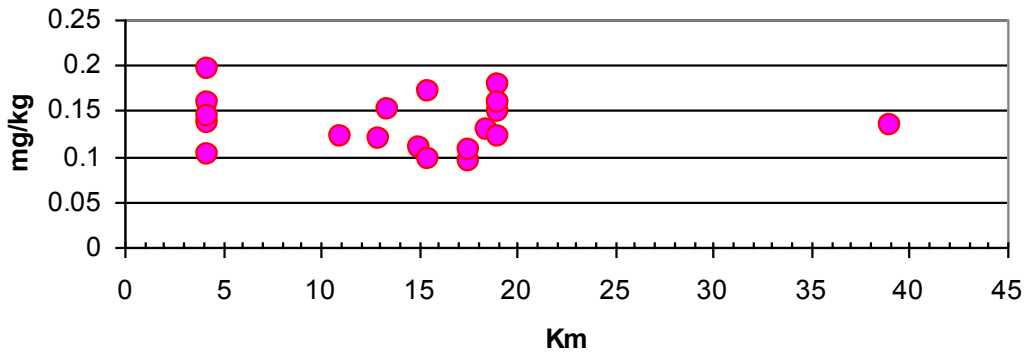
11 de mayo, 1997



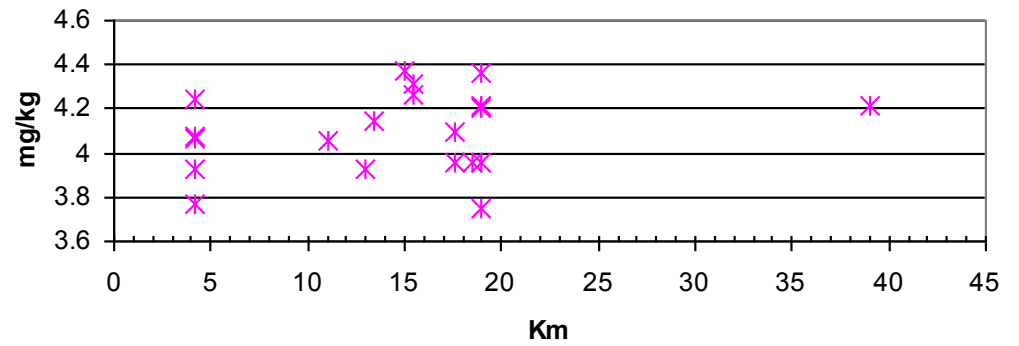


**1998-2007**

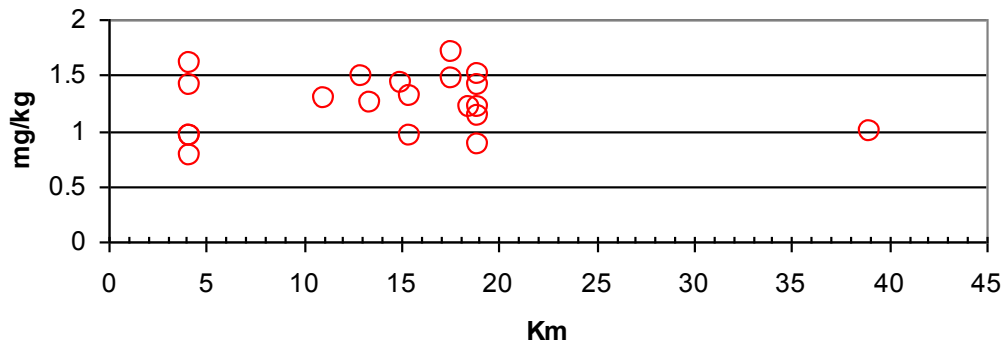
Cd



Mn

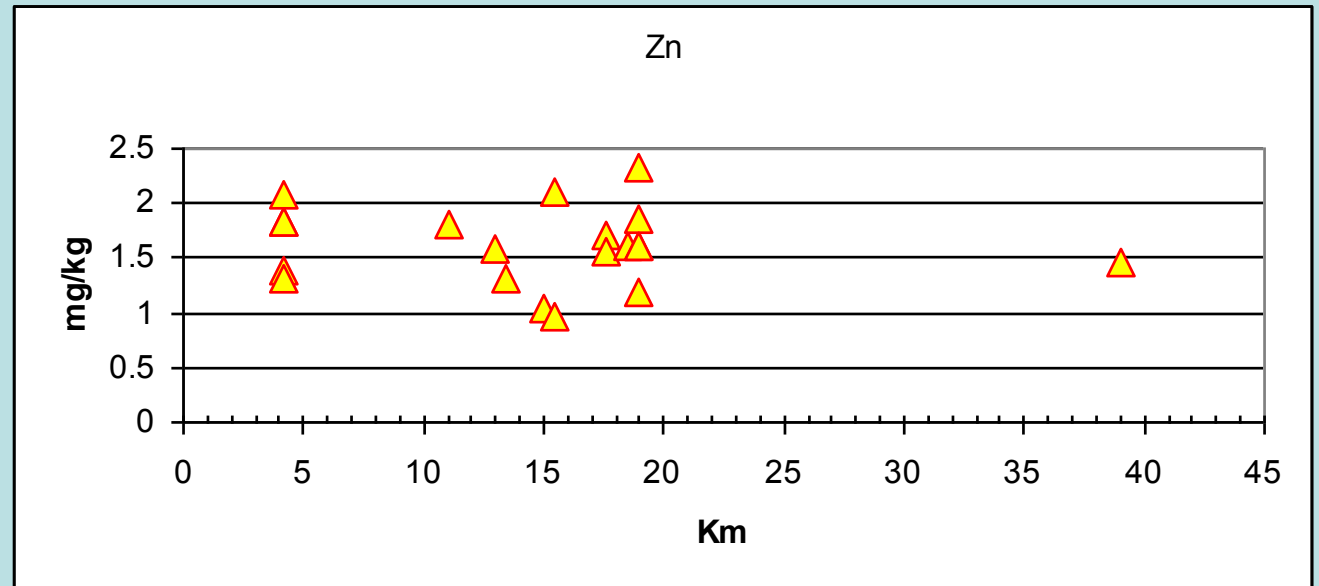
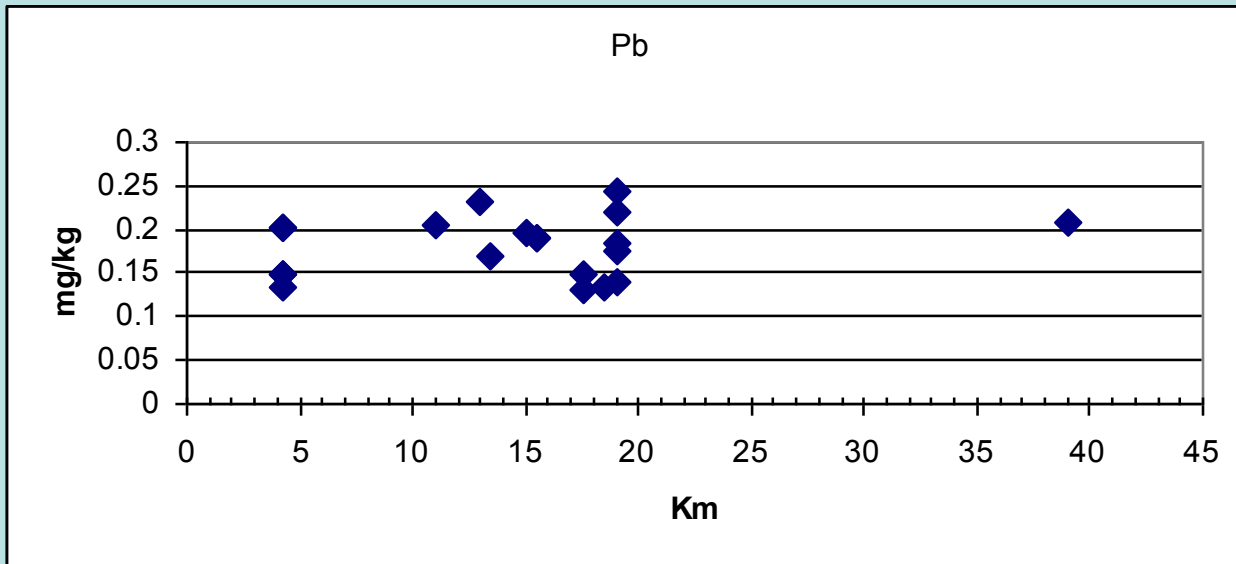


Cu



**Armienta, 2011**

**1998-2007**



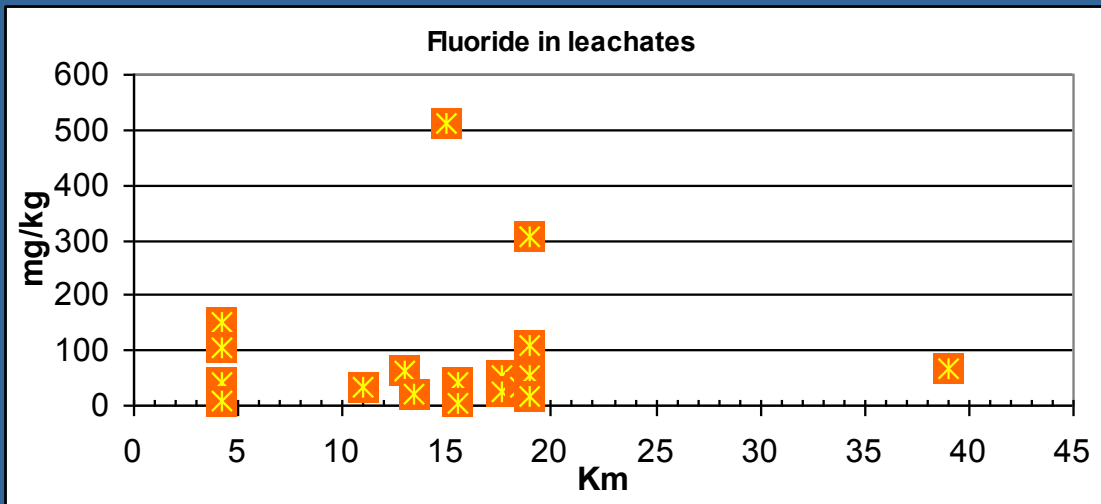


# Concentraciones en los lixiviados (mg/kg) para alcanzar los límites Permisibles para el agua Potable. --10 g de ceniza en 1 litro de agua--

<b>Element</b>	<b>Concentración maxima Medida (mg/kg)</b>	<b>Estándar Agua Potable (USEPA)</b>	<b>Límites permisibles México</b>
<b>Cr</b>	<b>0.09</b>	<b>10.0</b>	<b>5.0</b>
<b>Cd</b>	<b>0.29</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>
<b>As</b>	<b>0.14</b>	<b>1.0</b>	<b>2.5</b>
<b>Se</b>	<b>0.26</b>	<b>5.0</b>	<b>-----</b>
<b>Tl</b>	<b>0.59</b>	<b>.2</b>	<b>----</b>
<b>Sb</b>	<b>6.2</b>	<b>0.6</b>	<b>----</b>
<b>Pb</b>	<b>17.56</b>	<b>1.5</b>	<b>1.0</b>
<b>Mn</b>	<b>22.89</b>	<b>5.0</b>	<b>15.0</b>
<b>Zn</b>	<b>98.3</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
<b>Cu</b>	<b>2.8</b>	<b>130</b>	<b>200</b>
<b>F</b>	<b>513</b>	<b>400</b>	<b>150</b>

# Efectos de los metales a la salud exposición crónica oral

- **Talio:** Pérdida del cabello, cansancio, depresión, dolores de las piernas, perturbaciones de la vista; problemas de riñones, intestinos e hígado.
- **Antimonio:** Incremento del colesterol y disminución de la glucosa sanguíneos; diarrea, vómito
- **Plomo:** Retraso en el desarrollo físico o mental de los niños. Problemas en el riñón, alta presión en los adultos.
- **Manganeso:** efectos adversos neurológicos. Afectaciones al hígado y páncreas.



1998-2007

### Tolerancia en la dieta

Especie	mg F/kg peso seco
Ganado bovino joven	40
Ganado bovino maduro	50
Corderos	150
Caballos	60
Puercos	150
Pollos	300
Gallinas	400

Forraje que contenga 30-40 mg/kg de fluoruro puede ser extremadamente tóxico para el ganado bovino.

Concentraciones arriba de 100 mg/kg de peso son letales para la mayoría de los mamíferos.

Se han reportado casos de osteofluorosis en venados en sitios cercanos a fundidoras de aluminio y en campos geotérmicos.



## Efectos Tóxicos en las Plantas

<b>Elemento</b>	<b>Síntomas</b>	<b>Cultivos sensibles</b>
<b>Cd</b>	<b>Clorosis, hojas torcidas</b>	<b>Frijol, soya, espinacas, zanahorias, avena, rábanos</b>
<b>Mn</b>	<b>Clorosis y lesiones necróticas de las hojas, manchas necróticas, secado de las puntas de las hojas, atrofia de las raíces y del crecimiento de las plantas</b>	<b>Cereales, leguminosas, papas, calabaza</b>
<b>Pb</b>	<b>Hojas verde oscuro, atrofia del follaje, hojas marchitas</b>	
<b>F</b>	<b>Necrosis de las puntas y márgenes de las hojas, clorosis, deformación de los frutos, disminución del crecimiento de las raíces.</b>	<b>Cebada, pino, árboles frutales</b>
<b>Zn</b>	<b>Clorosis y necrosis de las puntas de las hojas, retardo en el crecimiento de las plantas, daño a las raíces</b>	<b>Cereales, espinacas</b>

# Consideraciones Ambientales

**Las cenizas volcánicas constituyen un peligro hacia el ambiente para el cual deben tomarse medidas preventivas.**

**En el caso del Popocatepetl las concentraciones de fluoruro en las cenizas pueden alcanzar niveles riesgosos para la salud de los seres humanos y animales (principalmente ganado vacuno), así como para algunas especies vegetales de la zona.**

**Las concentraciones de algunos metales podrían alcanzar niveles tóxicos para el ambiente.**

**Debe evitarse que los animales ingieran plantas cubiertas por cenizas.**

**Debe evitarse que los seres humanos y los animales beban agua en la cual se hayan depositado cenizas volcánicas.**

**Deben realizarse análisis químicos de las extracciones acuosas de las cenizas en todas las localidades donde se registre caída de las mismas.**

**En todos los casos deben tomarse medidas preventivas: protección de las fuentes municipales de agua potable, así como de los recipientes de almacenamiento caseros y abrevaderos de animales, protección del tracto respiratorio.**



**MUCHAS GRACIAS**

