



# EVALUACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE METALES EN SEDIMENTOS EN RELACIÓN A SU CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN LA ZONACHINAMPERA DE XOCHIMILCO, CIUDAD DE MÉXICO.

Autores: Francisco Jurado Diana Carolina.

Ponce de León Hill Claudia A.

Hernández Quiroz Manuel.

**IV CONGRESO DE LA SOCIEDAD DE ANÁLISIS DE RIESGO LATINOAMERICANA SRA-LA CIUDAD DE MÉXICO, 29 al 31 OCTUBRE DE 2018.**

Correo electrónico: [karolain18@ciencias.unam.mx](mailto:karolain18@ciencias.unam.mx)



# IMPORTANCIA DE LA ZONA CHINAMPERA



Declarada  
Patrimonio de la  
Humanidad por  
la ONU en 1987.



Hábitat de aves  
migratorias,  
mamíferos,  
reptiles,  
anfibios y peces.

2004 RAMSAR  
Remanente del  
lago.

Regulación del  
clima y la  
filtración del aire



(Canabal, 1991; Wolf, 2004; Valiente, *et al.*, 2010).

Foto tomada por García, A. y Francisco, D.

# PROBLEMÁTICA DE LA ZONA

## Crecimiento urbano

Asentamientos irregulares

Cambio de uso del suelo

Una sobreexplotación continua y desmedida de mantos acuíferos

Descargas urbanas directas

70s Aporte de agua por (PTARs)

## Desaparición y aparición de especies

No nativas y competidoras (ej. Tilapia; Carpa). Muérdago, Lirio.

Captura excesiva de especies nativas (ej. Ajolote y acocil).

## Contaminantes: Metales



Foto tomada por Aldana, G.



# Extracción secuencial de metales Cd, Pb, Ni, Zn, Fe.

APROVECHAMIENTO POTENCIAL DEL LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*)  
EN XOCHIMILCO PARA FITORREMEDIACIÓN DE METALES



POTENTIAL USE OF WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes*)  
IN XOCHIMILCO FOR METAL PHYTOREMEDIATION

Cristóbal Carrión<sup>1</sup>, Claudia Ponce-de León<sup>1</sup>, Silke Cram<sup>2</sup>, Irene Sommer<sup>2</sup>,  
Manuel Hernández<sup>1</sup>, Cecilia Vanegas<sup>1</sup>



METALES PESADOS, SALES Y SODIO EN SUELOS DE CHINAMPA EN MÉXICO

HEAVY METALS, SALTS AND SODIUM IN CHINAMPA SOILS IN MEXICO

Rocío Ramos-Roldán<sup>1</sup>, Carlos E. Calzadilla<sup>2</sup>, David Elgueta-Román<sup>1</sup>, Norma E. García-Calderón<sup>1</sup>

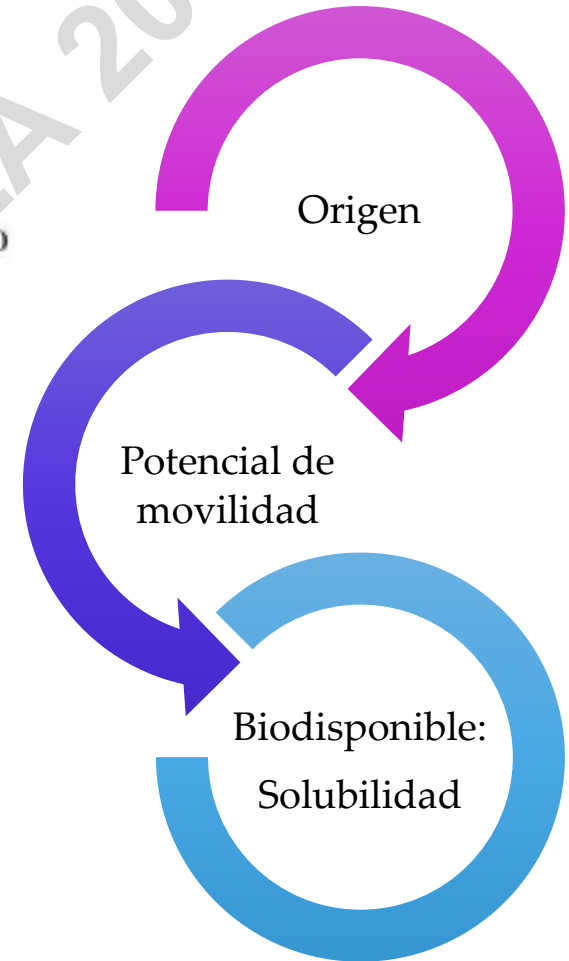
Volume 249, Issues 1-2, August 2006, Pages 592-595



Irrigation water quality in southern Mexico City based on  
bacterial and heavy metal analyses

C. Solís<sup>1</sup>, J. Sandoval<sup>2</sup>, H. Pérez-Vega<sup>2</sup>, M. Mezari-Hirani<sup>2</sup>

- F1: Forma soluble o intercambiable
- F2: Forma reducida o asociado a óxidos de Mn y Fe
- F3: Ligados a la materia orgánica
- Fracción residual → óxidos de Fe amorfos o cristalinos



# JUSTIFICACIÓN

Dada la problemática del constante aporte de agua por PTARs, la reducción de canales por actividades agrícolas, la expansión de zonas urbanas y la presencia de contaminantes que se encuentran en la zona chinampera de Xochimilco, es importante y necesario evaluar la concentración total de Cd, Pb, Ni, Fe y Zn en el agua y sedimentos, y como se reparten en los sedimentos en tres de sus fracciones conocidas como “biodisponibles” que son: inmediatamente disponibles (soluble-intercambiable), reducibles (asociados a óxidos de Fe y Mn) y ligados en la materia orgánica.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

- Caracterización de la distribución espacial de la concentración de Cd, Pb, Ni, Fe y Zn en agua y sedimentos.

## Objetivos particulares

- Determinar la concentración de Cd, Ni, Pb, Fe y Zn totales en agua.
- Determinar la concentración de Cd, Ni, Pb, Fe y Zn totales en sedimentos y comparar las concentraciones de los metales totales, con valores sugeridos por las normas mexicanas (NOM 001-ECOL-1996, y NOM 004 SEMARNAT-2002).
- Determinar la concentración de Cd, Ni, Pb, Fe y Zn en fracciones biodisponibles: F1 (solubles-intercambiable), F2 (reducibles) y F3 (asociados a la materia orgánica) en sedimentos.
- Evaluar el reparto de los metales en las distintas fracciones (F1, F2, F3) del sedimento para conocer la proporción en la que se encuentra con respecto a la concentración total.

# MATERIALES Y MÉTODOS



Mapa del sitio de muestreo



AGUA

SEDIMENTO

Parámetros físicos y químicos

- pH
- Conductividad eléctrica
- Profundidad y claridad

% Materia orgánica



toma de muestras de la profundidad total

METALES

toma de muestra al fondo

Filtración con membranas de nitrocelulosa 0.22  $\mu\text{m}$ .

Metales Totales: Digestión EPA 30:52

Metales en fracciones :  
Rauret *et al.*, 1999.



Lectura en Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Concentración de metales en agua y sedimento



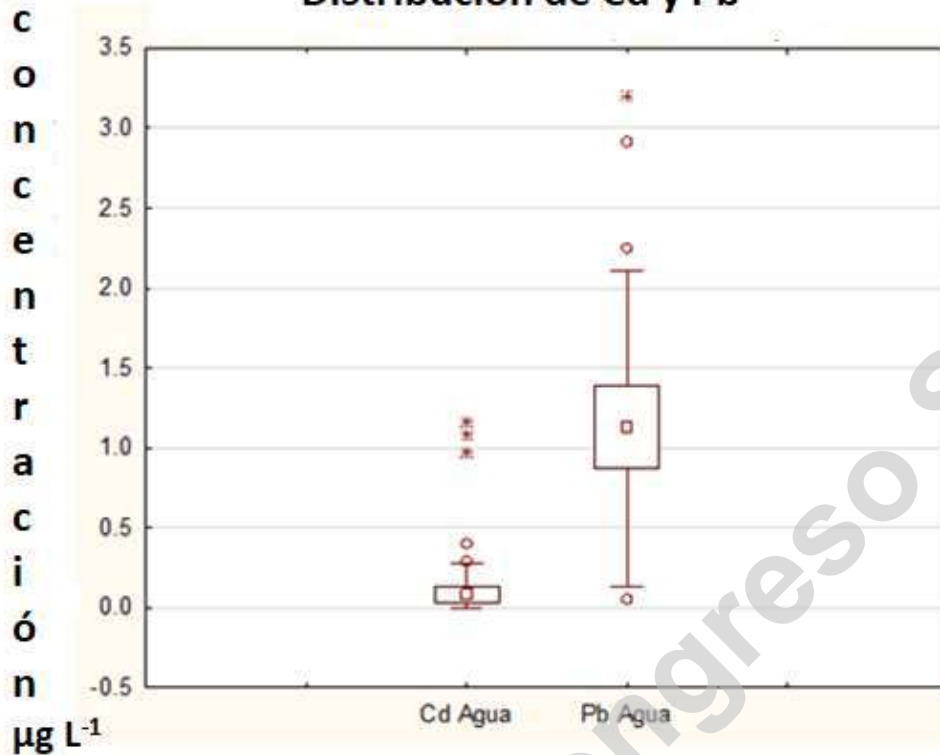
# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Parámetros físico-químicos en agua y %MO en sedimentos

pH	Conductividad	Materia orgánica
Laguna Texhuilo Agrícola condición alcalina (8.49)	Parque ecológico de Xochimilco 4 Urbano 1237 $\mu$ S	Parque ecológico de Xochimilco 2 Urbano 59.35 %
La Santísima Urbano condición ácido (6.7)	La Santísima Urbano 627 $\mu$ S	San Diego Urbano 10.27%
Promedio 7.34	Promedio: 812 $\mu$ S.	Promedio: 23%.
NOM 127 : 6.5 -8.5	calidad media para agua de riego	

# Metales en agua

Distribución de Cd y Pb



	Concen- tración ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Promedio de la concentración ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	NOM- 001- ECOL- 1996 ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Usepa (2002) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
<b>Cadmio</b>	0.01 a 1.16	0.09	<200- 400	*CMC <2.0  *CCC >0.25
<b>Plomo</b>	0.061 a 3.20	1.14	<500- 1000	CMC <65  CCC >2.5

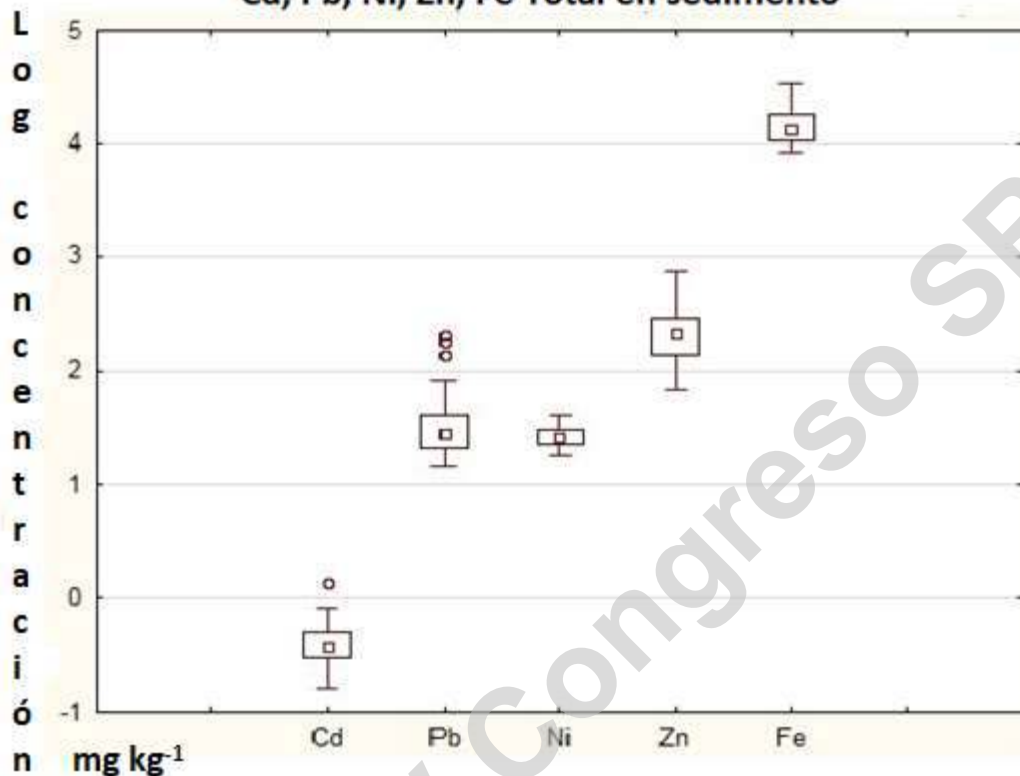
EL níquel, hierro y zinc en agua estuvieron por debajo de sus respectivos límites de detección por el método de flama.

\*CMC - Criterio de concentración máxima

\*CCC - Contaminante de preocupación emergente

# Metales totales en sedimento

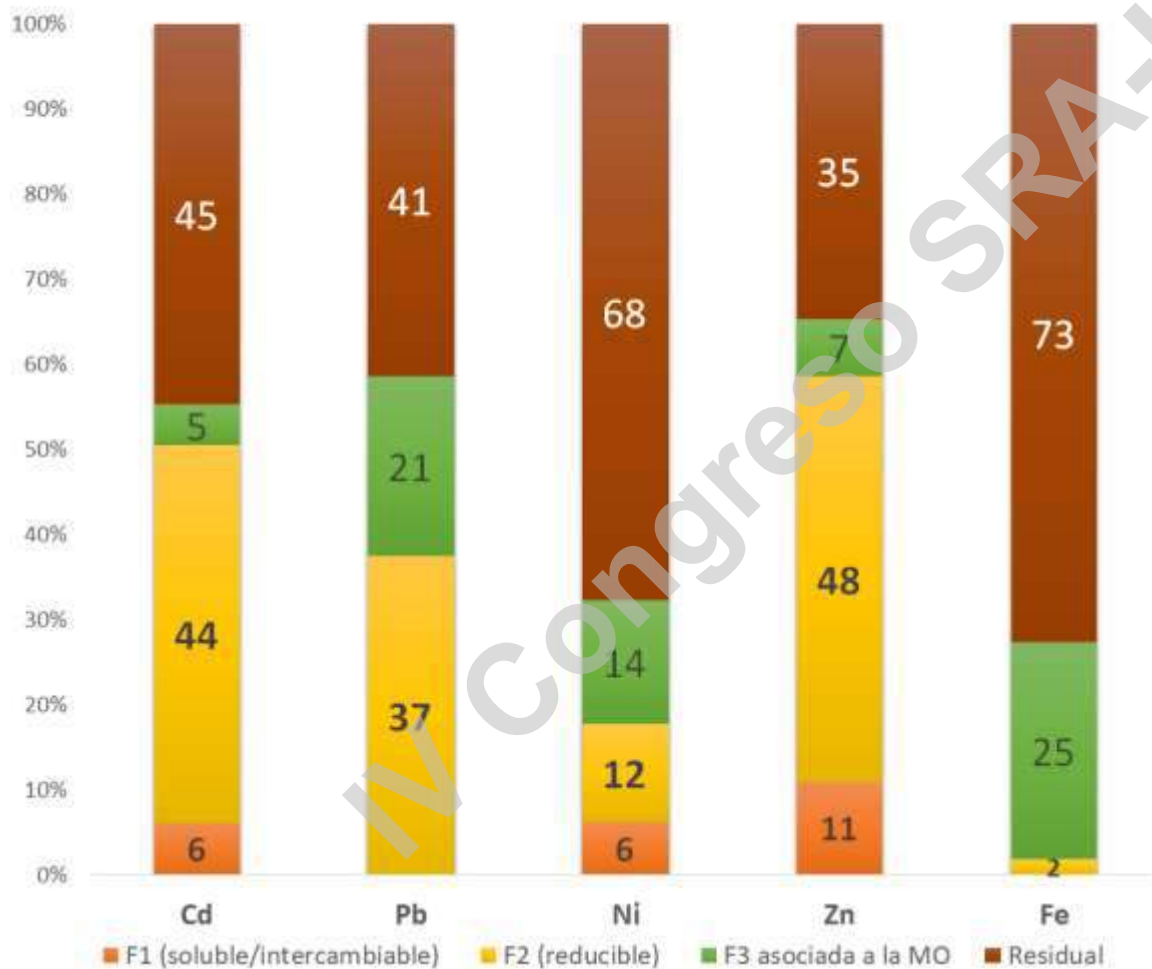
Distribución de  
Cd, Pb, Ni, Zn, Fe Total en sedimento



	Concentración (mg kg <sup>-1</sup> )	Promedio de la concentración (mg kg <sup>-1</sup> )	NOM 004 SEMARNAT- 2002 (mg kg <sup>-1</sup> )
<b>cadmio</b>	0.16 a 1.36	0.44	< 30-85
<b>plomo</b>	14.42 a 210.34	40.6	< 300-840
<b>níquel</b>	17.81 a 39.84	26.3	< 420
<b>zinc</b>	67.39 a 739.96	248	< 2800- 7 500
<b>hierro</b>	8,483 a 34,168	15,435	-

# Fraccionamiento de metales en sedimento

Reparto de Cd, Pb, Ni, Zn, Fe en las distintas fracciones del sedimento.



Metal

Biodisponibilidad (F1+F2+F3)

cadmio

55%

plomo

58%

níquel

32%

zinc

65%

hierro

27%

# DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA CONCENTRACIÓN TOTAL Y BIODISPONIBLE

Cd total mg kg<sup>-1</sup>

Cd biodisponible mg kg<sup>-1</sup>

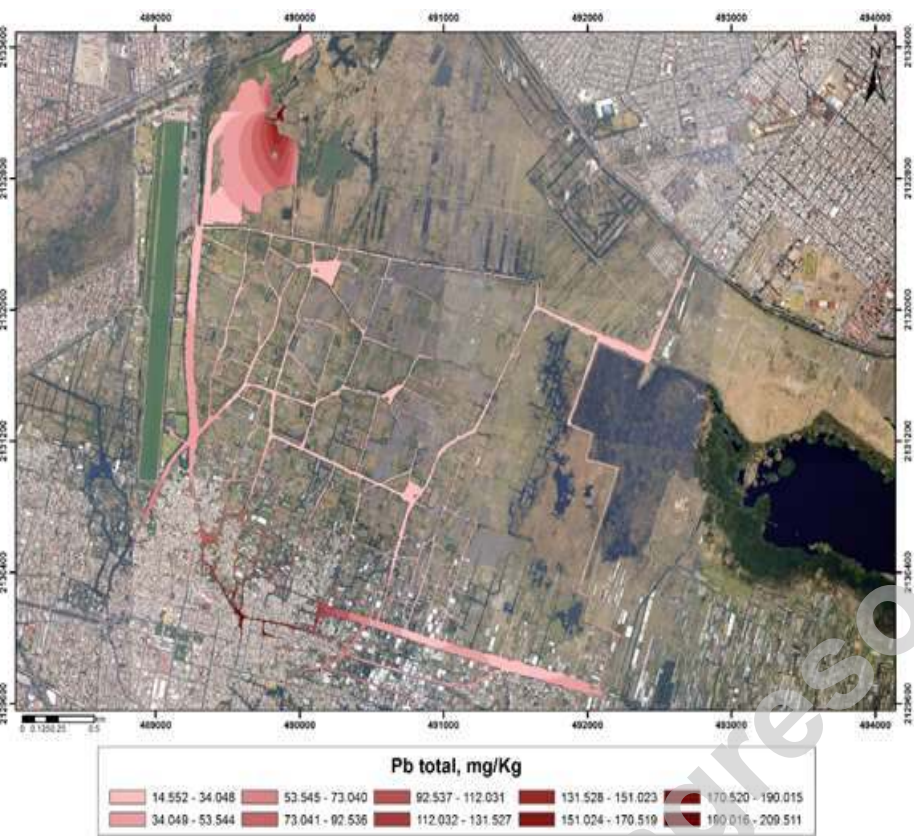


Zona de impacto urbano:  
Laguna Asunción 1.36  
camino a Asunción 0.81  
La Santísima 0.81

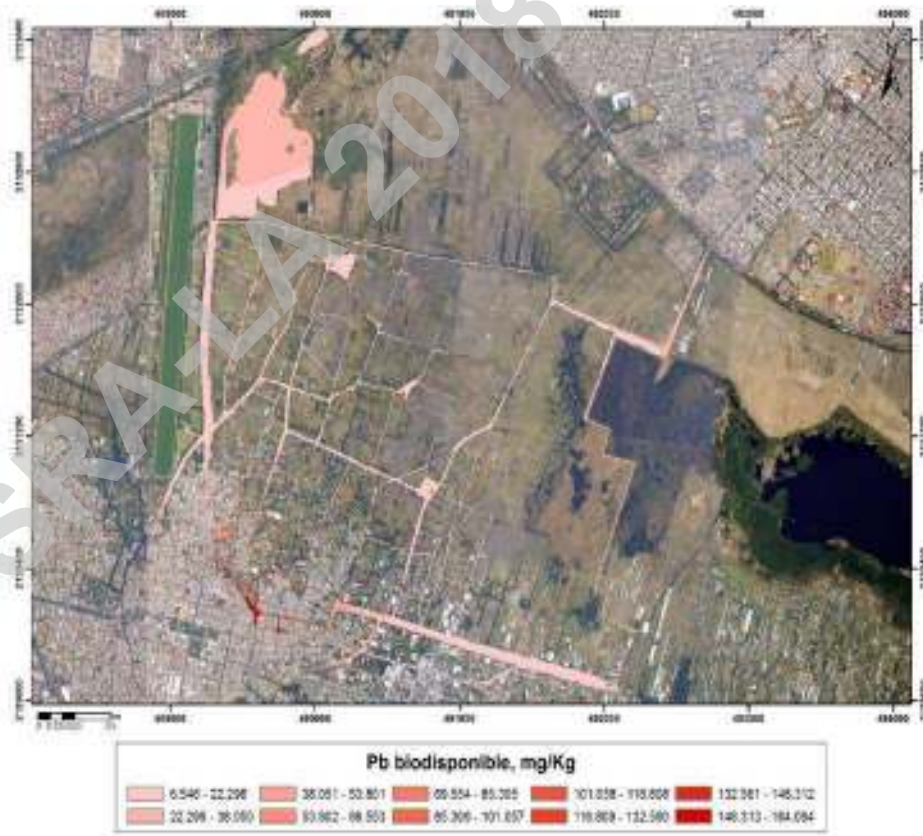


Zona de impacto urbano:  
Laguna Asunción 0.79  
camino a Asunción 0.67  
Zona de impacto agrícola  
Ayeca 0.44

Pb total mg kg<sup>-1</sup>



Pb biodisponible mg kg<sup>-1</sup>



Zona de impacto urbano:

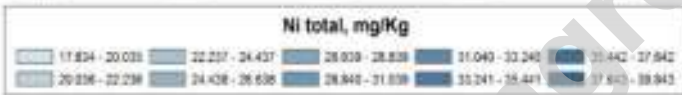
PEX4	210.34
San Diego	176.40
La Santísima	138.69

Zona de impacto urbano:

San Diego	164.71
La santísima	49.98
Laguna asunción	49.17

Ni total mg kg<sup>-1</sup>

Ni biodisponible mg kg<sup>-1</sup>



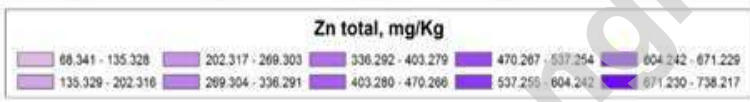
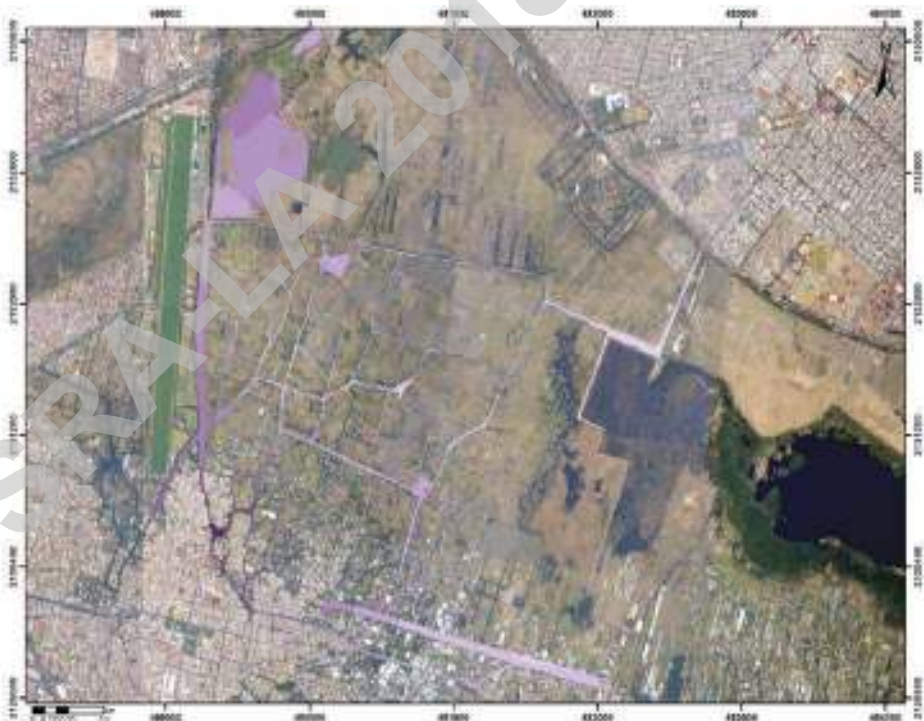
Zona de impacto urbano: San Diego 39.84

Zona de descarga: La Draga 11.19

níquel

## Zn total mg kg<sup>-1</sup>

## Zn biodisponible mg kg<sup>-1</sup>



Zona de impacto urbano:

- Laguna Asunción 739.98
- San Diego 722.49
- camino a Asunción 669.85

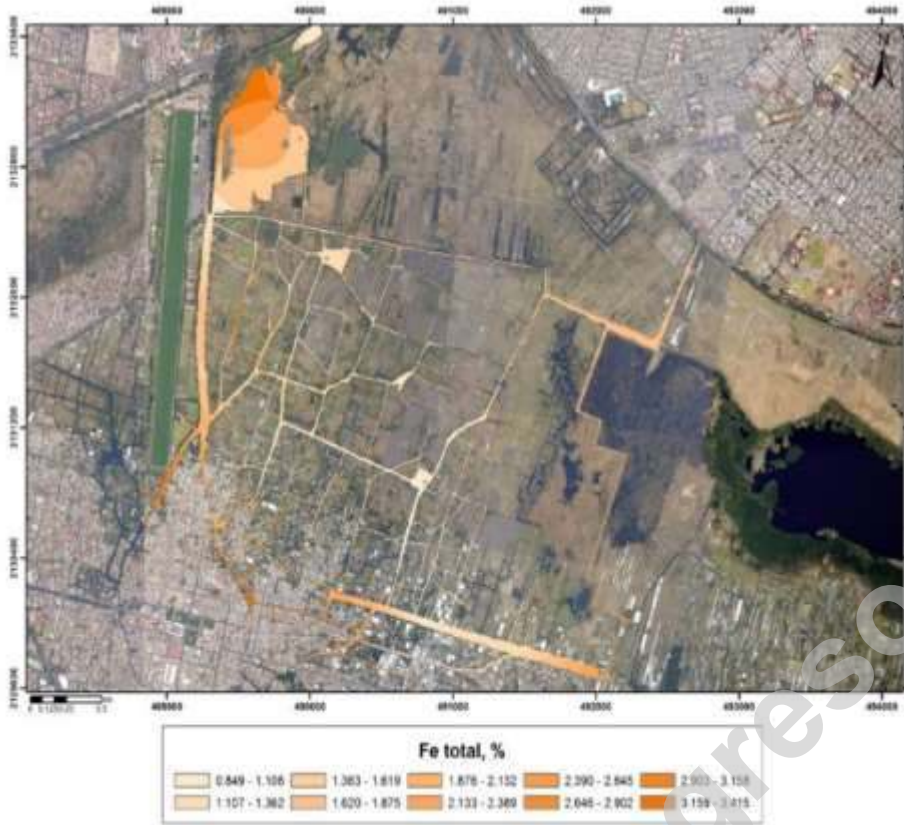
Zona de impacto urbano:

- Laguna Asunción 506.37
- camino a Asunción 425.78



Fe total mg kg<sup>-1</sup>

Fe biodisponible mg kg<sup>-1</sup>



Zona de impacto agrícola  
Acoxcoma 34,168

Zona de impacto urbano y  
descarga

San Diego 33,957

Zona de impacto agrícola

Laguna Texhuilo 10,654  
Otenco 9,669  
Apatlaco 8,516

# CONCLUSIONES

- Los parámetros físico-químicos se encuentran dentro de los límites permisibles para uso agrícola establecidos por la NOM-001-ECOL-1996.
- Las concentraciones promedio de los metales  $> \text{Pb}$  y  $< \text{Cd}$  disuelto, encontrándose que no rebasan los límites máximos permisibles, según la NOM-001-ECOL-1996.
- Las concentraciones totales de los metales analizados ( $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Fe}$ ) en el sedimento en los canales de Xochimilco tienen el siguiente orden decreciente  $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Cd}$ , ninguno rebasan los LMP según la NOM 004 SEMARNAT-2002.
- Las concentraciones biodisponibles de los metales analizados ( $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Fe}$ ) en el sedimento en los canales de Xochimilco tienen el siguiente orden decreciente  $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Ni} > \text{Fe}$ .
- El reparto de los metales en las distintas fracciones del sedimento níquel y hierro están retenidos en un alto porcentaje en las fracciones más estables (oxidable y residual)
- En el caso de los metales ( $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ) no existe de forma general una relación directa entre el contenido de materia orgánica y la disminución de la biodisponibilidad, puesto que dichos metales están más asociados la fracción 2.
- La distribución de metales totales en el sedimento y las concentraciones biodisponibles muestra agrupamientos similares entre las zonas de impacto urbano, de descarga y agrícolas.

# REFERENCIAS

Bermúdez, M. (2010). Contaminación y turismo sostenible. Recuperado de <http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>

Basta N. T., Ryan J. A. y Chaney R. L. (2005). Trace element chemistry in residual-treated soil: Key concepts and metal bioavailability. *J. Environ. Qual.* 34, 49-63

Canabal, B. (1991). Rescate de Xochimilco. México, D.F. Universidad Autónoma

INEGI. (2015) Número de habitantes- Ciudad de México recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>

Jiménez, Moreno M. (2013) Resiliencia y adaptabilidad del sistema chinampero de Xochimilco. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.

Navarrete, S., Jiménez, B., Navarro, I., y Domínguez, Ramón. (2013). Evaluación del riesgo al acuífero de Xochimilco por lluvias extremas. *Tecnol. cienc. Agua.* vol.4, n.3, pp.103-123. ISSN 2007-2422.

PAOT. (2016) Asentamientos Humanos Irregulares en Suelo de Conservación, problemática y planteamientos. Recuperado de [http://www.paot.org.mx/micrositios/FORO\\_CONS\\_RN/pdf/mesa\\_2/Emigdio\\_Roa.pdf](http://www.paot.org.mx/micrositios/FORO_CONS_RN/pdf/mesa_2/Emigdio_Roa.pdf)

Rauret, G., López-Sánchez, J.F., Sahuquillo, A., Rubio, R., Davidson, C., Ure, A., and Quevauviller, Ph., (1999). Improvement of the BCR three-step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. *J. Environ. Monit.* 1, 57-61.

Riveros, Olivares B. (2013). Tratamiento de aguas residuales municipales en la Ciudad de México. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de México.

USEPA. (1996). Method 3050B Acid digestion of sediments, sludges and soils, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846). Office of Solid Waste. United States Environmental Protection Agency. Manual. Washington, DC. 12 pp.

Valiente, E., Tovar, A., González, H., Eslava-Sandoval, D., y Zambrano, L. (2010). Creating refuges for the axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Ecological restoration* 28:3. pp. 257-259.