



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**CARACTERIZACIÓN DE CONTAMINANTES EN
SUELOS AGRICOLAS URBANOS EN XOCHIMILCO,
D.F.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA
TIERRA**

P R E S E N T A:

IRMA XÁNATH BAUTISTA VILLALOBOS



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. SILKE CRAM HEYDRICH
2015**

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno
Bautista
Villalobos
Irma Xánath
56542240
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Licenciatura en Ciencias de la Tierra307624776
2. Datos del tutor
Dra.
Silke
Cram
Heydrich
3. Datos del sinodal 1
Dra.
Christina Desireé
Siebe
Grabach
4. Datos del sinodal 2
Dra.
Ofelia
Morton
Bermea
5. Datos del sinodal 3
Dra.
Amada Laura
Reyes
Ortigoza
6. Datos del sinodal 4
Dra.
Lucy Natividad
Mora
Palomino
7. Datos del trabajo escrito
Caracterización de contaminantes en suelos agrícolas urbanos en Xochimilco, D.F.
88 p
2015

A mis abuelos:

Lupe, Irma y Oliverio, con infinito amor

Agradecimientos

A la Dra. Silke Cram: Por su orientación, apoyo y disposición durante la realización de mi tesis.

A la Dra. Claudia Ponce, Mto. Manuel Hernández y todo el equipo de la UAA: Por permitirme hacer uso de las instalaciones, equipo y materiales de la Unidad y por apoyarme durante la fase analítica de mi tesis.

A la Dra. Rosalía Ramos Bello: Por su apoyo y valiosas aportaciones durante el análisis de plaguicidas en esta tesis.

A mis sinodales por sus valiosas aportaciones, Dra. Christina Siebe, Dra. Ofelia Morton Bermea, Dra. Lucy Mora y Dra. Amada Laura Reyes.

A mis amigos terrólogos: A toda mi generación le agradezco por el gusto de ser los primeros “valientes” en elegir, cursar y comprometernos con la Licenciatura en Ciencias de la Tierra; por las valiosas aportaciones que estoy segura que todos haremos a la Ciencia y por los grandes momentos que compartimos, por todas esas prácticas, trabajos, proyectos, exámenes, risas, etc. A Xarihini, Raiza y Luis, les agradezco por ser grandes compañeros y amigos, los primeros ambientales y obviamente los mejores.

A la Mta. Ana Cecilia Lopera y todos los terramóvileros: Por su apoyo incondicional y por todos los consejos y aprendizaje que obtuve con ustedes.

A mi mamá: Por creer en mí. Por tu dedicación y cuidados, por todos los elementos que me has dado para convertirme en una mujer fuerte e independiente, por tus incansables años de trabajo y por tu apoyo en cada etapa de mi vida. Por ser mi pilar en todo momento, por los cuentos que me leíste de pequeña, por los viajes a la playa y por ser una excelente guía y ejemplo.

A mi papá: Por traerme al mundo, por ser mi protector, por sembrar sueños y fortaleza en mi corazón. Hay vínculos que trascienden tiempo y espacio así que sé que me acompañas siempre, el

viento que me despeina, la estrella que más brilla en el cielo, el rayo de sol que me calienta cada mañana, ahí estás y seguirás siempre.

A mi Abuelo Oliverio: Por apoyarme en cada paso y alimentar mis sueños, por todas las aventuras compartidas y por enseñarme que el amor puede ser puro e infinito. Hasta que nos volvamos a encontrar y desde donde estás espero hacerte sentir orgulloso todos los días.

A mi abuela Irma: Por acompañar mi camino, por enseñarme a valorar las cosas más simples de la vida, por esos viajes llenos de historias, por cada caminata y cada momento que hemos tenido juntas.

A mi abuela Lupe: Por haberme cuidado desde pequeña, por todos tus consejos, por los momentos de risas, por tu dedicación a la familia, por tu honestidad y por el gusto de tenerte conmigo.

A Bere, mi hermana: Por todos tus consejos, por ser una gran hermana, por cuidar de mí cuando era pequeña, por los capuchinos con 2cm de espuma, por los cariñitos y los robos de gallinas. Te quiero mucho.

A Alex: Por el universo que hemos creado juntos, por la alegría de haber encontrado un compañero de aventuras y por cada paso que hemos dado. Por tu apoyo y amor incondicional.

A Garrett mi Cuñado: Por todos los buenos momentos, por los viajes y las buenas comidas.

A Mis tíos y primos: Por las risas, abrazos y buenos momentos. Por recordarme mis orígenes y por ser una gran influencia.

A Libertad: Por ser una gran amiga y acompañarme en los mejores y peores momentos, ojalá que con el paso del tiempo nuestro vínculo se fortalezca. Te quiero muchísimo.

Índice

Resumen	3
Introducción	4
1. Agricultura urbana	5
<i>Diferencia entre agricultura urbana y agricultura periurbana</i>	6
<i>Importancia de la agricultura urbana y periurbana</i>	6
<i>Beneficios y perjuicios de la agricultura urbana y periurbana</i>	7
1.2 Contaminantes en la Agricultura Urbana	9
<i>Plaguicidas</i>	9
<i>Metales</i>	14
1.3 Marco jurídico	19
<i>Instrumentos jurídicos internacionales</i>	19
<i>Instrumentos jurídicos nacionales y regionales</i>	20
1.4 Agricultura Urbana en la Cuenca del Valle de México y chinampas	24
<i>Las chinampas</i>	26
1.5 Descripción del medio físico	31
<i>Geología y geomorfología</i>	31
<i>Clima</i>	32
<i>Hidrología</i>	32
<i>Tipo de suelo</i>	33
<i>Vegetación</i>	33
<i>Fauna</i>	34
<i>Sitio de estudio</i>	34

2. Hipótesis y Objetivos	36
<i>Hipótesis</i>	36
<i>Objetivos</i>	36
3. Metodología	37
<i>Muestreo</i>	37
<i>Análisis de Laboratorio</i>	38
<i>Análisis estadístico</i>	39
<i>Control de calidad</i>	40
4. Resultados y discusión	41
<i>Propiedades físicas y químicas</i>	41
<i>Metales</i>	43
<i>Plaguicidas</i>	54
5. Conclusiones	65
6. Bibliografía	69
ANEXOS	80
<i>ANEXO I. Preparación de Plaguicidas</i>	80
<i>ANEXO II. Preparación de curvas de calibración; Metales</i>	80
<i>ANEXO III. Límites máximos permisibles de plaguicidas y metales en suelos establecidos por la normatividad nacional e internacional.</i>	81

Resumen

La agricultura urbana tiene múltiples beneficios como la contribución a la seguridad alimentaria, inclusión social, activación de la economía local, disminución y reaprovechamiento de los desechos, entre otros. Sin embargo, puede llegar a representar un riesgo a la salud humana debido a la contaminación asociada a la dinámica urbana.

En la Ciudad de México las actividades agrícolas tienen origen prehispánico y se han ido adaptando con el paso del tiempo, lo que ha traído como consecuencia la incorporación de plaguicidas y algunos contaminantes. Las chinampas son el ejemplo más claro de ello ya que en la actualidad continúan abasteciendo de productos para consumo humano y ornamental a la ciudad y zonas aledañas, pero ahora reciben múltiples compuestos químicos contaminantes ajenos al sistema original.

En este trabajo se determinaron los contaminantes: plaguicidas organoclorados, plaguicidas organofosforados y metales (Fe, Ni, Cu, Mn, Zn, V, Cr, Co, Pb, Sn y Cd), en el horizonte superficial del suelo de una chinampa de Cuemanco y otra de San Gregorio Atlapulco en Xochimilco, D.F. Lo anterior con el objetivo de conocer las concentraciones de estos compuestos y asociarlas al método de manejo: en Cuemanco se realiza agricultura orgánica y en San Gregorio Atlapulco agricultura con plaguicidas y mejoradores. Además se realizó una comparación de los datos obtenidos con la normatividad oficial mexicana aplicable así como con otros criterios internacionales, para determinar si los sitios de estudio podrían considerarse contaminados o representar un riesgo para la salud humana.

Los resultados de esta investigación mostraron diferencias significativas en el contenido de plaguicidas y metales entre ambos sitios. Las mayores concentraciones de metales así como la mayor diversidad de plaguicidas fueron encontradas en una parcela de Cuemanco. En el caso de San Gregorio Atlapulco los datos obtenidos evidenciaron las aplicaciones aleatorias de plaguicidas.

Introducción

Las actividades agrícolas en los espacios urbanos y periurbanos se ha extendido en todo el mundo (Ávila, 2009). Dentro de la Cuenca del Valle de México (CVM) tienen origen prehispánico y en el caso de Xochimilco (territorio de origen lacustre al sur de la ciudad de México), persisten pese a que se encuentra fuertemente amenazadas por el crecimiento de la urbe (Delgadillo, 2009).

El método agrícola que predomina en Xochimilco es el de “chinampas”, que son parcelas pequeñas (500 a 1000 m^2) de suelo en forma rectangular circundadas por canales, y que según Ramos-Bello et al. (2001) se encuentran en peligro de desaparecer principalmente debido a la constante expansión de la urbe y a la contaminación del agua de los canales.

Este proyecto de investigación se centró en la determinación de metales y plaguicidas organoclorados y organofosforados en el horizonte superficial del suelo de dos chinampas que se utilizan para agricultura periurbana. Los contaminantes seleccionados son persistentes en el ambiente y pueden representar un riesgo a la salud. En una de las chinampas se realiza agricultura orgánica y en la otra se utilizan agroquímicos y fertilizantes, por lo que se esperan diferencias en la presencia de los contaminantes. En estos sitios el horizonte superficial del suelo (0-15 cm de profundidad) se consideró un horizonte de diagnóstico, ya que este recibe directamente la aplicación de agroquímicos y a que en él se desarrollan la mayoría de las raíces de las plantas.

Resulta de gran importancia caracterizar los contaminantes presentes en suelos de chinampas que se utilizan para agricultura periurbana, en primer lugar para conocer de qué tipo de contaminantes se trata y la concentración en la que se encuentran, en segundo lugar para identificar las fuentes de las que podrían provenir y en tercer lugar para estimar si representan un riesgo a la salud humana. Esta información también podría ser útil para fomentar la utilización de técnicas de cultivo tradicionales que no comprometan la salud de los suelos ni la de sus usuarios.

1. Agricultura urbana

La actividad agrícola tiene gran relevancia a nivel mundial, no solo como fuente de alimentos y empleos sino también de dinámicas sociales, culturales y económicas. Dentro de ésta existe una variante conocida como agricultura urbana (AU).

La FAO (2014) define la AU y agricultura periurbana (APU) como el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades, incluyendo también operaciones de comercio.

Cofie et al. (2003) han definido a la AU y APU como sistemas agrícolas dentro de las ciudades y en los alrededores de ellas, con una especialización en productos perecederos, valiéndose del aprovechamiento de espacios abiertos y fallas en otros sistemas productivos.

Según Soriano et al. (2000) la AU es una actividad que se lleva a cabo en una gran diversidad de espacios dentro de la urbe, la periurbe y sus zonas de transición, interactuando activamente entre ellas con un intercambio de productos y servicios.

En México la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para la Ciudadanía (SEDEREC), comprende el concepto de AU como la incorporación de los ciudadanos a la producción de alimentos dentro de la ciudad y asentamientos periurbanos, utilizando recursos locales para la producción diversificada de cultivos y animales, lo que contribuye a la seguridad alimentaria.

En esta investigación se considerará la siguiente definición de AU y APU, desarrollada a partir de las antes mencionadas: *Actividades de cultivo o cría, procesamiento y comercialización de plantas y animales para consumo humano y de otros fines; realizadas en espacios urbanos y periurbanos, que contribuyen al aprovechamiento de espacios en abandono, reciclaje de recursos así como a la seguridad alimentaria local.*

Diferencia entre agricultura urbana y agricultura periurbana

La diferencia más clara entre la AU y la APU es su localización respecto a la ciudad . La AU se realiza en el interior de la misma, mientras que la APU se realiza en la periurbane, definida como la interface entre la ciudad y las áreas rurales (Ávila, 2009).

Dentro de la AU se agrupan las actividades realizadas en traspatios, terrazas, huertos, patios y azoteas, en la mayoría de los casos destinadas al consumo familiar; mientras que la APU se realiza en espacios de mayor extensión y además de destinarse al consumo familiar podría tener fines comerciales (actividad intensiva) (FAO,1999).

Importancia de la agricultura urbana y periurbana

Se estima que la AU es practicada por 800 millones de personas en todo el mundo (FAO, 1999). Esta actividad se desarrolla por causas diversas como problemas políticos, cambios sociodemográficos (como lo es el fenómeno de las migraciones del campo a la ciudad o la explosión demográfica), la búsqueda de mejores condiciones de seguridad alimentaria e impulsos gubernamentales; en los últimos 30 años ha experimentado un crecimiento importante (Bryld, 2003; Hamilton et al., 2013; RUAF, 2002; FAO, 2014).

En algunos países, sobre todo en los menos desarrollados a nivel económico, la AU y APU representan una alternativa a las necesidades básicas de la población y tienen repercusiones directas en la economía local (Ávila, 2009).

Actualmente el 54% de la población a nivel mundial se considera “población urbana” y se espera que para 2050 el 66% de la población entrará en esta categoría (UN-DESA, 2014). Con el aumento de la población urbana se estima que la AU seguirá siendo o se convertirá en una actividad de importancia en muchas ciudades (Orsini et al., 2013), ya que si bien no es una solución para todos los problemas de pobreza y alimentación de las zonas urbanas, si constituye un suministro

inmediato y casi permanente de alimentos e ingresos económicos adicionales para quienes la practican (FAO, 1996).

Beneficios y perjuicios de la agricultura urbana y periurbana

A pesar de que la AU y la APU tienen múltiples beneficios para la sociedad, han generado controversia debido a que representan un riesgo potencial para la salud humana y ecosistémica (Cofie et al., 2003). Esto se debe principalmente a que sus productos pueden estar expuestos a contaminantes derivados de la dinámica urbana y a que el manejo agrícola de los suelos y productos puede llegar a ser inadecuado (Hamilton et al., 2013; RUAF, 2002). En la tabla 1 se muestran los argumentos de algunos autores; cabe mencionar que se han organizado en tres tipos de factores (sociales, económicos y ambientales) para hacerlos accesibles, sin embargo no se debe ignorar que existen interacciones directas e indirectas entre ellos.

Tabla 1. Beneficios y perjuicios de la agricultura urbana. Elaboración propia con información de: FAO (2014); Orsini et al.(2013); Havaliji (2011); Murtaza et al. (2010); De Bon et al. (2009); IICA (2009); Hernández (2006); RUAF (2005); Bryld (2003); Cofie et al. (2003);RUAF (2001).

Tipo de factor	Beneficios	Perjuicios
Social	Fomenta la seguridad alimentaria, equidad de género e inclusión social	La producción agrícola urbana a pesar de que se realice a gran escala, no podría llegar a competir con grandes productores en términos del abastecimiento de alimentos a la urbe
Social, Económico	Producción de empleos	Debido a la utilización de recursos residuales y al desprestigio por las condiciones sanitarias, los productores podrían llegar a tener dificultades para vender sus productos a buen precio
Social, Económico	Aprovechamiento de espacios en abandono y recursos residuales	La utilización de espacios en abandono y recursos como el agua residual, representan un riesgo para la salud humana dado que podrían contener contaminantes como bacterias, materia fecal, restos de

		plaguicidas, metales, HAP's , etc.
Ambiental	Mejora la calidad del aire, devuelve el carbono al suelo y restablece microclimas devolviendo humedad a la atmósfera.	La utilización de agroquímicos y el mal manejo de los terrenos destinados para AU, pueden generar contaminación y deterioro ambiental
Ambiental	Retiene el crecimiento de la mancha urbana y contribuye a la diversidad biológica y conservación de especies	Debido a la cercanía a la mancha urbana, la actividad representa un riesgo para la salud humana y ecosistémica (enfermedades vectoriales, zoonóticas, asociadas a plaguicidas y metales)
Ambiental	Permite la infiltración de agua de lluvia y recarga de acuíferos	Si existe un manejo inadecuado, podrían contaminarse los recursos hídricos. Puede fomentarse la eutrofización de los cuerpos acuáticos
Ambiental, Económico y Social	Contribuye al paisaje urbano y a la adquisición de identidad social A comparación de otros espacios urbanos (camellones, parques, etc.) es económicamente redituable; aunado a esto, la distribución local de los productos tiene un bajo costo (transporte y energía)	Hay una escasa regulación de la actividad. Además podrían generarse conflictos de interés por los espacios destinados a esta actividad

1.2 Contaminantes en la Agricultura Urbana

La contaminación constituye un aspecto importante en la degradación del suelo. Según Bautista et al. (2004), puede definirse como la concentración de un elemento o de un compuesto químico a partir de la cual se producen efectos desfavorables que se traducen en una pérdida de aptitud para determinada función o hacer inutilizable al suelo, a menos que se le someta a un tratamiento previo.

Es por lo anterior que las actividades agrícolas urbanas deben tomar en cuenta factores como la contaminación del suelo, la calidad del agua para riego, el uso de agroquímicos, el reciclaje de residuos, el tipo de espacios urbanos destinados a dicha actividad y las prácticas de manejo agrícola (Mougeot, 2006; Navarrete et al., 2011).

Los plaguicidas organoclorados (OC) y organofosforados (OP, por sus siglas en inglés) y metales, son contaminantes persistentes en los suelos y según diversos organismos nacionales e internacionales representan un riesgo a la salud humana y ambiental.

Plaguicidas

Los plaguicidas se definen como la sustancia o mezcla de sustancia destinadas a la prevención, destrucción, repulsión o mitigación de cualquier plaga (USEPA, 2014), se incluyen en esta definición las sustancias defoliantes y desecantes (INECC, 2013). El uso de estas sustancias comenzó a intensificarse en los años cincuenta, con fines agrícolas, de salubridad e incluso militares (FAO, 1997). La importancia del uso de los plaguicidas radica en que uno de los factores limitantes para la productividad agrícola es la incidencia de enfermedades o plagas (CICOPLAFEST, 2004).

Clasificación

Para cubrir los objetivos de esta investigación se empleará la clasificación química de los plaguicidas. La ventaja de esta clasificación es que es internacional y permite tener acceso a otras características como la persistencia y toxicidad (SEMARNAT, 2007).

Tabla 2. Clasificación química de los plaguicidas. Fuente: elaborado con información de Kamrin (1997).

Nombre	Ejemplos
Piretroides	Allertrin, Cypermethrin, Esfenvalerate, Flucytrhinat, permethrin, resmethrin, rotenone, ryania
Carbamatos, tri y di carbamatos	Aldicarb, bendiocarb, carbaryl, carbofuran, chlorpromaf, fenoxycarb, proxpur. Butylate, EPTC, Maneb, trillate, zineb.
Organofosforados	Bensulide, chlorpyrifos, coumaphos, diazinon, diclorvos, dimethoate, ethion, fonofos.
Organoclorados	Chlordane, chlorbenzilate, dalapon, endosulfan, heptachlor, lindane.
Fenoxy	2,4-D, 2,4-DB, Chloramben, DCPA, Dicamba.
Triazinas y triazoles	Amitrole, atrazina, cynazine, hexazinone, triadimefon.
Ureas	Diuron, linuron, fluometuron, tebuthiron.

Plaguicidas en el ambiente

Los plaguicidas son sustancias químicamente complejas que al interactuar con el medio se transforman a nivel físico y químico, dando lugar a una serie de fenómenos como: la adsorción por plantas y suelos, la volatilización, la fotólisis, la degradación microbiana, etc. (García y Rodríguez, 2012; Kanchana et al., 2015).

Según lo reporta Alcántara, 2014; existen cuatro rutas principales que un plaguicida puede tomar una vez que es liberado al ambiente: en primer lugar está la adherencia a las partículas de suelo, vegetación o cualquier superficie y mantenerse cercano al sitio de deposición; la segunda ruta es la adherencia a las partículas de suelo, el transporte y dispersión eólica; la tercera ruta es la de la disolución en agua, la absorción por plantas u otras partículas y el posterior transporte por escorrentía y lixiviación; por último está la ruta de la volatilización y el transporte eólico.

Otros factores de importancia son la bioacumulación y la biomagnificación, la primera se puede definir como la tendencia que tiene el plaguicida a acumularse dentro de los organismos; la segunda

se puede definir como el proceso mediante el cual un plaguicida puede aumentar su concentración a través de una cadena alimenticia (FAO, 2000; CICOPLAFEST, 2004).

Por lo anterior y por su uso extensivo, los plaguicidas pueden llegar a convertirse en contaminantes del suelo (Blanco, 2011; Alcántara, 2014), aire (Wong et al., 2010), agua subterránea (Zhao y Pei, 2012), cultivos (Sapahin et al., 2015) e incluso la leche materna (Umaña y Constela, 1984); por lo que su manejo representa tema de importancia por su potencial riesgo a la salud humana y ecosistémica (Blanco, 2011).

Plaguicidas organofosforados

Estos compuestos pueden utilizarse como insecticidas, funguicidas y herbicidas; su desarrollo comenzó a principios del siglo XIX; se caracterizan por tener un átomo de fósforo central rodeado por numerosas cadenas (Kamrin, 1997). Fueron descubiertos por Gerhard Schrader, quién los sintetizó de manera accidental, y después se emplearon durante la segunda guerra mundial con fines militares (Ware, 1978). Son los plaguicidas más utilizados en el mundo (Sapahin et al., 2015), debido a su poca estabilidad química y baja persistencia se emplean para fines agrícolas en sustitución de organoclorados como el DDT (Ware, 1978). Actualmente más de 100 plaguicidas organofosforados están en uso, representando el 38% del uso a nivel mundial (Kanchana et al., 2015).

Toxicidad

Este grupo de plaguicidas se absorbe de manera efectiva por inhalación, ingestión y vía cutánea, su mecanismo de acción es la inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa (AChE) (Sapahin et al., 2015; Kamrin, 1997). Estos compuestos se metabolizan y excretan con rapidez por medio de la orina y heces, por lo que no existe evidencia de que produzcan bioacumulación (Kamrin, 1997).

Comportamiento en el ambiente

Su comportamiento en los suelos está controlado principalmente por la humedad, materia orgánica (son inmovilizados por ésta), acidez (su degradación incrementa con la alcalinidad por lo que se entiende que son más estables en condiciones ácidas), temperatura (su vida media disminuye con el aumento de la temperatura), y contenido mineral; se categorizan como de baja o moderada persistencia en los suelos; sin embargo en algunos casos la interacción con otros compuestos puede cambiar el régimen de degradación (Kamrin, 1997).

Este grupo de plaguicidas, por lo general se rocía en las plantas o directamente sobre el suelo por lo que pueden encontrarse residuos en los suelos, cultivos, agua subterránea y agua para consumo humano (Sapahin et al, 2015; Zhao et al., 2012). En el caso de la interacción con plantas, éstas son capaces de absorberlos a través de las raíces o el follaje y de translocarlos a otras estructuras (Kamrin, 1997).

Riesgo potencial a la salud humana

Estos compuestos presentan una baja persistencia en el ambiente, no son bioacumulables y tienen bajo potencial de carcinogenicidad y una alta toxicidad (Kamrin, 1997).

Plaguicidas organoclorados

Estas sustancias se usan como pesticidas por su efectividad y bajo costo de producción, se les conoce como hidrocarburos clorados, orgánicos clorados o insecticidas clorados (Ware, 1978). Según sus características estructurales se dividen en tres grupos; diclorofenilatos (DDT y compuestos relacionados), compuestos del ciclodiano, y otros compuestos; la característica entre estos grupos es que poseen uno o más átomos de cloro alrededor de uno o más anillos de hidrocarburos (Kamrin, 1997).

Estos plaguicidas se encuentran ampliamente distribuidos en el mundo debido a que se han utilizado para combatir plagas agrícolas y en campañas de salud, además de su comprobada efectividad y

bajo costo de producción (Calva y Torres, 2012). En la actualidad su uso está restringido en muchos países debido a su alta toxicidad y a los efectos ambientales adversos que ocasionan (CICOPLAFEST, 2004).

Toxicidad

La toxicidad de los compuestos varía de acuerdo con el grupo al que pertenecen, pero en los tres casos se les considera como estimulantes del sistema nervioso central (Kamrin, 1997); los OC actúan inhibiendo el flujo de cationes a través de las membranas nerviosas e incrementando la irritabilidad neuronal (CICOPLAFEST, 2004). Su toxicidad se relaciona con la concentración en el tejido nervioso, además tienen potencial de bioacumulación en los organismos mayores debido a que resisten la degradación bioquímica y a que son liposolubles (Kamrin, 1997). Son compuestos persistentes y de difícil degradación, tienen efectos mutagénicos, teratogénicos y sobre las funciones metabólicas de muchos organismos (Calva y Torres, 2012).

Pueden absorberse por vía dérmica, intestinal y respiratoria. La mayor parte se acumula en el tejido graso y una menor proporción se metaboliza y excreta por la bilis y orina (CICOPLAFEST, 2004)

Comportamiento en el ambiente

No se movilizan en los suelos debido a que se ligan fuertemente a las partículas del suelo y no son solubles en agua. Sin embargo el movimiento puede ocurrir por erosión, viento o lluvias (Kamrin, 1997). Son muy persistentes debido a que su estructura química es muy estable y a que se degradan lentamente bajo condiciones extremas (Calva y Torres, 2012). Se acumulan en frutas y vegetales y pueden llegar a contaminar el agua superficial y subterránea por el lavado de los suelos contaminados con plaguicidas o por los residuos de plaguicidas que se depositan directamente en los cuerpos de agua (Kamrin, 1997; Calva y Torres, 2012; Alcántara, 2014).

Riesgo potencial a la salud humana

Estos compuestos tienen tendencia a acumularse en tejidos grasos, son muy persistentes en suelos y alimentos, y también son biomagnificables (CICOPLAFEST, 2004).

Situación general de los plaguicidas en México

En México el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes en cultivos (sobre todo de ornato) y la escasa o inadecuada regulación, son una realidad latente que representa un riesgo tanto para la salud de los agricultores como la de los consumidores, convirtiéndolo en un problema de salud pública (FAO, 2014).

Los vegetales y productos de pequeños mercados locales en los países en desarrollo, son poco monitoreados en términos de residuos de plaguicidas, lo cual representa un riesgo adicional (Dinham, 2003). Según Calva y Torres (2012), en México los principales cultivos a los que se les aplican OC son: maíz, caña, frutales, frijol, arroz, trigo, coco y chile.

Además, existen algunos programas de prevención y control de enfermedades transmitidas por vectores (ETV) regulados por la Secretaría de Salud, en los que se fomenta la utilización de diversas técnicas informativas y preventivas entre las que destaca el uso de plaguicidas y repelentes en espacios abiertos y domiciliarios. El dengue, paludismo, oncocercosis, enfermedad de chagas, virus del oeste del Nilo, virus del chikungunya y el alacranismo son las ETV de mayor incidencia en el país. Dos veces al año y en particular durante los meses de lluvias se ponen en marcha programas de nebulización de plaguicidas para evitar la proliferación de ETV, en las zonas del país donde existe mayor incidencia.

Metales

Los metales pesados comprenden a los elementos conocidos como de transición, post-transición y metaloides; son elementos con pesos atómicos altos (superiores a los 55.4 g correspondientes al hierro), como arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu) mercurio (Hg),

níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), selenio (Se), titanio (Ti) y zinc (Zn) (INECC, 2007; Belmonte et al., 2010; EPA, 2014). Otros elementos que también se llegan a estudiar en este ámbito debido a que pueden tener carácter contaminante son el hierro (Fe), manganeso (Mn) y vanadio (V) (Galán et al., 2008; Vega, 2010).

Se pueden clasificar acorde con su toxicidad, propiedades y funciones biológicas, así como por sus propiedades químicas. Aproximadamente 70 elementos pueden considerarse como metales pesados (Prasad, 2001). De manera generalizada, se caracterizan por su alta toxicidad, por ser contaminantes no degradables biológicamente y por su carácter bioacumulativo (Yu et al., 2014).

Toxicidad

Por lo general los metales de origen natural son muy estables en los suelos y aunque puedan llegar a concentrarse, en la mayoría de las ocasiones no se consideran tóxicos y están en formas poco disponibles para los organismos y poco móviles en el ambiente (Galán et al., 2008); sin embargo, pueden convertirse en contaminantes cuando su concentración se altera debido a actividades humanas (INECC, 2009; Yu et al., 2014 Belmonte et al., 2010). En estos casos se ha comprobado que se pueden acumular en las células de animales y plantas, causando efectos tóxicos adversos en su salud (Wang et al., 2009).

Fuentes de metales en el ambiente y los suelos

Pueden provenir de fuentes naturales y antropogénicas (INECC, 2009), cuando están presentes en la corteza terrestre de manera natural sus concentraciones pueden variar desde los pocos μg a los 100 mg de metal por kg de suelo (Zacarías et al., 2012).

La cantidad de metal disponible de manera natural en el ambiente, y en particular en los suelos está determinada por su geodisponibilidad que depende de procesos físicos, químicos o biológicos que los liberan de las rocas al ambiente, también influyen procesos como erupciones volcánicas y lixiviados de la mineralización (Galán et al., 2008). Sin embargo la cantidad de metal aportada por

fuentes naturales es muy baja comparada con las aportaciones de fuentes antropogénicas (Belmonte et al., 2010).

Según Alloway (1990) y Wang et al. (2009), las principales fuentes antropogénicas de metales para los suelos son: fuentes atmosféricas, combustión de combustibles fósiles, fertilizantes y pesticidas, abonos orgánicos, la disposición no regulada de desechos urbanos y la industria metalúrgica.

Según un estudio realizado por Yu et al. (2014), otros factores que determinan la presencia y concentración de metales en el ambiente y los suelos son: el tipo de actividades industriales que se realizan, localización de las vías de circulación de vehículos, cantidad y tipo de vehículos que existan en la zona de la explotación, la cercanía de los cuerpos de agua, el tipo de suelo, la geología, relieve, clima, régimen de erosión, tipo de vegetación y la biota.

Metales en suelos

Los suelos pueden actuar como filtro, amortiguador y almacén de metales para evitar la contaminación de otros compartimentos (hidrósfera, atmósfera y biósfera), esto depende principalmente de la cantidad de materia orgánica (forma complejos quelatados con los metales, estabilizándolos), óxidos de Fe y Mn (tienen capacidad de adsorción de algunos metales), presencia de carbonatos (mantienen las condiciones de pH), contenido de minerales arcillosos (en función de la superficie reactiva del mineral arcilloso se retendrá una mayor cantidad de metales), capacidad de intercambio catiónico, pH (más disponibles a pH ácido a excepción de AS, Mo, Se y Cr que prefieren la alcalinidad), Eh (cambios en los estados de oxidación de los metales), textura (determina la capacidad de retención de metales por adsorción de minerales arcillosos), permeabilidad y actividad biológica del suelo (Galán et al., 2008). Los metales de origen antrópico generalmente tienen un efecto acumulativo a lo largo del tiempo, particularmente en los horizontes superficiales del suelo (Surdyck et al, 2010).

Según Murtaza et al. (2010) los metales derivados de fuentes antropogénicas, pueden tener efectos en las propiedades físicas y químicas de los suelos, como por ejemplo en el régimen de infiltración del agua, la permeabilidad del suelo, la conductividad hidráulica, la estructura del suelo y los cambios en la salinidad. Cada tipo de suelo tiene una capacidad limitada para almacenar metales pesados, por lo que en la actualidad existe una fuerte preocupación por las aportaciones antropogénicas (Prasad, 2001).

Metales y plantas

Según Alloway (1990), las plantas y los metales interactúan dentro de un sistema abierto y complejo y existen tres factores que determinan la cantidad de un metal que una planta es capaz de absorber: las concentraciones y especies de metales presentes en la solución del suelo, el movimiento de la solución del suelo hacia las raíces de la planta y el transporte del metal de la superficie de la raíz al resto de la raíz y otros órganos de la planta.

Las plantas requieren extraer pequeñas concentraciones de algunos metales como el Cu, Co, Fe, Mn, Se, V, Mo, As, Ni y Zn para nutrirse, sin embargo cuando superan ciertos umbrales pueden llegar a convertirse en contaminantes y tener un efecto tóxico (Galán et al., 2008; Zacarías et al., 2012). Otros metales como el Cd, Pb y Hg no tienen ninguna función metabólica para las plantas; muestran efectos tóxicos a bajas concentraciones, no solo para las plantas sino también para los organismos que habitan en el suelo (Oyarzun e Higuera, 2000). Además de la absorción por raíces también pueden realizar absorción foliar, dependiendo de la especie de planta, su estado nutricional, del grosor de su cutícula, la edad de la hoja, entre otras características (Alloway, 1990).

Riesgo potencial a la salud humana

La importancia ecológica de los metales pesados en suelos está estrechamente relacionada con la salud humana dado su alto potencial de transferencia a través de la cadena alimenticia (Morton-Bermea, et al., 2009). A pesar de toda la información existente sobre los perjuicios de los metales pesados a la salud humana y ecosistémica, sigue existiendo poca información sobre el flujo global

de los metales pesados y su disposición en el suelo, agua y aire, lo cual representa un reto en términos de riesgos a la salud, la creación de regulaciones y la toma de acción preventiva y de remediación (Prasad, 2001).

Situación de la presencia de metales en el ambiente en México

Según Zacarías et al.(2012) en México se han detectado 61 sitios contraminados con metales pesados y esto se debe principalmente a que la normatividad asociada al tema es de reciente creación. Entre los metales de mayor preocupación en México encontramos al Cd, Pb y Hg, que causan diversos daños a la salud humana debido a la ingesta de alimentos contaminados, a la inhalación o al contacto dérmico (INECC, 2009).

1.3 Marco jurídico

Instrumentos jurídicos internacionales

La AU se desarrolla alrededor del mundo bajo distintas condiciones, por lo anterior algunos de los retos en el desarrollo de políticas en esta materia son los múltiples factores que convergen dentro de ella, el hecho de que no está exenta de problemas (Bryld, 2003) y que en algunas ocasiones ha llegado a considerarse como una actividad antieconómica, antiestética y dañina para la salud dentro de las ciudades (FAO, 1996).

Según la SEDEREC (2012), a nivel internacional los principales instrumentos en materia de AU son: la declaración universal de derechos humanos de la ONU, la conferencia de la FAO en su 29º período de sesiones en 1997, el convenio Sur-Sur de la FAO, el tratado Internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, el programa especial para la seguridad alimentaria (PESA) y la cumbre mundial sobre la alimentación.

Respecto al uso de plaguicidas o sustancias químicas peligrosas, existen diversos convenios y acuerdos internacionales como: el convenio de Brasilea, el convenio de Rotterdam, el convenio de Estocolmo y el código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas de la OMS.

En países como Estados Unidos, países miembros de la Unión Europea (UE) y Canadá, se han desarrollado marcos jurídicos inmersos en el contexto de los instrumentos internacionales antes mencionados. Estos podrían servir como referencia para países en los que esta actividad es incipiente o se busque crear un marco jurídico.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), ha establecido diversas regulaciones en materia de agricultura bajo las cuales se norman las técnicas de cultivo, uso de plaguicidas y sustancias químicas, etc. (GPO, 2015). La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), es otro organismo que ha

desarrollado guías, manuales e información general sobre la AU; además ha establecido los límites máximos permisibles de sustancias como plaguicidas y metales en suelos y alimentos.

La Unión Europea ha desarrollado una serie de reglamentos en los cuales se determinan los contenidos máximos de algunos contaminantes (Reglamento CE n° 1881/2006) y plaguicidas en productos alimenticios (Reglamento CE n° 396/2005) para fomentar las buenas prácticas agrícolas de producción (UE, 2010). Además dentro de la organización existe un reglamento en el que se fundamenta la legislación alimentaria (Reglamento (CE) n° 178/2002) y algunos programas asociados a la seguridad alimentaria, cambio climático y las prácticas agrícolas sustentables.

En Canadá existe un marco jurídico robusto en materia ambiental. El órgano gubernamental encargado de la regulación en materia ambiental es el Ministerio Federal de Medio Ambiente y el máximo instrumento es la Ley Canadiense de Protección Ambiental, la cual controla el manejo de sustancias tóxicas, tipifica delitos ambientales, establece niveles máximos permisibles de contaminantes (Gavrel, 2011). En términos de AU, existe una dependencia conocida como Oficina Canadiense de Agricultura Urbana (City Farmer, 2015), en la cual se fomentan las prácticas agrícolas urbanas.

Instrumentos jurídicos nacionales y regionales

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es el máximo nivel jurídico en el cual se enmarca toda regulación o instrumento jurídico nacional relacionado con la AU o cualquier otro ámbito; en ella destacan los artículos 4°, 25°, 27° y 122°, en los cuales se definen lineamientos para el acceso a un medio ambiente saludable y el derecho a una alimentación de calidad, así como las responsabilidades del estado para garantizarlo; los lineamientos para el aprovechamiento de recursos naturales y el desarrollo de actividades sectoriales (SEDEREC, 2012; DOF, 2015).

Además existen leyes como la Ley Agraria (LA, 1996), la Ley General del Equilibrio Ecológico (LEGEPA, 1988), la Ley Ambiental del Distrito Federal (LPADF, 2000) y la Ley de Productos

Orgánicos (LPO, 2015) (con sus respectivos reglamentos), que en conjunto definen los alcances de la actividad agrícola urbana. Otra ley importante es la Ley General de Salud (LGS, 1984), en la que se define el concepto de plaguicidas y las consideraciones para su uso y manejo.

Por otro lado, existe una iniciativa por parte del Gobierno del Estado de Puebla, la Ley de Agricultura Urbana para el Estado de Puebla (GEP, 2013), que representa una de las primeras aportaciones a nivel nacional para una mejora en la regulación y ejecución de la actividad. El principal objetivo de esta ley es el bienestar social y la promoción de la autoproducción de alimentos en sistemas de participación familiar o comunitaria.

Otros instrumentos jurídicos asociados a la AU son las Normas Oficiales Mexicanas (NOMS), que son regulaciones técnicas de carácter obligatorio (SEMARNAT, 2015). Las principales NOMS relacionadas con la AU se mencionan en la tabla 3.

Tabla 3. Normas oficiales mexicanas asociadas a la agricultura urbana. Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2015).

Normas oficiales mexicanas (NOMS) relacionadas con la AU	
NOM-003-SEMARNAT-1997	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
NOM-121-RECNAT-2000	Establece especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004	Establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
NOM-062-ECOL-1994	Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.
NOM-057-FITO-1995	Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas.
NOM-081-FITO-2001	Establece las condiciones de manejo y eliminación de focos de infección y plagas.

NADF-002-RNAT-2002	Establece las condiciones para la agricultura ecológica en suelo de conservación en el Distrito Federal
NOM-007-SEMARNAT-1997	Establece las condiciones para el aprovechamiento de ramas, hojas, pencas, flores, frutos y semillas.
NOM-032-SSA2-2014	Establece la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores mediante el uso de insecticidas y plaguicidas en zonas de cultivo, abiertas y domésticas.

En materia de sustancias como plaguicidas, herbicidas y sustancias químicas, existe un catálogo desarrollado por la comisión Intersectorial para el Control del Proceso de Uso de Plaguicidas Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) y la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), en donde se establecen criterios para el uso y manejo de productos dentro de actividades agrícolas, forestales, urbanas, pecuarias, domésticas e industriales.

El programa general de ordenamiento ecológico del Distrito Federal, el programa general de desarrollo urbano del Distrito Federal 2013-2018 (GDF, 2013) y el programa de desarrollo urbano de la delegación Xochimilco (GDF, 2005), establecen la zonificación del territorio y definen líneas de acción en materia de políticas públicas enmarcando la actividad agrícola urbana.

Por último, existen algunas iniciativas por parte del gobierno del Distrito Federal así como de organismos internacionales, para regular y gestionar la AU. Ejemplo de lo anterior es la creación de la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (SEDEREC) con aportaciones como el Programa de Agricultura Sustentable y a Pequeña Escala (FAO, 2014). Otra iniciativa por parte de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA) es el “sello verde”, bajo el cual los productores pueden buscar la certificación de sus productos bajo la categoría de “orgánicos” (FAO, 2014).

El enfoque de las políticas agrarias dentro de la Ciudad de México ha sido la maximización de la producción, promoviendo el uso de agroquímicos, maquinaria agrícola y la distribución de semillas;

así como también la promoción de actividades de traspatio como huertos e invernaderos familiares (Rodríguez et al., 2000). En el caso de las chinampas, según Canabal (2015), las políticas han sido equivocadas y se han aplicado con parcialidad, debido a que no consideran a los problemas ambientales como uno de los principales factores de riesgo y que podría resultar limitante para las actividades agrícolas.

En el caso de los organismos internacionales, en el 2006 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés) nombró a Xochimilco, Tláhuac y al centro histórico de la Ciudad de México como patrimonio Mundial; este nombramiento resultó ser una herramienta útil en la gestión del territorio (en este caso se hace referencia a la zona chinampera de Xochimilco) así como para la coordinación de diferentes instituciones y órdenes de gobierno para el desarrollo de un plan de acción con objetivos comunes (UNESCO, 2009).

1.4 Agricultura Urbana en la Cuenca del Valle de México y chinampas

Históricamente la Cuenca del Valle de México (CVM), ha sido el centro político, social y económico-administrativo en donde se concentran muchas actividades de importancia a nivel nacional, y la agricultura forma parte fundamental de la historia del desarrollo dentro de ésta (FAO, 2014).

Los primeros asentamientos humanos dentro de la CVM se localizaron en los terrenos a los alrededores de los lagos (que en ese momento ocupaban la mayor parte del territorio) y en ellos se realizaron actividades de cultivo en laderas de cerros y montaña. Además, derivado de la presión demográfica, la demanda de alimentos y el limitado espacio para cultivar, se desarrolló el sistema de “chinampas” que permitía el cultivo dentro del ambiente lacustre (UNESCO, 2008).

Con la conquista Española las actividades agrícolas resultaron modificadas debido a que aumentó la demanda de alimentos, a que se introdujeron nuevas especies (ganado, chícharos y otras) (Mc Clung de Tapia et al., 2014) y a que se incorporaron nuevas técnicas de cultivo (Martínez, 1983). Otro factor determinante para el desarrollo de esta actividad fue que la delimitación Española del territorio confería a la CVM un carácter administrativo y militar (Villalvazo et al., 2002), por lo que algunas zonas destinadas al cultivo como las de chinampa, fueron inundadas o abandonadas (Stephan-Otto, 1997).

En el periodo de lucha de Independencia debido a los múltiples conflictos sociales, las actividades agrícolas en provincia decayeron y se presentó un fenómeno de migración hacia las grandes zonas urbanas (Villalvazo et al., 2002). Este fenómeno migratorio trajo consigo gente de distintas regiones del país que ocupó los campos de cultivo dentro y en los alrededores de la ciudad de México, incorporando nuevas técnicas agrícolas.

En la época porfiriana (1876-1910) se generó un fenómeno de diversificación de cultivos debido a la apertura del mercado a la exportación de productos en todo el país; la hacienda tomó un papel de importancia en el desarrollo de las actividades agrícolas (Martínez, 1983). Durante esta etapa, la demanda hacendaria de recursos hídricos resultó perjudicial para algunos canales que abastecían el sistema de chinampas que aún prevalecía (Stephan-Otto, 1997).

Alrededor de 1930, por decreto presidencial se delimita la zona del Distrito Federal como sede de los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial, y por lo anterior se requiere una nueva planeación del territorio y la distribución de los asentamientos urbanos. Es entonces que se acelera el crecimiento de las zonas urbanizadas llegando incluso al Estado de México, pero los pueblos y barrios que antes existían dentro y en la periferia de la ciudad, mantuvieron muchas de sus actividades agropecuarias como parte de sus actividades cotidianas (Soriano et al., 2000), incluido el cultivo en chinampas.

Hacia 1950 debido a la presión hídrica derivada del crecimiento poblacional, muchos canales de abatecimiento de agua para los cultivos de la periferia de la ciudad fueron secados casi por completo, lo que se tradujo en la utilización de aguas residuales para el riego de los cultivos (Stephan-Otto, 1997).

A principios de los años 70 por decreto presidencial se reclasifica administrativamente la ciudad de México, bajo la categoría de “zona agrícola y urbana” a pesar de que en solo 7 de las 16 delegaciones desarrollan actividades agrícolas (Rivera, 2013). Esto regulará el crecimiento urbano y el desarrollo de las actividades agrícolas.

En la actualidad dentro de la CVM existen tres tipos de agricultura urbana; el primer tipo es aquella que se desarrolla en comunidades que con el crecimiento de la urbe se han incorporado a la ciudad y la principal característica es que continúan practicando técnicas tradicionales con algunas adaptaciones, este es el caso de Xochimilco, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan, Magdalena Contreras y Cuajimalpa (Canabal, 2000). Un ejemplo es el caso de las chinampas, que tras aproximadamente

600 años de historia, continúan produciendo con técnicas tradicionales y abasteciendo a la ciudad, principalmente en Tláhuac, Mixquic y Xochimilco (FAO, 2014). La mayor parte de las actividades agrícolas urbanas se puede agrupar dentro de esta categoría (FAO, 2014).

El segundo tipo de agricultura urbana es aquella que se desarrolla en zonas periurbanas, en donde se adaptan zonas para la producción de alimentos; un ejemplo de lo anterior es una asociación pecuaria de Azcapotzalco en donde se tienen unidades de traspatio para la producción de cerdos (Canabal, 2000).

El último tipo, es aquella que se desarrolla dentro de la ciudad en un contexto familiar, barrial o comunitario (Canabal, 2000). En la actualidad, la agricultura urbana dentro de las zonas centrales de la ciudad de México, podría considerarse como incipiente (Rivera, 2013). Si bien existen proyectos exitosos como mercados orgánicos, talleres de agricultura urbana, azoteas verdes, agricultura de traspatio, huertos e invernaderos en diferentes delegaciones (Cuauhtémoc, Iztapalapa, Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Miguel Hidalgo), aún hace falta extender más esta actividad ya que debido a la dinámica urbana, la mayoría de los pobladores de la ciudad prefieren adquirir productos de importación en vez de producirlos (FAO, 2014).

La agricultura en la ciudad de México y sus alrededores es un caso único debido a que es el resultado de años de evolución de tradiciones prehispánicas así como de la transformación gradual del territorio en el que se ha desarrollado (Rodríguez et al., 2000). Si bien la AU no es la actividad económica predominante en la metrópoli, contribuye a la activación de la economía local y a la seguridad alimentaria (FAO, 2014; UNESCO, 2008).

Las chinampas

Las chinampas son una forma precolombina de agricultura donde los sedimentos de los canales lacustres se colectan y apilan en pequeños islotes (Blanco-Jarvio, et al., 2011). Dichos islotes se encuentran rodeados de canales que permiten el suministro de agua a los cultivos (SMADF, 2015).

Tienen forma rectangular y dimensiones de 500 a 100m² (Ramos – Bello et al., 2001) y son de poca anchura con la finalidad de que el agua pueda llegar hasta el centro de ellas por difusión (SMADF, 2015).

El procedimiento para la construcción de una chinampa comienza con la búsqueda de cimientos, que consiste en encontrar una zona del canal con poca profundidad, posteriormente se delimita con estacas o carrizo el espacio que ocupará (estas estacas se colocan a una distancia de entre 4 y 5 m entre ellas) (SMADF, 2015). Después se rellena el espacio delimitado con lodo del fondo de los canales alternando con material vegetal (cañas, tule, lirio o desechos cultivos), este relleno se continúa hasta que sobresalga del nivel del agua aproximadamente 25 cm (González & Valladares, 2014). Con el lodo que se deposita en las orillas de las chinampas y con plantas acuáticas como el lirio, ninfas o tule, se hacen los almacígos (aglomeraciones de lodo y plantas), en donde se depositan semillas para su germinación y posterior traslado al terreno (Stephan-Otto, 1997).

Por último, alrededor de la chinampa se plantan ahuejotes (*Salix bonplandiana*) para dar soporte (González y Valladares, 2014), así como para fungir como barrera natural para plagas, sol y viento excesivos (Stephan-Otto y Zlotnik, 2001).

Otro componente presente en los sistemas chinamperos son las llamadas “tablas”, caracterizadas como terrenos alargados que en el pasado fueron chinampas pero debido a la sequía de los canales, ya no se encuentran rodeados por agua, sin embargo pueden seguir empleándose para el cultivo o asentamientos urbanos (UNESCO, 2008).

Las chinampas pueden considerarse como un sistema casi autosuficiente, debido a que todos los elementos para su construcción y manejo se encuentran dentro de la misma zona donde se construyen (Stephan-Otto, 1997).

Sistema productivo

La producción chinampera puede definirse como un sistema agroforestal integral, ya que dentro de él se incluyen actividades como pesca en canales, siembra de árboles y cultivos para consumo humano y ganadería (alimentada con restos de los cultivos y cultivos enriquecidos con desechos ganaderos) (Stephan-Otto y Zlotnik, 2001).

Una de las características de las chinampas es un alto rendimiento productivo en poco espacio (González y Valladares, 2014). El aporte constante de agua al sistema, la cercanía de la rizósfera al cuerpo de agua, la disponibilidad de nutrientes por los lodos y la materia orgánica, hacen que este agrosistema sea de uso intensivo (Stephan-Otto, 1997). La rotación de cultivos presente en las chinampas, así como la adición de lodos y material vegetal, hacen de su suelo un medio enriquecido para el desarrollo de los cultivos, además aporta diferentes nutrientes al suelo y facilita el control de plagas (Stephan-Otto, 1997); sin embargo en los últimos años la presión por un mayor rendimiento ha difundido el uso de fertilizantes y plaguicidas impactando negativamente el sistema ambiental (UNESCO, 2008) y alterando las condiciones de producción en las chinampas (Rivera, 2013).

Los elementos principales de una chinampa son interdependientes y eficientes; es por eso que las alteraciones a cualquiera de ellos tendrán efectos en todo el sistema. Dichos elementos son el suelo, el agua, la energía solar, la flora, la fauna y el manejo que le da el humano (Stephan-Otto y Zlotnik, 2001).

La degradación de estos sistemas se debe principalmente a la disminución en la calidad del agua de los canales de Xochimilco y tiene como consecuencias principales, la pérdida de superficie, disminución en la calidad del suelo, disminución en la calidad del agua subterránea, degradación del paisaje y también representa una amenaza a la diversidad biológica albergada en estas zonas (GDF, 2005).

En la actualidad Xochimilco se divide en tres regiones productivas, la primera es la que está más ligada a la zona urbana y por consiguiente a sus problemáticas. Esta se zona caracteriza como “turística” y se dedica principalmente a la producción de plantas en invernadero y en el estrato norte aún se conserva la tradición chinampera. La segunda región se localiza en la zona de cerros y se dedica a la producción de maíz, frijol, haba y forrajes en temporal. Por último se encuentra la región ribereña (San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco y Santiago Tulyehualco), que es puramente chinampera y produce hortalizas y flores principalmente (Canabal, 2015).

Se estima que las chinampas producen el 45% de la demanda de plantas ornamentales para la ciudad de México, además de producir vegetales, cereales y cultivos forrajeros (RUAF, 2002). Según Solís et al. (2006), en las chinampas de Xochimilco se producen más de 40 especies agrícolas.

Problemática ambiental en la zona chinampera de Xochimilco

Los problemas ambientales en la zona chinampera de Xochimilco se relacionan principalmente con la calidad del agua, la sobreexplotación de acuíferos y los hundimientos derivados de ésta (González y Valladares, 2014).

La degradación de la calidad del agua de los canales de la zona chinampera se debe al mal manejo de las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento en el Cerro de la Estrella (Ramos-Bello et al., 2001; Carrión et al., 2012). El agua tratada aporta sales (sodio en mayor proporción), lo cual produce un aumento en la salinidad de los suelos de las chinampas y disminuye su calidad (GDF, 2005).

Según González y Valladares (2014) otras fuentes de contaminación que también afectan la zona son las descargas de aguas residuales domésticas y de algunas actividades como la ganadería de traspatio así como los residuos de agroquímicos empleados para los cultivos.

Zavaleta (2014) y Caraballo (2011) mencionan que la disminución de la calidad del agua de los canales de Xochimilco se debe además a los asentamientos urbanos irregulares en zonas antes destinadas al cultivo, el cambio de giro en las actividades económicas y por último al abandono de las técnicas tradicionales de cultivo así como el cambio de tipo de cultivo (agrícola por florícola).

La contaminación en el agua de los canales de puede agrupar en: exceso de iones disueltos, altas concentraciones de metales pesados y recientemente algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), así como contaminación biológica (coliformes fecales y bacterias); siendo todas un riesgo potencial para la salud humana (GDF, 2006).

1.5 Descripción del medio físico

El sitio de estudio se encuentra dentro de la delegación Xochimilco, localizada al Sureste de la ciudad de México dentro de una cuenca endorreica de origen vulcano tectónico de una extensión aproximada de $9,600\text{km}^2$, conocida como CVM.

Debido a la gran diversidad biológica así como al tipo de sistema agroecológico existentes en la zona lacustre de Xochimilco algunas zonas de la delegación se han decretado como Área Natural Protegida (ANP), bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica. Dentro del ANP se incluye a la laguna de regulación Ciénega Chica, laguna de regulación Ciénega Grande, zona deportiva popular, mercado de plantas y flores, **laguna de Cuemanco**, parque natural, vivero Nezahualcóyotl, **zona ejidal de San Gregorio Atlapulco**, lago de conservación de flora, fauna y acuacultura, **distrito de riego Xochimilco y Chinampería** (Xochimilco, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxiátemalco) (DOF, 1992).

Geología y geomorfología

La delegación Xochimilco se ubica dentro de la provincia del Eje Neovolcánico Transversal, Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, en la CVM (CONANP, 2004). La formación geológica en la que se encuentra es originaria del terciario superior y principios del cuaternario y, en esa etapa se originó la cuenca endorreica de México debido a la obstrucción del valle por la formación de la Sierra del Chichinautzin; dicha obstrucción propició la formación de diversos lagos (Díaz-Rodríguez, 2006). El consecuente depósito de materiales orgánicos, aluviales y volcánicos de este evento, dio origen a la planicie y llanura lacustres (Aranda, 2004) así como a las cinco unidades estructurales que predominan en el área: planicies bajas, planicies elevadas, pie de monte, estructuras tectovolcánicas principales y elevaciones volcánicas menores (GDF, 2005).

El lecho rocoso se ha caracterizado como ígneo extrusivo, compuesto por basaltos, andesitas y brecha volcánica (INEGI, 2005).

Clima

El clima predominante se ha caracterizado como templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (INEGI, 2005), Cw según la clasificación de Köppen. Según datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN, 2010), la temperatura media anual oscila entre los 13.3-16.2°C, y la precipitación anual oscila entre los 756.4-956.8mm, siendo más abundante entre los meses de Julio y Septiembre. Además se reportan gran diversidad de microclimas siguiendo un gradiente altitudinal.

Tabla 4. Normales climatológicas periodo 1951-2010 para las estaciones Moyoguarda, San Gregorio Atlapulco y San Francisco Tlanepantla; en la delegación Xochimilco. Fuente: Elaboración propia con datos del SMN (2010).

Estación	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Moyoguarda	Temperatura media (°C)	11.5	12.7	15.1	16.5	17.5	17.8	17.0	16.9	16.8	15.6	13.7	12.3	15.3
	Precipitación (mm)	9.4	7.0	8.1	24.5	69.3	126.5	156.3	150.9	139.5	61.8	15.8	7.2	776.3
San Gregorio Atlapulco	Temperatura media (°C)	11.3	13.4	16.7	18.3	19.4	19.1	18.4	18.2	17.5	16.3	13.7	12.3	16.2
	Precipitación (mm)	14.3	9.7	11.3	30.4	67.9	134.8	162.1	140.1	118.0	53.0	7.7	7.1	756.4
San Francisco Tlanepantla	Temperatura media (°C)	10.7	11.9	13.7	15.0	15.8	14.8	14.0	14.0	13.8	12.9	11.8	11.0	13.3
	Precipitación (mm)	13.9	6.5	14.3	34.5	71.0	167.6	188.3	190.8	189.6	72.5	11.2	5.6	956.8

Hidrología

Xochimilco pertenece a la región hidrológica del Pánuco, dentro de la cuenca del río Moctezuma, en la subcuenca Texcoco-Zumpango (INEGI, 2005). Los cuerpos acuáticos que existen en la zona son lagunas permanentes y estacionales, canales y aplanas (Carrión et al., 2012).

Las lagunas principales son Caltongo, Del Toro y el lago de Conservación de Flora, Fauna y Acuicultura de San Gregorio Atlapulco (González y Valladares, 2014).

Los canales más importantes son Cuemanco, Nacional, Chalco, Del Bordo, Apatlaco, de Garat, San Sebastián, Ampampilco, Texhuilo, Zacapa, Caltongo, Santa Cruz y Japón; se estima una longitud

aproximada de 203 km de canales interconectados, con profundidades que varían entre los 60 cm hasta los 3 o 6 m (González y Valladares, 2014; CONAGUA, 2009). Debido a la sobreexplotación de los acuíferos y el agrietamiento natural del suelo lacustre, se ha generado un fenómeno progresivo de subsidencia y compactación del suelo y subsuelo, lo que a su vez ha ocasionado cambios en los niveles de los canales (GDF, 2005).

Las descarga de aguas subterráneas y la alimentación artificial con aguas residuales tratadas de las plantas de tratamiento de aguas residuales circundantes contribuyen a la complejidad del sistema hidrológico (Carrión et. al, 2012); entre las fuentes de alimentación artificial encontramos a la planta del Cerro de la Estrella con un aporte de 1 m³/s, la planta de San Luis Tlaxialtemalco con un aporte de 0.225 m³/s y planta de San Lorenzo Tezonco (González y Valladares, 2014).

Tipo de suelo

El uso de suelo en Xochimilco es principalmente de tipo forestal y agropecuario, con una topografía semiplana (pendiente <10%) (UNESCO, 2009), tiene origen lacustre o palustre y gran contenido de materia orgánica (Aranda, 2004), siendo los suelos dominantes Leptosol (21%), Histosol (11 %), Phaeozem (5%), Andosol (4%), y Solonchak (3%) (INEGI, 2005), lo anterior de acuerdo con la clasificación internacional de suelos FAO-UNESCO. En las chinampas se han descrito suelos de tipo Antrosol, que son suelos construidos por el hombre (Ramos-Bello et al., 2011).

Vegetación

En la zona existe una gran diversidad de especies vegetales que se ha asociado a la continua interacción de especies domesticadas y no domesticadas a lo largo del tiempo, así como al elevado número de microhábitats de la zona (Jiménez-Osornio y Gómez-Pompa, 1990). Las principales especies vegetales son los ahuejotes, casuarinas, sauces, alcanfores y eucaliptos, todos ellos en los bordes de los canales. En las orillas de los canales predominan especies como el tule, lirio, hojas de

flecha, espadañas, blanca y salmonada; y por último, en zonas elevadas predominan especies como el pirul, pino, encino, ahuehuetes, cedros, tepozanes, ocotes y árboles frutales (GDF, 2014).

El 37% de territorio se emplea para actividades agrícolas; entre los principales cultivos agrícolas de la zona se encuentra la espinaca, acelga, rábano, perejil, cilantro, coliflor, apio, hierbabuena, cebollín, romero, lechuga, verdolaga, calabaza, frijol y chile (INEGI, 2005). Aunado a esto, también existe una producción intensiva de cultivos florícolas como el cempasúchil, floripondio, dalia, gladiolas, entre otros (GDF, 2014).

Fauna

En la región se han reportado 139 especies de vertebrados (GDF, 2006), todas las especies tienen gran importancia ecológica y algunas de ellas son: ajolote, rana, tortugas palustres, musarañas, acocíles, charales, garza blanca, gallareta americana, jacana nortea y el pato golondrino (INFAED, 2014)

El ajolote es una de las especies más representativas de la zona, debido a que es un anfibio endémico de México y se encuentra en peligro de extinción, siendo Xochimilco el lugar en donde viven algunos de los últimos especímenes de vida libre (CONABIO, 2011).

Sitio de estudio

Dentro de la delegación Xochimilco se trabajará en dos zonas chinamperas diferentes del ANP, la primera de ellas ubicada cerca del embarcadero de Cuemanco (**19.278116N, -99.101890W**) y dedicada al cultivo con técnicas tradicionales de productos orgánicos, como calabaza, alcachofa y chile para el comercio dentro de la ciudad de México.

La segunda parcela está ubicada en San Gregorio Atlapulco (**19.261548N, -99.066308W**), dedicada al cultivo comercial de lechugas empleando agroquímicos. Este sitio se caracteriza por tener cuatro temporadas de siembra al año con una duración aproximada de tres meses por temporada. El riego

se realiza únicamente en temporada de secas, empleando una bomba y regaderas; se abona con paja y estiércol de caballo y adicionalmente se emplean algunos mejoradores y plaguicidas de manera aleatoria (tanto en aplicación como en distribución dentro de la parcela). Entre éstos se encuentran fitohormonas, herbicidas como furadanos (diazinón), fertilizante inorgánico como nitrofosca, azufre y calcio. Esta parcela ha estado sometida a este régimen de manejo durante cinco años. Antes de eso no se tiene claro cuál era el tipo de manejo que existía, sin embargo existen evidencias de que había siembra de árboles frutales (árboles de durazno). Los productos de esta parcela se venden a comerciantes de la merced y a cocinas económicas cercanas.

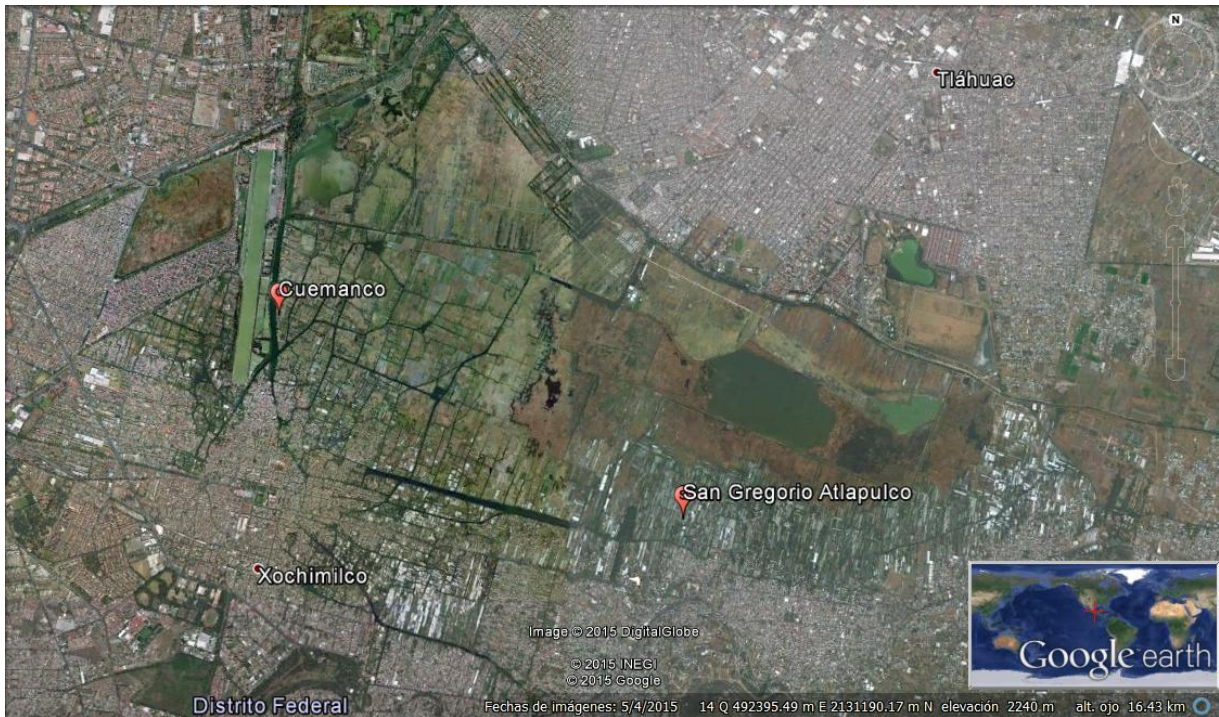


Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio (Cuemanco y San Gregorio Atlapulco) dentro de la delegación Xochimilco, D.F.

2. Hipótesis y Objetivos

Hipótesis

Los suelos de dos chinampas que se utilizan para agricultura periurbana en Xochimilco, D.F. presentarán diferencias en cuanto a las concentraciones de metales, plaguicidas organoclorados y organofosforados debido a la historia de uso y técnicas de manejo existentes en ellas.

Objetivos

General:

Generar información sobre los contaminantes presentes en suelos superficiales de dos chinampas que se utilizan en la agricultura periurbana en Xochimilco, D.F.

Particulares:

- Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos de dos chinampas que se utilizan para agricultura periurbana en Xochimilco, D.F. en los cuales se emplean técnicas de cultivo contrastantes (con y sin aplicación de plaguicidas).
- Determinar las concentraciones de metales (Fe, Ni, Cu, Mn, Zn, V, Cr, Co, Pb, Sn y Cd) y plaguicidas organoclorados y organofosforados en suelos de dos sitios que se utilizan para agricultura periurbana en Xochimilco, D.F. en los cuales se emplean técnicas de cultivo contrastantes.
- Comparar las concentraciones de contaminantes con los límites establecidos por la normatividad oficial mexicana y otros criterios internacionales que establecen límites permisibles para el uso seguro de suelos en la agricultura urbana.

3. Metodología

Muestreo

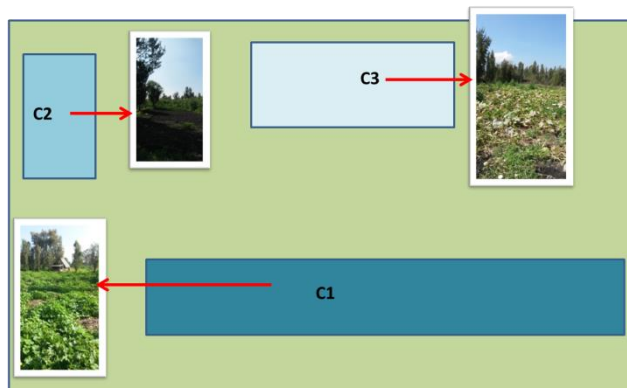
Se realizó un muestreo sistemático el 28 de julio de 2014. Cada chinampa fue subdividida en parcelas con superficie de 20 x 20 m (Figura 2), acorde con sus características.

Para la determinación de propiedades físicas y químicas se tomó un total de 40 muestras inalteradas con núcleos de 100 cm^3 en los horizontes superficiales de cada parcela. Para la determinación de contaminantes se obtuvo un total de 16 muestras compuestas (15 núcleos individuales cada una), tomadas en la misma superficie y a la misma profundidad que las anteriores.

El muestreo se distribuyó de la siguiente manera:

1. Cuemanco
 - C1. Parcela cercana al canal principal, sin cultivo pero con cobertura vegetal (malezas) al momento del muestreo. Diez núcleos individuales y cuatro muestras compuestas.
 - C2. Parcela cercana al canal principal, en barbecho al momento del muestreo. Diez núcleos individuales y dos muestras compuestas.
 - C3. Parcela “Salina” lejana al canal principal, con cultivo de calabaza echado a perder al momento del muestreo. Cinco núcleos individuales y dos muestras compuestas.
2. San Gregorio Atlapulco
 - SGA1. Parcela dedicada al cultivo de lechugas (SGA), zona cercana al canal. Ocho núcleos individuales y cuatro muestras compuestas.
 - SGA2. Dentro de la misma parcela, zona más alejada del canal. Siete núcleos individuales y cuatro muestras compuestas.

Distribución de parcelas Cuemanco



Distribución de parcelas San Gregorio Atlapulco

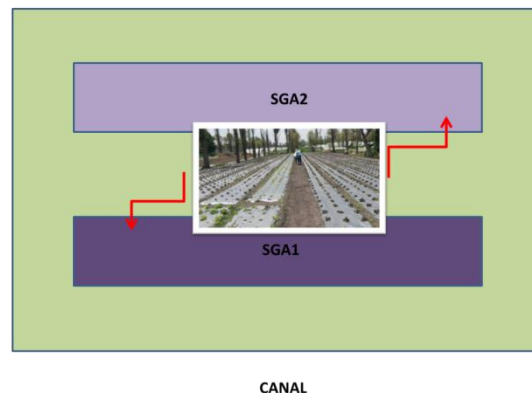


Figura 2. Distribución de las parcelas dentro de las chinampas Cuemanco y San Gregorio Atlapulco

El material de cada núcleo individual (muestras inalteradas), se vació en una bolsa de plástico rotulada y se mantuvo a temperatura controlada (4°C) hasta su análisis.

Las muestras compuestas fueron almacenadas en frascos Nalgene de 500 ml y se mantuvieron a temperatura controlada (4°C) para evitar la volatilización y descomposición de compuestos de interés.

Análisis de Laboratorio

Siguiendo los métodos descritos en el manual de conceptos y procedimientos para el análisis de muestras ambientales (Ponce et al., 2012), las muestras inalteradas fueron tratadas para la determinación de porcentaje de humedad y densidad aparente por el método del cilindro y densidad real por el método del picnómetro.

Siguiendo los métodos descritos en el manual de conceptos y procedimientos para el análisis de muestras ambientales (Ponce et al., 2012), alícuotas de 10 g de las muestras compuestas fueron tratadas para la determinación de pH y conductividad eléctrica en extracto de saturación (1:2.5).

Para el análisis de metales totales se utilizó el método descrito en el manual de conceptos y procedimientos para el análisis de muestras ambientales (Ponce et al., 2012): “método de digestión asistida por microondas (Método USEPA SW-3051 modificado) para la determinación de metales en suelos”. La cuantificación de metales se realizó por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica, modelo Analyst 800; en horno de grafito para Cd, Pb, V, Co y Sn; y por flama para Zn, Fe, Ni, Mn y Cu. Posteriormente las muestras fueron procesadas por medio del software Winlab32AA en la Unidad de Análisis Ambiental de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Para el análisis de plaguicidas se tomaron alícuotas de 100 g de las muestras compuestas y se liofilizaron por 48 hrs. Posteriormente se utilizó el método descrito en el manual de conceptos y procedimientos para el análisis de muestras ambientales (Ponce et al., 2012): “método de extracción en microondas y fase sólida (MAE-SPE) de plaguicidas organoclorados y organofosforados en sedimento con alto contenido de materia orgánica”. La cuantificación se realizó por cromatografía de gases, utilizando un equipo Agilent Technologies, modelo 6890N con un detector de nitrógeno-fósforo y una columna HP-5 (30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m). Lo anterior bajo el método de organoclorados y organofosforados desarrollado en la Unidad de Análisis Ambiental de la Facultad de Ciencias, UNAM, en el programa Cheem Station.

Análisis estadístico

Los datos de propiedades físicas y químicas fueron procesados en Excel. Se obtuvieron promedios y desviaciones estándar por parcela para cada parámetro analizado.

Para determinar el contenido de metales en mg/kg de cada muestra se realizaron cálculos en Excel. Utilizando R software estadístico de uso libre, se realizó un análisis por medio de boxplots para cada metal. Adicionalmente se utilizaron los niveles de fondo establecidos por Morton-Bermea et al. (2009) para suelos de la Ciudad de México como un marco de referencia, límites máximos permisibles de metales en suelos establecidos por la normatividad oficial mexicana, canadiense y de

la Unión Europea (Anexo III), para determinar si los sitios se pueden categorizar como contaminados.

Para el análisis de plaguicidas, los cromatogramas fueron integrados manualmente con base en el análisis de estándares de plaguicidas. Posteriormente se realizaron cálculos en Excel para determinar el contenido de plaguicidas en ng/g de cada muestra. Utilizando R software estadístico de uso libre, se realizó un análisis por medio de boxplots para cada plaguicida. Adicionalmente se utilizaron límites máximos permisibles de plaguicidas en suelos establecidos por la normatividad oficial mexicana, canadiense y de la Unión Europea (Anexo III), para determinar si los sitios se pueden categorizar como contaminados.

Control de calidad

Para el análisis de los promedios de porcentaje de humedad, densidad aparente, densidad real y volumen de poros se obtuvieron desviaciones estándar. En el caso del análisis de pH y conductividad eléctrica los análisis se realizaron por duplicado, se incorporaron dos blancos y el material certificado NIST SRM 1944 New York/New Jersey Waterway sediment.

En cada corrida de digestión asistida por microondas para la determinación de metales (se realizaron 2 en total), se incluyó un blanco, un duplicado y el material certificado: NIST SRM 1944 New York/New Jersey Waterway sediment para obtener porcentajes de recuperación.

En el caso de la determinación de plaguicidas, en cada corrida de digestión asistida por microondas (se realizaron 3 en total), se incluyó un blanco, un duplicado y el material certificado: NIST SRM 1944 New York/New Jersey Waterway sediment (solo con los OC), en el caso de los OP se utilizaron tres muestras adicionadas para determinar porcentajes de recuperación.

4. Resultados y discusión

Propiedades físicas y químicas

Tabla 5. Propiedades físicas y químicas: valores promedio y desviación estándar de porcentaje de humedad, densidad real, densidad aparente, pH y conductividad eléctrica para Cuemanco (C1, C2, C3) y San Gregorio Atlapulco (SGA1 y SGA2).

Parcela	Humedad (%)	Densidad aparente (g/cm^3)	Densidad real (g/cm^3)	Volumen de poros (%)	p H	Conductividad eléctrica (dS/m)
C1	86.07 ± 5.75	0.55 ± 0.06	1.80 ± 0.08	69.80 ± 2.72	7.74 ± 0.39	2.36 ± 0.74
C2	85.39 ± 8.57	0.48 ± 0.06	1.80 ± 0.05	73.90 ± 3.13	8.11 ± 0.03	3.86 ± 0.06
C3	84.81 ± 4.39	0.58 ± 0.04	1.90 ± 0.48	69.40 ± 4.86	8.09 ± 0.03	3.59 ± 0.18
SGA1	80.16 ± 6.07	0.54 ± 0.03	1.90 ± 0.22	71.58 ± 3.90	6.81 ± 0.16	1.36 ± 0.08
SGA2	85.60 ± 14.91	0.55 ± 0.02	1.90 ± 0.12	71.79 ± 2.20	6.63 ± 0.06	1.11 ± 0.06

En la tabla 5 se muestran los resultados promedio obtenidos para las propiedades físicas y químicas medidas en los suelos de los sitios de estudio.

Todas las parcelas mostraron una densidad aparente entre baja y muy baja, por lo que según la clasificación de tipo de suelo basada en esta propiedad citada en (Ponce et al., 2012), pueden considerarse de tipo volcánico/orgánico. Lo anterior coincide con la descripción del sitio de estudio, ya que el origen de los sedimentos lacustres con los cuales se formaron las chinampas son de origen ígneo y que los suelos de chinampa tienen alto contenido de materia orgánica (Ramos Bello, et al., 2011).

El valor de la densidad real se encontró entre el 1.80-1.90, y el volumen de poros está entre 69 y 73%.

En general se observa un alto porcentaje de humedad para todas las parcelas, esto puede estar relacionado con el alto contenido de materia orgánica por el que se caracterizan los suelos de chinampa. Las parcelas SGA2 y C1 presentaron los valores más altos. El mayor contenido de

humedad en el sitio SGA2 podría estar relacionado con la presencia de algunos árboles frutales que le proporcionan sombra. En el caso de la parcela C1 el mayor contenido de humedad puede asociarse a la presencia de cobertura vegetal así como la hora en que se tomaron las muestras (primeras horas de la mañana).

Al tratarse de suelos agrícolas, estas propiedades pueden considerarse adecuadas para el desarrollo de plantas, y los valores para todas las parcelas coinciden con los reportados por Ramos-Bello et al. (2011) para suelos de chinampa en Xochimilco.

Las parcelas de Cuemanco presentaron pH superiores a las de San Gregorio Atlapulco, siendo según la NOM-021 (2002) de la SEMARNAT moderadamente alcalinas (7.4 – 8.5) y neutras (6.6 – 7.3) respectivamente. Los valores de las parcelas C1, C2 y C3 coinciden con los reportados por Chávez (2012), mientras que SGA1 y SGA2 son inferiores a este rango.

Las parcelas de Cuemanco presentaron valores de conductividad eléctrica superiores a las de San Gregorio Atlapulco, caracterizándose como moderadamente salino y ligeramente salino respectivamente, siendo las parcelas C2 y C3 las de mayores valores. Según información de los agricultores en la parcela C3 tienen problemas de salinidad que han logrado subsanar con el manejo (aplicación de abonos orgánicos).

Los valores de conductividad eléctrica en las parcelas SGA1 y SGA2 coinciden con los reportados por Blanco (2011) y Chávez (2012), mientras que los valores encontrados en las parcelas C1, C2 y C3 se encontraron fuera de este rango y son inferiores a los reportados por Ramos-Bello et al., 2001. Según la interpretación de rangos de salinidad (Laboratorios A-L de México, El análisis de pasta saturada, 2011) para el desarrollo de cultivos, en el caso de las parcelas de San Gregorio Atlapulco no existiría prácticamente ningún efecto en el desarrollo de las plantas; mientras que en el caso de las parcelas en Cuemanco existiría una disminución en el rendimiento de cultivos muy sensibles a la salinidad.

Metales

Tabla 6. Concentración de metales totales en suelo [mg/kg] para Cuernavaca (C1, C2, C3) y San Gregorio Atlapulco (SGA1 y SGA2).

UE. Límite máximo permitido por la Unión Europea (Belmonte et al., 2010).

LMC. Límites para suelos de uso agrícola establecidos en Canadá (CCME, 2014).

NOM147. Concentraciones de referencia totales para uso agrícola/residencial/comercial en México, basados en valores establecidos por la EPA (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004).

NF. Niveles de fondo en suelos del D.F. establecidos por Morton-Bermea et al. (2009).

LD. Límite de detección.

%REC. Porcentaje de recuperación obtenido del material certificado.

Concentración de metales totales [mg/kg]												
Metal	Fe	Ni	Cu	Mn	Zn	V	Cr	Co	Pb	Sn	Cd	
UE	-	75	140	-	300	-	-	-	300	-	-	
LMC	-	50	63	-	200	130	64	40	70	5	1	
NOM147	-	1600	-	-	-	78	-	-	400	-	37	
NF	-	56	32	-	76	87	105	-	19	-	-	
C1	A1	16470.15	35.50	84.61	408.09	133.98	152.08	90.10	6.22	30.72	4.84	0.50
	A2	16096.15	36.09	84.96	417.32	134.70	213.15	84.44	6.47	39.57	4.75	0.48
	A3	17674.85	39.52	93.66	475.45	145.06	193.50	83.50	6.86	45.01	5.22	0.30
	A1D	14826.36	38.46	79.45	404.85	148.14	162.78	65.18	6.01	39.30	4.76	-
	A4	15268.93	29.41	66.14	473.07	132.73	310.85	62.97	6.10	27.68	5.24	0.52
C2	A5	11761.68	25.41	60.99	277.42	61.20	163.24	65.81	4.90	15.18	3.11	-
	A6	12299.04	34.39	64.90	310.93	66.32	177.72	72.74	5.29	13.79	3.47	-
C3	A7	13551.27	26.66	74.01	290.07	58.36	175.11	81.46	5.14	14.82	3.44	-
	A8	10012.70	34.31	53.50	291.06	263.23	146.04	55.56	5.29	15.80	3.20	-
SGA1	B1	12807.13	29.26	67.55	369.15	72.86	150.65	86.64	5.05	15.62	3.37	-
	B2	12435.74	28.32	66.55	351.42	74.71	168.27	70.79	4.57	6.38	2.64	-
	B3	10212.21	27.71	54.01	407.48	85.47	138.24	66.66	4.89	13.53	2.98	-
	B1D	12146.50	56.36	62.21	355.86	78.86	120.10	72.56	4.66	6.11	3.26	-
	B4	11487.85	30.94	59.88	350.91	70.39	125.14	66.67	5.14	6.01	3.08	-
SGA2	B5	9814.09	30.14	49.65	346.23	57.54	117.70	57.67	4.53	6.38	2.24	-
	B6	9399.09	27.80	47.84	334.01	14.96	188.12	65.97	4.69	3.85	2.39	-
	B7	11061.29	30.08	56.61	444.41	84.80	161.98	71.02	5.59	7.98	2.79	-
	B8	695.10	24.00	64.46	397.49	78.19	167.18	62.11	4.87	9.25	2.75	-
LD	0.24	0.26	0.00	0.05	0.04	2.29	0.65	0.60	0.05	14.84	0.21	
% REC	81.92	100.00	s/info	100.00	88.09	100.00	121.24	81.03	72.77	s/info	86.05	

De los 12 metales analizados, se detectaron 10 (tabla 6) en ambos sitios de estudio, y 11 en la parcela C1. La mayoría de las muestras obtuvieron concentraciones superiores al límite de detección exceptuando el Cd, lo anterior podría deberse a que la lámpara presentó fallas en el momento del análisis.

La mayoría de los metales analizados (exceptuando Cr) se vuelven disponibles a pH ácidos, en este caso los valores de pH determinados para ambos sitios no son favorables para la disponibilidad de metales. Por otro lado, el alto contenido de materia orgánica favorece la formación de complejos con los metales, en este caso dadas las características de ambos sitios, el alto contenido de materia orgánica podría favorecer la retención y estabilización de metales. Sin embargo según el estudio realizado por Vega (2010) en la zona chinampera de Xochimilco, a pesar de las características del sitio de estudio, algunos cultivos analizados presentaron altas concentraciones de metales en hojas, tallo y raíces lo que evidencía la movilización de éstos y un posible riesgo a la salud humana.

Se registró una mayor concentración de metales en las parcelas de Cuemanco respecto a las de San Gregorio Atlapulco, siendo la parcela C1 la que tiene mayor contenido para casi todos los metales (tabla 2). Lo anterior podría deberse al tiempo de manejo que ellos recuerdan en esta parcela (80 años). Las parcelas C2 y C3 tienen apenas 20 años en uso, antes estaban inundadas. Las tres parcelas han tenido una continua aplicación de sedimentos del fondo de los canales, lo cual podría significar un aporte adicional y constante de metales y otros contaminantes.

Según lo reporta Vega (2010) las concentraciones de los metales en la zona chinampera de Xochimilco no varían a profundidad, si no que más bien se repite cíclicamente, lo cuál está relacionado con el aporte periódico de éstos debido al enriquecimiento con sedimentos del fondo de los canales, por lo que la concentración de metales en los suelos de las chinampas depende en cierta medida de este aporte de sedimentos (frecuencia).

En el caso de San Gregorio Atlapulco, SGA1 mostró concentraciones ligeramente superiores de metales respecto a las de SGA2, siendo esta última la que obtuvo menor concentración para casi todos los metales. Lo anterior podría deberse al manejo aleatorio que se le da a la chinampa (abonos, mejoradores y plaguicidas).

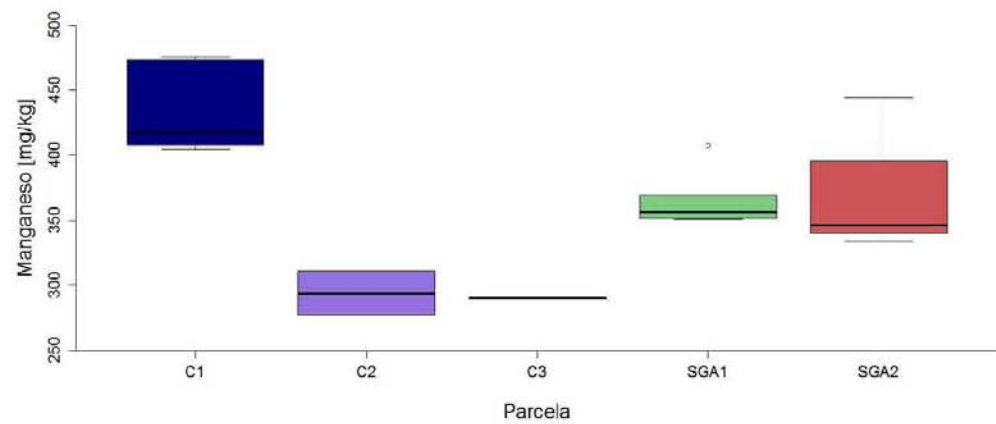
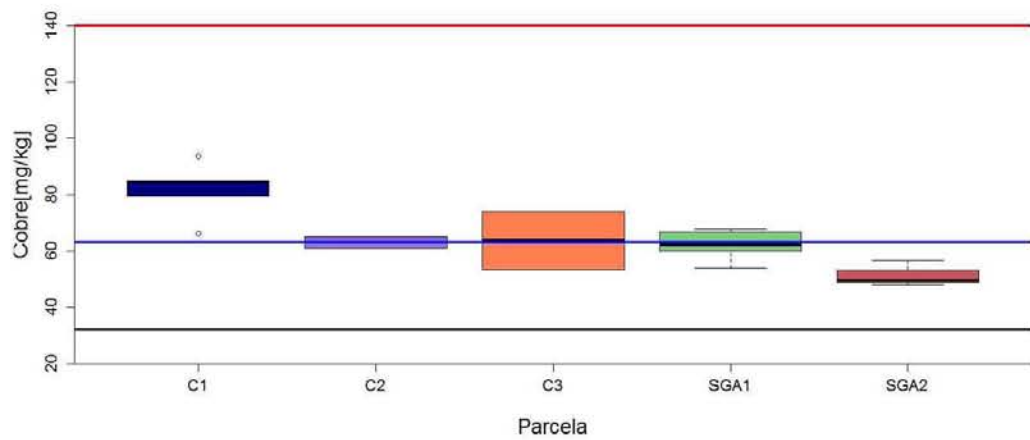
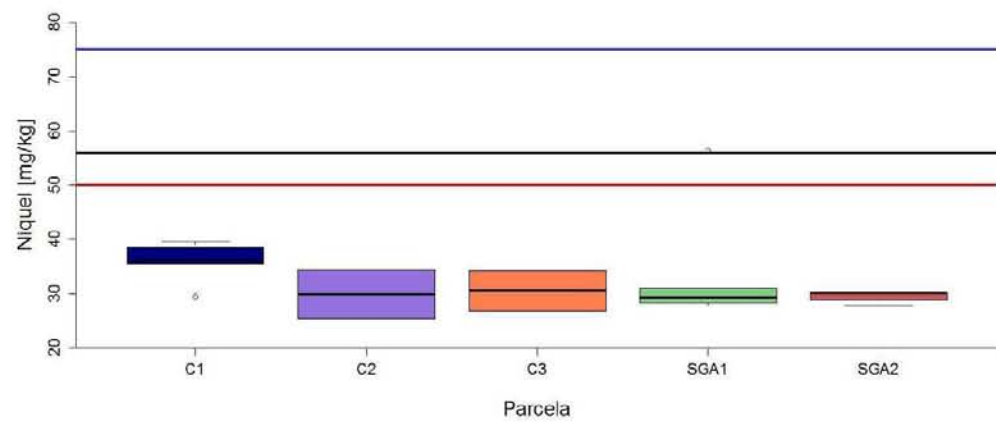
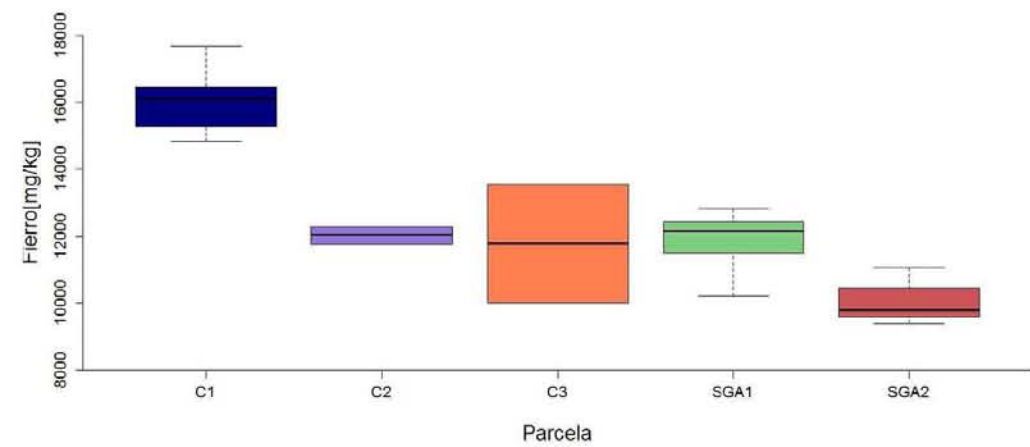
La concentración de metales para cada parcela varió de la siguiente manera.

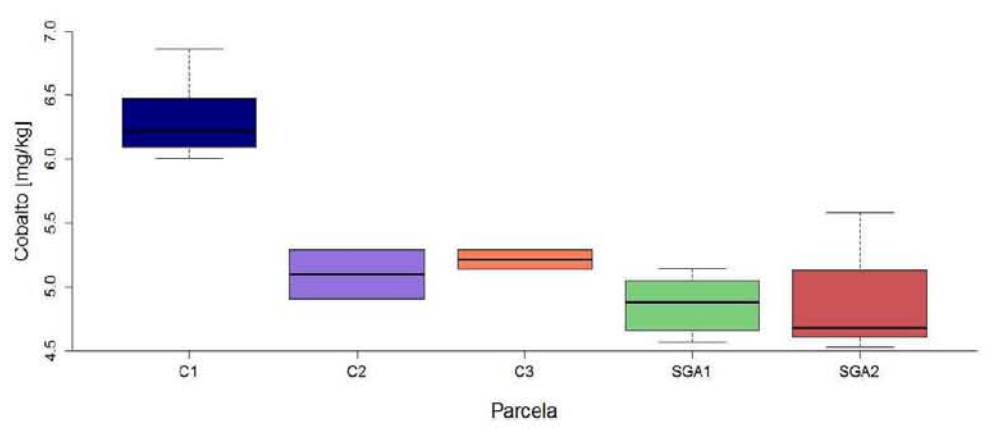
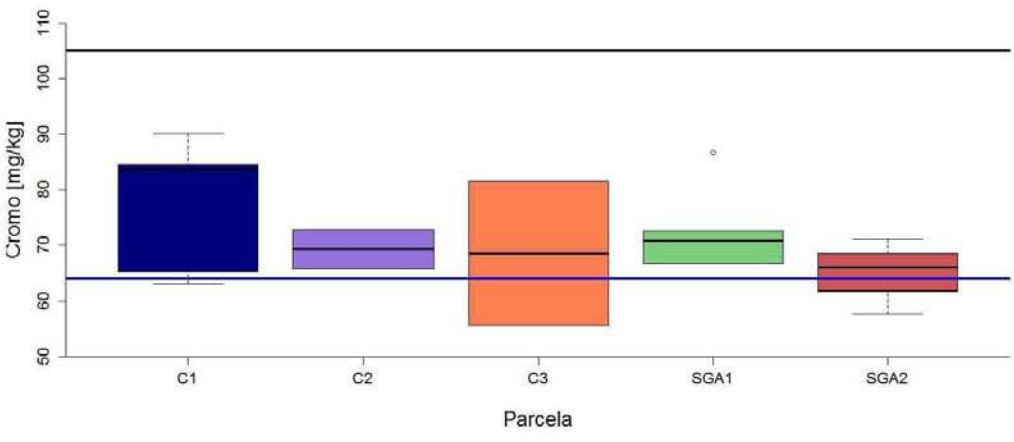
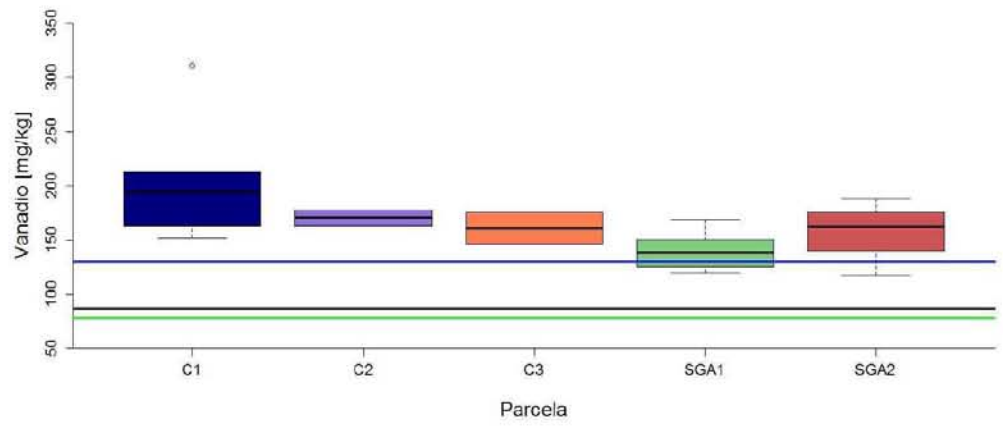
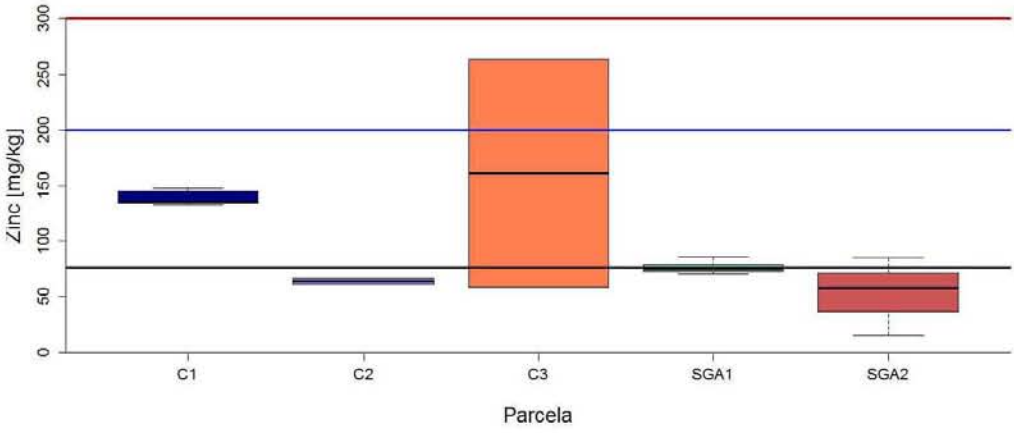
C1: Fe< Mn< V< Zn<Cr< Cu<Ni<Pb< Co<Sn<Cd.

C2: Fe<Mn<V<Cr< Zn<Cu< Ni< Pb<Co<Sn.

C3: Fe<Mn< V< Cr<Cu< Zn< Ni< Pb< Co<Sn.

SGA1 y SGA2: Fe<Mn< V< Zn< Cr<Cu<Ni< Pb<Co<Sn.





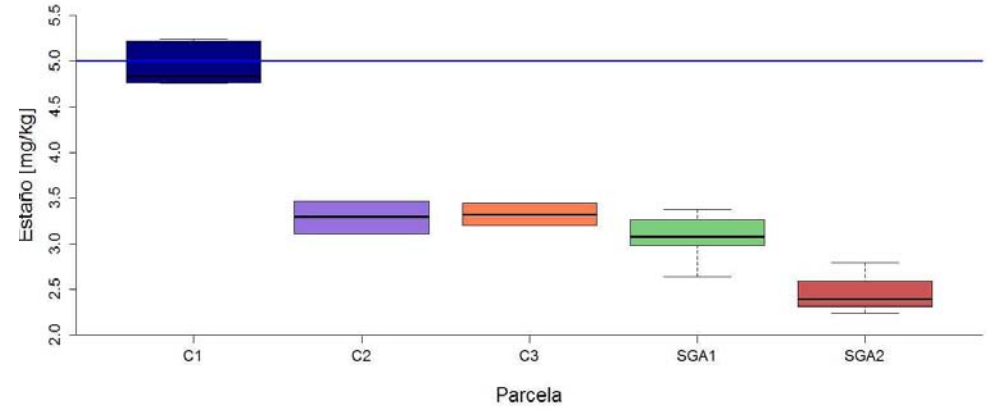
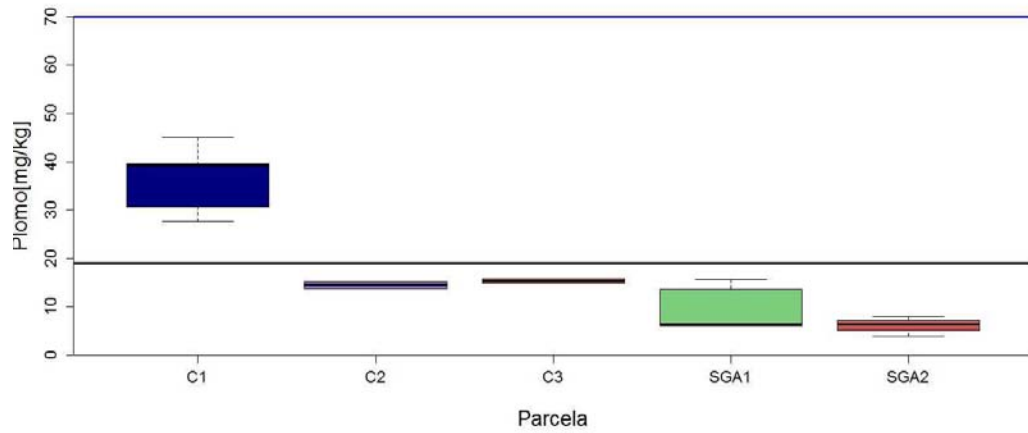


Figura 3. Concentración de metales en parcelas Cuemanco (C1, C2 y C3) y San Gregorio Atlapulco (SGA1 y SGA2). Niveles de fondo establecidos por Morton-Bermea et al. (2009), en negro. Límites permisibles por la Unión Europea, en rojo. Límites permisibles en Canadá, en azul. Concentraciones de referencia NOM147 de México, en verde.

Níquel

La parcela C1 mostró la mayor concentración de metal variando desde 27.68 a 45.01 mg/kg. Las parcelas C2 y C3 mostraron concentraciones similares, mientras SGA1 y SGA2 presentan las menores concentraciones. Este metal se encuentra de manera natural en todos los suelos, su contenido en estos puede aumentar por medio del depósito de partículas provenientes de emisiones antropogénicas (industria, agua residual, residuos o desechos) y naturales (volcanes), una vez en el suelo este metal se adhiere fuertemente a las partículas que contienen Fe o Mn (ATSDR, 2009).

Manganeso

La parcela C1 mostró la mayor concentración. Las parcelas SGA1 y SGA2 presentaron concentraciones similares, mientras que C2 y C3 se mantuvieron en un rango entre los 277.42 a 310.93 mg/kg, siendo las de menor concentración. Este metal se encuentra en muchas rocas, en el medio natural forma diversos compuestos con otros elementos, otras fuentes comunes son las antropogénicas como industria y gasolinas (ATSDR, 2009).

Cobre

La parcela C1 mostró la mayor concentración de este metal. Las parcelas C2, C3 y SGA1 obtuvieron concentraciones similares. La parcela SGA2 obtuvo la menor concentración. El cobre es un metal de ocurrencia natural en los suelos, rocas, agua y aire; pero puede provenir de fuentes antropogénicas. En la agricultura se utiliza para tratar enfermedades como el moho. Por lo general se adhiere a las partículas de suelo que contienen materia orgánica, arcillas o arenas (ATSDR, 2009)

Zinc

La parcela C3 mostró mucha variabilidad dentro de la población de datos, siendo la de mayor concentración de este metal. La parcela C1 mostró concentraciones entre los 132.73 a 148.13

mg/kg. La parcela SGA2 presentó concentraciones superiores a C2 y, la parcela SGA1 obtuvo la menor concentración.

Vanadio

La parcela C1 mostró la mayor concentración de metal. Las parcelas C2 y SGA2 mostraron concentraciones similares de este metal, mientras que C3 obtuvo concentraciones ligeramente menores. La parcela SGA1 obtuvo la menor concentración. El vanadio tiene ocurrencia natural en rocas, minerales de hierro y formando compuestos con otros elementos, se adhiere fuertemente a las partículas de suelo. El cuerpo humano no absorbe muy fácilmente este metal (ingestión o vía dérmica) (ATSDR, 2009).

Cromo

La parcela C1 mostró las concentraciones más altas de este metal. La parcela C2 y SGA1 mostraron concentraciones similares, mientras que C3 mostró mucha variabilidad dentro de la población de datos y una concentración ligeramente inferior a las parcelas antes mencionadas. La parcela SGA2 obtuvo la menor concentración. Este metal se encuentra de manera natural en suelos y rocas, aunque también puede provenir de fuentes antropogénicas. Se deposita en los suelos y el agua, en donde dependiendo de las condiciones que existan puede sufrir transformaciones a cualquiera de sus tres formas comunes (ATSDR, 2009).

Cobalto

La parcela C1 mostró la mayor concentración de metal. Las parcelas C2 y C3 mostraron concentraciones similares. Las parcelas SGA1 y SGA2 presentaron concentraciones ligeramente inferiores en la segunda. El Co que se encuentra en la atmósfera se deposita en el suelo en pocos días, en donde por lo general se adhiere a las partículas, algunos compuestos de este metal son solubles en agua por lo que representan un riesgo a la salud (ATSDR, 2009).

Plomo

La parcela C1 mostró la mayor concentración de metal. Las parcelas C2 y C3 mostraron concentraciones similares, siendo ligeramente superiores en la segunda. Las parcelas SGA1 y SGA2 también obtuvieron concentraciones similares, siendo ligeramente superiores en SGA1. El plomo tiene ocurrencia natural en el ambiente en pequeñas cantidades, cuando es liberado a la atmósfera puede viajar grandes distancias hasta depositarse en el suelo en dónde por lo general se adhiere a las partículas (ATSDR, 2009).

Estaño

La parcela C1 mostró la mayor concentración de metal. Las parcelas C2 y C3 mostraron concentraciones similares, con muy poca variabilidad en ambas poblaciones de datos, la parcela SGA1 presentó concentraciones inferiores a las dos anteriores. La parcela SGA2 obtuvo la menor concentración. Este metal también tiene ocurrencia natural en los suelos y puede ser liberado al ambiente por procesos naturales o antropogénicos; los compuestos inorgánicos de estaño se adhieren fuertemente a las partículas de suelo (ATSDR, 2009).

Cadmio

La parcela C1 fue la única en la que se encontraron valores por encima de límite de detección. Este metal se encuentra de manera natural en los suelos y rocas, pero también puede provenir de fuentes antropogénicas. Las partículas de cadmio se adhieren fuertemente a las del suelo (ATSDR, 2009).

Límites establecidos por la normatividad oficial mexicana y otros criterios internacionales

Un suelo puede considerarse contaminado cuando se exceden los niveles de fondo (NF), entendiéndolos como la concentración natural de metales existente en él (CCME, 20014). En este caso al comparar los datos obtenidos para ambos sitios de estudio con los NF de la Ciudad de México establecidos por Morton-Bermea et al. (2009), se puede observar que las concentraciones de Ni, Cr, Pb y Zn (solo en C2, SGA1 y SGA2), se encuentran por debajo de éstos, mientras que en el caso de V y Cu las concentraciones encontradas son superiores.

Las concentraciones encontradas que fueron inferiores a los NF, podrían deberse a diferencias en la ubicación de los sitios en los cuáles se determinaron (delegación Coyoacán y Magdalena Contreras) respecto a la ubicación de las parcelas de estudio (las fuentes geogénas son ligeramente diferentes). Aunado a esto, los suelos de las chinampas tienen mayor influencia antrópica que otros que se encuentran dentro de la cuenca, por lo que se podría esperar que los NF en algunos casos fueran diferentes al resto de la ciudad. Por lo anterior sería necesario establecer los NF en los suelos de chinampa para determinar si los sitios están o no contaminados.

Las concentraciones de referencia totales (CRt) se definen como concentraciones seguras bajo ciertas condiciones de uso de suelo (agrícola, residencial, comercial e industrial) que no representan un riesgo a la salud humana y se han establecido por medio de estudios internacionales. Todas las muestras superaron la CRt establecidas por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 para V. Según esta regulación, cuando un sitio supera estos límites se deben realizar estudios para determinar la movilidad y biodisponibilidad, así como las concentraciones específicas de los elementos en los suelos para verificar que no representen un riesgo mayor para la población; en caso de ser necesario, se podrían llegar a tomar medidas de remediación (hasta las concentraciones de referencia totales o a los NF). Según lo reporta Morton-Bermea et al. (2009), las altas concentraciones de vanadio en los suelos de la CVM se deben a las altas concentraciones de éste metal en las rocas andesíticas que circundan el valle.

La normatividad canadiense ha establecido límites máximos permisibles de contenido de metales en suelo para diferentes tipos de uso, en este caso se emplearon los de uso agrícola. Todas las parcelas superan los límites establecidos por la normatividad canadiense en concentración de Cr y V. Respecto a la concentración de Cu, la parcela C1 superó el límite, mientras C2, C3 y SGA1 se encontraron sobre el mismo. La parcela C1 superó los límites establecidos por la normatividad canadiense en concentración de Sn. La muestra A8 de la parcela C3 superó los límites en

concentración de Zn. La normatividad canadiense especifica que al superar estos límites es necesario realizar más estudios y en los casos que sea necesario tomar acciones de remediación.

A pesar de las características de los suelos de los sitios de estudio (abundancia en materia orgánica y pH neutro a alcalino), al tratarse de suelos de uso agrícola y con base en evidencias como las del estudio de Vega (2010), podría considerarse al menos un estudio de biodisponibilidad de metales para determinar si se ameritan acciones de remediación.

Ninguna de las muestras superó los criterios establecidos para contenido de metales en suelos por la Unión Europea.

Se considera que una buena aportación para este estudio sería la realización de estudios complementarios de biodisponibilidad de metales ya que esto determinaría el nivel de riesgo a la salud humana existente.

Plaguicidas

Plaguicidas organofosforados

Tabla 7. Concentración de plaguicidas organofosforados en suelo [ng/g] para Cuemanco (C1, C2, C3) y San Gregorio Atlapulco (SGA1 y SGA2).

CICOPLAFEST. Categoría de uso según la CICOPLAFEST (2004).

EPA. Límites de acción, EPA (Romero et al., 2009).

Concentraciones obtenidas en esta tesis (- valores por debajo del límite de detección).

LD. Límite de detección.

% REC. Porcentaje de recuperación en muestras adicionadas.

Concentración de plaguicidas organofosforados [ng/g]				
Plaguicida	Profos	Diazinon	Malation	Chlorpirifos
CICOPLAFEST	Regulado	Regulado	Regulado	Regulado
EPA	-	-	130000	-
C1	A1	-	-	-
	A2	-	-	-
	A3	-	-	-
	A4	-	-	-
C2	A5	-	-	-
	A6	-	-	-
C3	A7	-	-	-
	A8	-	-	-
SGA1	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B3D	-	-	-
SGA2	B4	-	-	-
	B5	-	-	-
	B6	-	-	-
	B7	-	-	-
	B8	-	-	-
LD	0.12	0.03	0.07	0.03
%REC	94	94	89	84

Se evaluó el contenido de Profos, Diazinón, Malation y Clorpirifos en todas las muestras, obteniéndose valores por debajo del límite de detección para todos los casos (tabla 7). Lo anterior podría deberse en el caso de Cuemanco a que según reportan los agricultores, desde hace 10 años no aplican plaguicidas y en el caso de San Gregorio Atlapulco a que las características químicas de los plaguicidas organofosforados los hacen poco persistentes en el ambiente.

Según Alcántara (2014) en la zona de Xochimilco centro (cercana a Cuemanco) el Diazinón, Malatión y Metil paratión son de uso común, así como en San Gregorio Atlapulco son de uso común el Diazinón, Malatión, Metamidofos y Metil paratión.

La CICOPPLAFEST (2004), reporta la siguiente información sobre la persistencia de los plaguicidas: Diazinón persistencia de 6 semanas, Profos moderadamente persistente, Malatión persistencia ligera de hasta una semana y Clorpirifos persistencia moderada de hasta un año.

En los suelos la vida media de estos plaguicidas está relacionada con el pH, contenido de materia orgánica, humedad y temperatura; en este caso la alcalinidad en los suelos (Cuemanco) podría haber contribuido a su degradación, así como también la humedad en estos y las temperaturas propias de la temporada en que se realizó el estudio.

Plaguicidas organoclorados

Tabla 8. Concentración de plaguicidas organoclorados en suelo [ng/g] para Cuemanco (C1, C2, C3) y San Gregorio Atlapulco (SGA1 y SGA2).

CICOPLAFEST. Categoría de uso según la CICOPLAFEST (2004).

EPA. Límites de acción y metas de remediación (I-BHC y II-BHC), EPA (Romero et al., 2009).

CLC. Criterios de limpieza tipo B: contaminantes en niveles moderados, Canadá (Romero et al., 2009) y límite para uso de suelo agrícola en Canadá (CCME,204).

Concentraciones obtenidas en esta tesis (- valores por debajo del límite de detección).

LD. Límite de detección.

% REC. Porcentaje de recuperación obtenido de muestras adicionadas.

Concentración de plaguicidas organoclorados [ng/g]														
Plaguicida	I-BHC	II-BHC	III-BHC	Heptacloro	Heptacloro epoxido	I-Endosulfan	Dieldrin	DDE	Endrín	II-Endosulfan	Endrín Aldehido	DDT	Endrín ketona	
CICOPLAFEST	Restringido	Sin inf.	Sin inf.	No registrado	Sin inf.	Sin inf.	Prohibido	Sin inf.	Prohibido	Sin inf.	Sin inf.	Restringido	Sin inf.	
EPA	280	280	500	200	Sin inf.	Sin inf.	40	Sin inf.	20000	Sin inf.	Sin inf.	2000	Sin inf.	
CLC	500	500	Sin inf.	500	500	500	Sin inf.	500	Sin inf.	500	500	700	500	
C1	A1	1.11	-	-	-	-	10.21	26.84	26.26	0.22	-	10.41	334.65	169.27
	A2	-	-	-	-	-	-	14.95	14.63	-	-	4.70	112.76	58.98
	A3	1.48	-	2.75	-	-	-	27.19	26.61	-	-	11.37	-	130.70
	A4	-	-	1.03	-	-	-	14.18	13.87	0.19	-	8.46	-	103.83
	A4d	-	-	0.67	-	-	-	18.91	18.50	-	-	10.52	-	157.17
C2	A5	-	705.67	-	544.23	218.75	1105.66	34135.49	34135.49	-	-	15023.61	-	5471.14
	A6	-	1934.60	-	-	-	-	4119.65	4119.65	-	-	1952.65	-	12428.58
C3	A7	-	29.94	-	-	-	-	11.87	11.62	-	-	4.44	-	109.45
	A8	-	-	-	-	-	-	21.93	21.46	-	-	8.71	-	125.35
SGA1	B1	-	7.27	-	-	-	-	46.27	45.27	-	-	31.83	-	51.07
	B2	-	-	-	-	-	-	59.85	58.56	-	-	24.62	-	50.76
	B3	-	14.06	-	-	-	-	96.71	94.62	-	-	49.75	-	40.05
	B3d	-	5.68	-	-	-	-	104.57	102.31	-	-	52.51	-	45.55
	B4	-	-	-	-	-	-	19.80	19.37	-	7.04	7.88	-	83.49
SGA2	B5	-	10.63	7.13	-	-	-	28.87	28.25	-	0.34	15.27	-	41.40
	B6	-	6.78	5.75	-	-	-	29.52	28.88	-	-	15.59	-	98.72
	B7	-	-	10.05	-	-	-	131.47	128.63	-	2.08	68.17	-	59.76
	B8	-	-	-	-	-	-	58.87	57.59	-	-	25.03	-	25.84
LD	0.52	0.08	0.02	1.06	0.10	0.27	0.07	0.07	0.01	0.02	0.11	0.09	0.38	
%REC								66.00				100.00		

De los 18 plaguicidas analizados fue posible caracterizar 13 en las muestras (tabla 8). Se sabe que estos plaguicidas son muy persistentes en el ambiente, y aunque no se movilizan con facilidad en los suelos, pueden transportarse por erosión, viento o lluvias.

El tiempo de retención del DDE y el Dieldrín en el cromatógrafo, resultó ser el mismo, por lo que los resultados de estos plaguicidas deberán ser interpretados con especial atención ya que se podría tratar de la presencia de uno solo de los plaguicidas o de ambos.

Las muestras de la parcela C2 mostraron valores excesivamente altos, por lo que se descartaron ya que se pensó que pudieron contaminarse durante el proceso analítico (los valores obtenidos fueron similares a los de los estándares de plaguicidas), es necesario hacer otra evaluación del sitio para corroborar si estos valores son reales.

Las parcelas de San Gregorio Atlapulco presentaron mayor concentración de plaguicidas respecto a las de Cuemanco en el caso del DDE, Endrín aldehído y Dieldrín. Las parcelas de Cuemanco presentaron mayor concentración de plaguicidas respecto a las de San Gregorio Atlapulco en el caso del Endrín Ketona y II-BHC. La parcela C1 fue en la que se encontró mayor diversidad de plaguicidas (8).

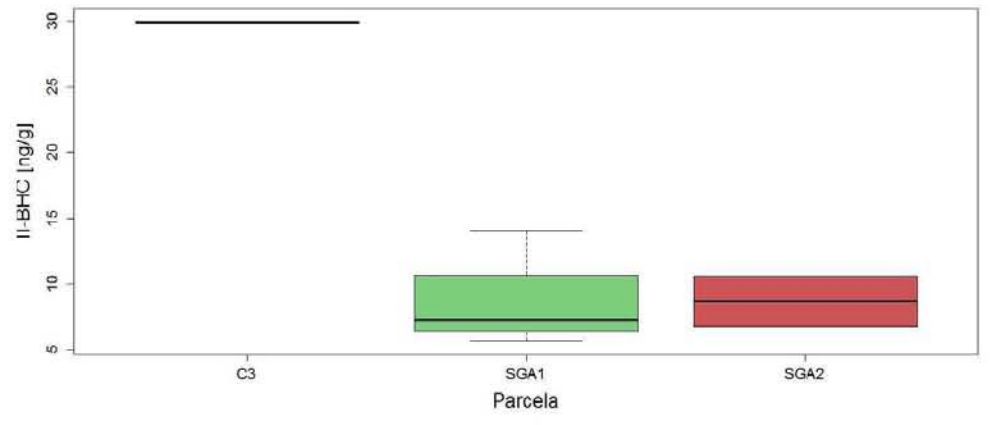
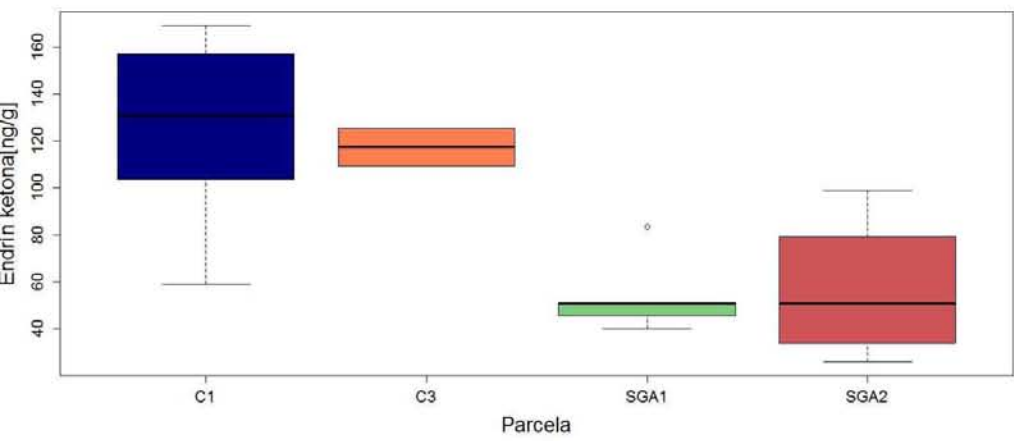
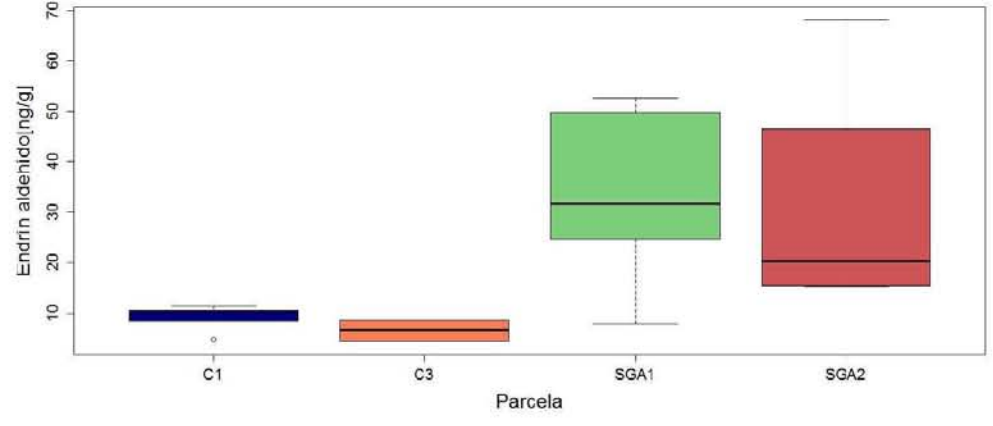
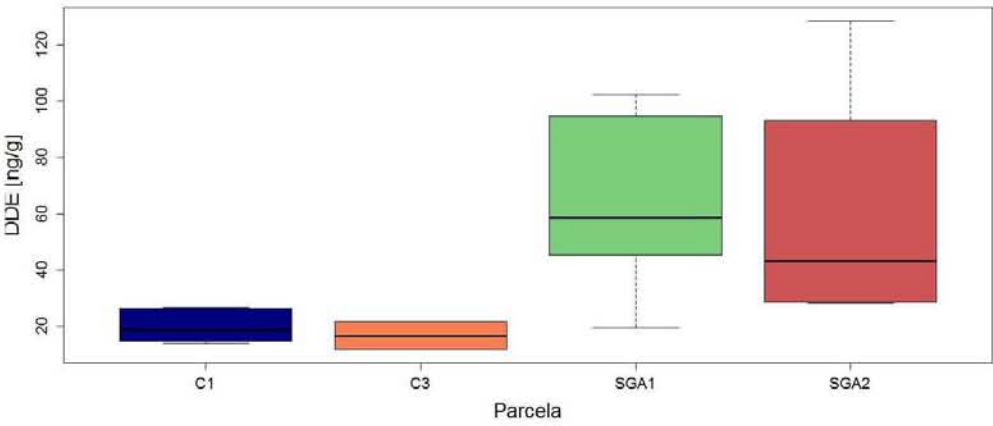
Las concentraciones de plaguicidas por parcela variaron de la siguiente manera:

C1: DDT<Endrín ketona<Dieldrín<DDE<Endrín aldehído<Endosulfán<III-BHC<I-BHC

C3: Endrín ketona<Dieldrín<DDE<II-BHC<Endrín aldehído

B1: Endrín ketona<Dieldrín<DDE<Endrín aldehído<II-BHC<II-Endosulfán

B2: Endrín ketona<Dieldrín<DDE<Endrín aldehído<II-BHC<III-BHC<Endosulfán



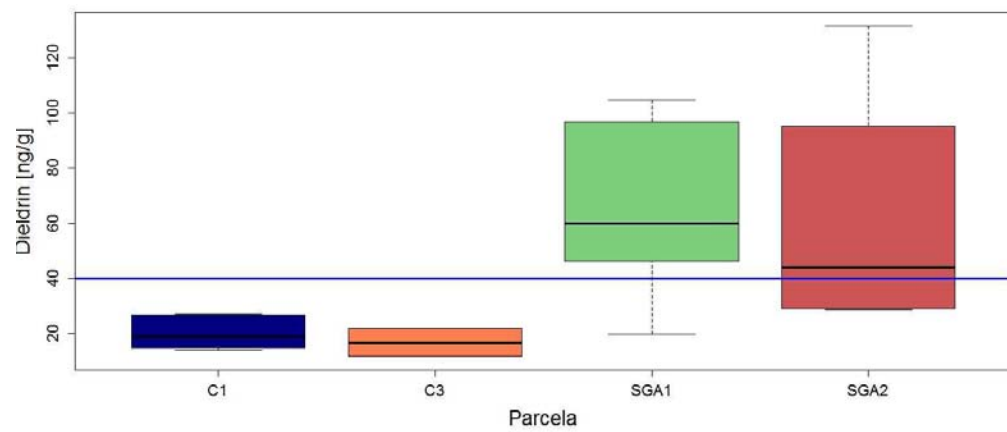
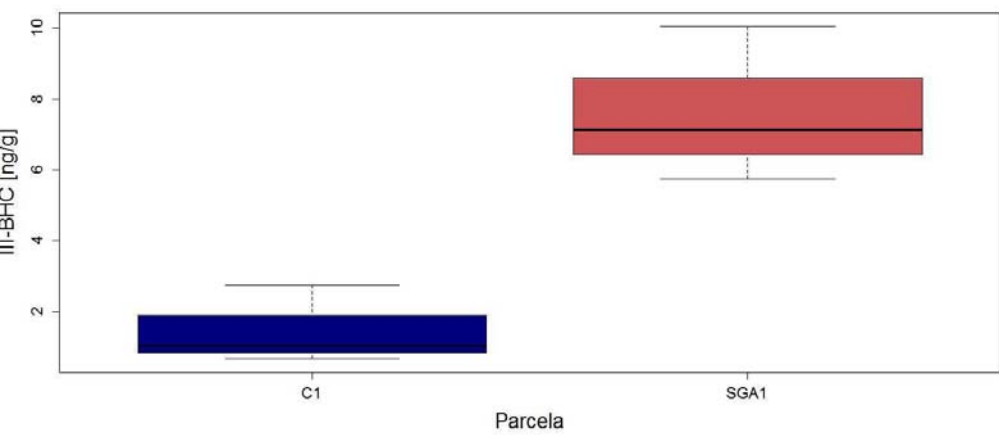


Figura 4. Concentración de OC en parcelas Cuernavaca (C1 y C3) y San Gregorio Atlapulco (SGA1 y SGA2). Límite permisible en Canadá, en azul.

DDT

Se detectó en dos muestras de la parcela C1 con concentraciones entre los 112.76 a 334.64 ng/g.

En México está en desuso para fines agrícolas desde el año 1991 y teóricamente el gobierno dejó de emplearlo en campañas de salud desde el año 2000, sin embargo antes de esas determinaciones existieron diversas campañas de salud para prevención de enfermedades como el paludismo en las que se empleó DDT para rociado domiciliario, sobre todo en zonas tropicales (Secretaría de Salud, 2000). Según lo reporta la Secretaría de Salud (2000), los rocíos domiciliarios con DDT en el Distrito Federal para el periodo comprendido entre 1988-1999 fueron nulos, sin embargo menciona que en el país existió tráfico ilegal del plaguicida.

El DDT y los productos de su descomposición (DDD y DDE) pueden permanecer mucho tiempo en el ambiente al degradarse, evaporarse, depositarse y adherirse cíclicamente; pero el tiempo que este plaguicida pasa en el suelo depende de varios factores como la temperatura, tipo de suelo y humedad, siendo los climas tropicales en los que se degrada más rápido (ISAT, 2001). En el aire sufre rápida fotodegradación, en los suelos se adsorbe fuertemente a las partículas y tiene alta persistencia (3-10 años, 2-15 años) (ISAT, 2001; ATSDR, 2009), esto podría explicar su presencia en la parcela.

Algunos organismos son capaces de degradarlo lentamente y tiene capacidad de bioacumularse y biomagnificarse, además puede alterar las dinámicas de ecosistemas acuáticos y terrestres, es por esto que representa un potencial riesgo a la salud humana y ecosistémica (CICOPLAFEST, 2004).

DDE

Las concentraciones variaron desde 11.61 hasta 128.13 ng/g con un porcentaje de recuperación del 89%. La parcela SGA1 mostró la mayor concentración, seguida por SGA2. Las parcelas C1 y C2 mostraron concentraciones similares, siendo ligeramente superiores en la primera.

Este compuesto es un producto de degradación del DDT (se degrada en DDE en un periodo de 2 a 15 años dependiendo el tipo de suelo) y no tiene un uso comercial, sufre rápida fotodegradación pero se adsorbe fuertemente a las partículas de suelo, se acumula en plantas y tejidos grasos de animales (ATSDR, 2009). Si bien el DDT está prohibido en nuestro país, en el pasado se utilizó ampliamente, por lo que la presencia de DDE en las cuatro parcelas puede relacionarse con esta situación.

Endrín

Se detectó en dos muestras de la parcela C1 con concentraciones entre los 0.19 a 0.22 ng/g.

El endrín se utiliza para controlar plagas de insectos, roedores y aves; es poco soluble en el agua aunque se ha llegado a encontrar en cuerpos acuáticos, se adhiere fuertemente a los sedimentos y se ha estimado que su persistencia en los suelos es de más de 10 años (ATSDR, 2009).

Endrín aldehído

Las concentraciones variaron desde 4.43 hasta 68.11 ng/g, no se obtuvo porcentaje de recuperación. La parcela SGA1 mostró la mayor concentración, seguida por SGA2. Las parcelas C1 y C2 mostraron concentraciones similares, siendo ligeramente superiores en la primera.

Este es un producto de la degradación o impureza del endrín, no se sabe que le ocurre al aldehído cuando se libera al ambiente, sin embargo la cantidad de que se degrada a esta forma es muy pequeña (ATSDR, 2009).

Endrín cetona

Las concentraciones variaron desde 25.842 hasta 169.27 ng/g con un porcentaje de recuperación del 89%.

La parcela C1 mostró la mayor concentración, C3 mostró una concentración inferior. Las parcelas SGA1 y SGA2 mostraron las menores concentraciones, siendo ligeramente superiores en la parcela SGA2.

Este es un producto de la fotodegradación del endrín, al igual que en el caso del aldehído no se sabe muy bien lo que le ocurre cuando se libera al ambiente y la cantidad que se degrada de esta forma es muy pequeña (ATSDR, 2009).

I-BHC

Este plaguicida fue detectado en dos muestras de la parcela C1, con concentraciones entre los 1.10 a 1.48 ng/g.

Es un isómero del hexaclorociclohexano y se considera una impureza o producto de degradación del lindano; en el medio se puede degradar biológicamente o por radiación; en los suelos su persistencia está determinada por factores como el contenido de materia orgánica, presencia de microorganismos y la tasa de evaporación (OPS, 1995).

II-BHC

En las parcelas SGA1 y SGA2, las concentraciones se encontraron en un rango entre 5.681 a 14.063 ng/g. En una muestra de la parcela C3 también se detectó este plaguicida, teniendo una concentración de 29.943 ng/g.

Es el isómero más persistente del hexaclorociclohexano y se considera una impureza o producto de degradación del lindano, puede degradarse por actividad de organismos o radiación, su persistencia en el suelo está determinada por la presencia de microorganismos, contenido de materia orgánica, porcentaje de humedad y tasa de evaporación (OPS, 1995).

III-BHC

Este plaguicida solo fue detectado en las parcelas C1 y SGA1, las concentraciones variaron entre 0.670 a 10.053 ng/g. Las concentraciones detectadas en C1 fueron inferiores a las encontradas en SGA1.

Es un isómero del hexaclorociclohexano y también se le conoce como lindano, su uso se ha extendido como plaguicida y como componente de productos para la sarna y los piojos (ATSDR,

2009). Se considera muy persistente en el ambiente típicamente 15 meses pero puede alcanzar los 3 años, tiene elevada afinidad por la materia orgánica por lo que su movilidad está limitada por ese factor, puede llegar a contaminar cuerpos de agua, tiene potenciales de bioacumulación y biomagnificación y en plantas se acumula sobre todo en las raíces (INECC, 2015).

Dieldrín

Las concentraciones variaron desde 11.871 hasta 131.470 ng/g, no se obtuvo porcentaje de recuperación. La parcela SGA1 mostró la mayor concentración, seguida por SGA2. Las parcelas C1 y C2 mostraron concentraciones similares, siendo ligeramente superiores en la primera

Este plaguicida se relaciona con el control de termitas entre otros usos; está asociado al aldrín debido a que es un producto de su degradación por lo que es más común encontrarlo en el ambiente (el aldrín se biodegrada o fotodegrada rápidamente), se adhiere fuertemente en el suelo y es de lenta degradación; por otro lado las plantas y animales lo almacenan y desechan lentamente (ATSDR, 2009).

I-Endosulfan

Este plaguicida se detectó en una muestra de la parcela C1 con una concentración de 10.209 ng/g.

Es un plaguicida de uso agrícola e industrial, que se puede transportar por vía eólica grandes distancias, en suelos la fracción disponible se puede biodegradar en semanas y la fracción adsorbida puede ser muy persistente (años), además tiene poco potencial para lixiviarse (CICOPLAFEST, 2004).

Se vende como una mezcla de I-endosulfán y II-endosulfán, ambas sustancias pueden sufrir degradación química en el aire, en el agua se transforman en endosulfán diol (sustancia menos tóxica), en el suelo se degradan y tienen potencial de bioacumulación (ATSDR, 2009).

II-Endosulfan

Este plaguicida se detectó en una muestra de la parcela SGA1 y en dos de la parcela SGA2, siendo superior la concentración en la primer parcela. Según reporta Alcántara (2014) en la zona de San Gregorio Atlapulco el endosulfán es un plaguicida de uso común.

Límites establecidos por la normatividad oficial mexicana y otros criterios internacionales

En México no existen normatividades en las que se establezcan los límites máximos permisibles de plaguicidas en suelos, por lo que las acciones en torno a estos se basan en la normatividad de la EPA y del gobierno de Canadá.

Las muestras B1, B2, B3, B3D, B7 y B8 superaron los límites establecidos por la normatividad canadiense en dieldrín, según esta normatividad es necesario hacer otros análisis e incluso se podrían aplicar acciones de remediación.

5. Conclusiones

Las diferencias en las concentraciones de metales, plaguicidas organoclorados y organofosforados, si bien podrían deberse a las técnicas de manejo (orgánico y con plaguicidas) y a la historia de uso de las parcelas; también están determinadas por otros factores tales como la adición periódica de sedimentos del fondo del canal para enriquecer la parcela, el tiempo de manejo al cuál han estado sometidas, su ubicación respecto a los canales y otras parcelas.

- En ambas chinampas las propiedades químicas mostraron diferencias significativas en pH y conductividad eléctrica; las parcelas de agricultura orgánica en Cuemanco obtuvieron valores superiores. Las propiedades físicas fueron de valores muy similares para ambos sitios.
- La parcela C1 de Cuemanco obtuvo para todos metales analizados las mayores concentraciones. Las parcelas C2, C3 y SGA1 se mantuvieron en rangos similares, mientras que SGA2 obtuvo las menores concentraciones. Lo que implicó que el manejo orgánico tuvo concentraciones similares y superiores al manejo con plaguicidas. Se cree que influyeron los aportes antropogénicos como lo son las aguas de los canales y los sedimentos del fondo de los canales.
- Las concentraciones de plaguicidas organofosforados en ambos sitios no fueron detectados, lo que se explicó por la inexistencia inicial del plaguicida o por su degradación al pH alcalino presente en Cuemanco, al alto contenido de materia orgánica y humedad de los suelos de chinampa.
- Los plaguicidas organoclorados detectados fueron 13. En C1 se encontró el mayor número, incluyendo dos de uso prohibido (DDT y dieldrín), en todas las parcelas se

encontró endrín y algunos productos de la degradación de otros plaguicidas como el DDE, endrín ketona, endrín aldehído, I-BHC y II-BHC.

La presencia de plaguicidas en zonas de agricultura orgánica (C1 y C2) y en San Gregorio Atlapulco se explicó por la historia manejo, por el aporte periódico con sedimentos del fondo del canal, por transporte eólico o cuerpos de agua que contaminan las parcelas y por la cercanía de los canales.

- Según la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 todas las muestras superaron los límites máximos permisibles de vanadio en suelos de uso agrícola, y al menos una muestra por parcela supero los límites establecidos por la normatividad canadiense.
- Todas las parcelas superan los límites establecidos por la normatividad canadiense en al menos una muestra para concentración de Cu, una muestra de la parcela SGA2 superó los límites de Zn y algunas muestras de la parcela C1 superaron los límites de Sn.
- La normatividad canadiense para plaguicidas definió algunas muestras de San Gregorio Atlapulco en concentraciones mayores a los límites máximos permisibles de dieldrín.

Recomendaciones:

- Para complementar esta investigación podría elaborarse un esquema conceptual con todas las probables fuentes y tipos de contaminantes al suelo agrícola (agua de riego, sedimentos, depositación atmosférica, etc.), así como medir HAPs y contaminantes emergentes.
- Se recomienda un análisis posterior en la parcela C2 para determinar si los valores obtenidos en el análisis de OC son reales y así generar información sobre este sitio.
- Se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones encontradas en los sitios de estudio y los NF establecidos por Morton-Bermea et al. (2009) para la ciudad de México, por lo que es importante establecer los NF en suelos de chinampa, considerando

sus particularidades (abundancia en materia orgánica, régimen de uso, material parental, etc.). Lo anterior puede realizarse por medio de extracciones secuenciales de muestras a diferentes profundidades incluyendo el fondo original del lago en varios sitios y el análisis de metales en todos los sustratos que son adicionados (sedimento, composta y estiércol).

- Según las normas utilizadas para determinar si los sitios de estudio están contaminados, es recomendable hacer más estudios (movilidad y biodisponibilidad) en aquellos que superan los límites establecidos, y en caso de ser necesario tomar acciones de remediación. A pesar de las características de los sitios de estudio (abundancia de materia orgánica y pH neutro a alcalino), considero necesario complementar la información obtenida en esta tesis con al menos un estudio de biodisponibilidad de metales.
- La Agricultura urbana representa una solución alternativa y a corto plazo para remediar los problemas de inseguridad alimentaria, económicos, aprovechamiento de espacios y recursos así como el manejo de residuos. Por lo anterior es importante dar a conocer sus principales beneficios y perjuicios, así como capacitar de manera formal a las personas que estén interesadas en llevar a cabo esta actividad.
- En México no existe normatividad a nivel nacional especialmente dirigida a la Agricultura urbana, lo más cercano son los programas de agricultura orgánica promovidos de manera local, así como la Ley de Agricultura Urbana del Estado de Puebla, siendo el primer antecedente en este ámbito. En el caso de la Ciudad de México y en particular de Xochimilco resulta de gran importancia regular o al menos generar información sobre esta actividad dado que va en aumento y a que dentro del ambiente de la ciudad existen múltiples fuentes de contaminación. Así como también realizar análisis periódicos de los productos de esta actividad para evitar el riesgo a la salud por el comercio y consumo de alimentos contaminados.

- La falta de información y orientación lleva a los agricultores a utilizar productos de manera excesiva y en algunos casos innecesaria, como los plaguicidas y mejoradores en el caso de San Gregorio Atlapulco. Por lo anterior sería necesario implementar programas de capacitación y planificación del uso de estas sustancias.
- Los límites establecidos para la concentración de metales en suelos de uso agrícola por la normatividad mexicana son mucho más altos que los establecidos por las normatividades internacionales, por lo que dada la importancia de las actividades agrícolas en el país, sería ideal realizar una revisión de estos para determinar si están dentro de estándares seguros.
- En México no están establecidos los límites máximos permisibles de plaguicidas en suelos, por lo que se utilizan los establecidos por la EPA y Canadá, si bien no está mal aprovechar estas regulaciones, sería adecuado establecer una normatividad enfocada en las condiciones ambientales y socioculturales del país.

6. Bibliografía

- Ángeles-Serrano, G., Perevochtchikova, M. y Carrillo-Rivera, J. (2008). Posibles controles Hidrogeológicos de Impacto Ambiental por la Extracción de Agua Subterránea en Xochimilco, México. *Revista Latinoamericana de Geografía*, Vol 7(1) pp 39-56.
- Aranda, M. (2004). Ficha informativa de los humedales RAMSAR. Sistema lacustre de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. México, D.F. SEMARNAT.
- Alcántara, V. (2014). Caracterización y diagnóstico de la contaminación por plaguicidas en el lago de Xochimilco (Tesis de Doctorado). México, D.F. Instituto de Geología, UNAM.
- Alloway, B. (1990). Heavy metals in soils. Great Britain: Thomson press.
- ATSDR. (2009). Resúmenes de Salud Pública. Obtenido de http://www.atsdr.cdc.gov/es/es_contents4.html . Consultado el 15 de mayo de 2015.
- Ávila, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Revista Estudios Agrarios*, Vol 41, pp 93-123. Procuraduría Agraria, México D.F.
- Bautista, Z., Cram, S. y Sommer, I. (2004). Suelos. Capítulo II-2 . En: Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. UNAM/UAY/CONACYT/INE. pp73-98.
- Belmonte, F., Romero, A., Alonso, F., Moreno, J. y Rojo, S. (2010). Afecciones de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España. *Papeles de Geografía* Vol 51-52, pp 45-54.
- Blanco, A. (2011). Actividad de la diversidad y actividad de la microbiota desnitrificante en suelos de chinampas de xochimilco contaminados con plaguicidas organofosforados metilparition (Tesis de Doctorado). México D.F. Instituto de Ecología, UNAM.
- Blanco-Jarvio, A., Chávez-López, C., Luna-Guido, M., Dendooven, L. y Cabirol, N. (2011). Denitrificación en el suelo de una chinampa afectada por methylparathion en la Ciudad de México: un estudio de laboratorio . *Revista Europea de Biología del Suelo*, Vol 47, pp 271-278.
- Bryld. (2003). Potentials, problems, and policy implications for urban agriculture in developing countries. *Agriculture and human values*, Vol 20, pp 79-86.
- Calva, L. y Torres, M. (2012). Plaguicidas organoclorados. (U. I. Universidad Autónoma Metropolitana, Ed.). Obtenido de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n30ne/pdf/plaga.pdf> . Consultado el 13 de mayo de 2015.
- Canabal, B. (1992). La Chinampería actual en el Valle de México-Xochimilco. Obtenido de <http://www.pa.gob.mx/publica/pa070510.htm> . Consultado el 25 de abril de 2015.
- Canabal, B. (2000). Agricultura Urbana en México. México, D.F.: Red Águila de Agricultura Urbana. Universidad Autónoma Metropolitana. Red Latinoamericana de Agricultura Urbana-Águila.
- Canadian council minister of environment. (2014). Canadian soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. Obtenido de <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/en/index.html#void> . Consultado el 06 de junio de 2015.

- Caraballo, C. (2011). Patrimonio cultural un enfoque diverso y comprometido (Primera ed.). México, D.F. UNESCO en México.
- Carrión, C., Ponce-de León, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M. y Venegas, C. (2012). Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para remediación de metales. *Agrociencia*. Vol 46, pp 609-620.
- Chávez, C. (2012). Efecto del metil paratión en la diversidad bacteriana presente en el suelo de una chinampa de Xochimilco (Tesis de doctorado). México, D.F. Instituto de Ecología, UNAM.
- CICOPLAFEST. (2004). Catálogo de Plaguicidas. México.
- City farmer. (2015). City Farmers News. Obtenido de <http://www.cityfarmer.info/category/canada/> . Consultado el 20 de mayo de 2015.
- Cofepris. (06 de 04 de 2015). Catálogo de Plaguicidas. Obtenido de <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx> . Consultado el 06 de abril de 2015.
- Coffe, O. O., Veenhuizen, R. v. y Drechsel, P. (2003). Contribución de la agricultura urbana y periurbana a la seguridad alimentaria en Sub-Sahara, Africa. 3ra Sesión de la WWF Africa. Kyoto.
- CONABIO. (2011). Fichas de especies prioritarias. Ajolote Mexicano (*Ambystoma mexicanum*). México, D.F. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad .
- CONAGUA. (2009). Actualización de la disponibilidad anual de agua subterránea. Acuífero (0901) zona metropolitana de la Cd.de México. México, D.F. CONAGUA.
- CONANP. (2004). Ficha Informativa de los Humedales RAMSAR. Obtenido de http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Distrito_Federal/Xochimilco/Sistema%20Lacustre%20Ejidos%20de%20Xochimilco%20y%20San%20Gregorio%20Atlapulco.pdf . Consultado el 15 de octubre de 2014.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm> . Consultado el 20 de mayo de 2015.
- CRI. (2015). China ABC. Agricultura. Obtenido de <http://espanol.cri.cn/chinaabc/chapter3/chapter30202.htm> . Consultado el 11 de abril de 2015.
- De Bon, H., Parrot, L., y Moustier, P. (2009). Sustainable urban agriculture in developing countries. A review. *Agronomy for sustainable development*. Vol 30, pp 21-32.
- Diao, W.-P., Ni, W.-Z., Ma, H.-Y. y Yang, X.-E. (2005). Cadmium Pollution in Paddy Soil as Affected by diferent Rice(*Oryza sativa* L.)Cultivars. *Enviromental contamination and toxicology*. Vol 75, pp 731-738.
- Díaz, I., Larqué, M., Alcántara, G., Vázquez, A., González, F. y Carrillo, R. (1999). Acumulaciones tóxicas de níquel en el crecimiento y la nutrición del trigo. *Terra Latinoamericana*. Vol 19(3), pp 199-209.

- Díaz-Rodríguez, A. (2006). Los suelos lacuestres de la Ciudad de México. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Vol 6(2) , pp 111-130.
- Dinham, B. (2003). Crecimiento de vegetales en países en desarrollo para la población urbana local y los mercados de exportación: problemática confrontada por los productores a baja escala. *Ciencias del manejo de Pesticidas*. Vol 59, pp 575-582.
- DOF. (1987). Diario Oficial de la Federación 16 de Julio de 1987. México, D.F.
- DOF. (1992). Diario oficial de la federación 07 mayo de 1992. México, D.F.
- EPA. (2002). Supplemental guidance for developing soils screening levels for superfund sites, Obtenido de http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/pdfs/ssg_main.pdf . Consultado el 20 de mayo de 2015.
- EPA. (2011). Agricultura Urbana y Aumento de los sistemas sustentables de alimentación locales. Obtenido de <http://www.epa.gov/brownfields/urbanag/> . Consultado el 06 de noviembre de 2014.
- EPA. (2014). Agencia de Protección Ambiental Estados Unidos. Obtenido de <http://www.epa.gov/espanol/glosario/index.html> . Consultado el 06 de Noviembre de 2014.
- EPA. (2015). Pesticides: Enviromental effects. Obtenido de http://www.epa.gov/oppefed1/ecorisk_ders/toera_analysis_exp.htm . Consultado el 25 de abril de 2015.
- FAO. (1996). III. Cuestiones escogidas. Agricultura urbana ¿una paradoja? En FAO, El estado mundial de la Agricultura y la Alimentación 1996. No.(29) , pp 43-52. Roma.
- FAO. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola y de recursos hídricos. (Estudio FAO riego y drenaje-55). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s00.htm#Contents> . Consultado el 16 de Febrero de 2015.
- FAO. (1999). La Agricultura Urbana y Periurbana. Comité de Agricultura 15° Periodo de sesiones. Roma.
- FAO. (2000). Manual de evaluación de la contaminación del suelo. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/005/x2570s/X2570S00.htm#TOC> . Consultado el 15 de marzo de 2015.
- FAO. (2002). Cumbre mundial sobre la aliementación. Obtenido de <http://www.fao.org/worldfoodsummit/spanish/index.html>. Consultado el 10 de marzo de 2015.
- FAO. (2009). Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma.
- FAO. (2014). Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe. Roma.
- FAO. (2015). Economía del desarrollo agrícola. Obtenido de <http://www.fao.org/economic/esa/esa-activities/esa-foodinfo/es/>. Consultado el 15 de marzo de 2015.
- FAO. (2015). Oficina regional de la FAO para America Latina y el Caribe. Nuevo Convenio entre Chile y FAO fortalecerá la cooperación Sur-Sur en agricultura y nutrición.

Obtenido de <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/230327/>. Consultado el 23 de febrero de 2015.

- FAO. (2015). Programa Especial para la Seguridad Alimentaria . Obtenido de <http://www.fao.org/righttofood/our-work/proyectos-actuales/rtf-global-regional-level/pesa/es/>. Consultado el 09 de febrero de 2015.
- FAO. (2015). Sitio web de los órganos rectores y estatutarios. Obtenido de <http://www.fao.org/unfao/govbodies/gsb-subject-matter/gsb-plantprod/spanish/es/c/374/>. Consultado el 20 de marzo de 2015.
- FAO. (2015). Sitio web de los órganos rectores y estatutarios. Conferencia 29º periodo de sesiones. Obtenido de <http://www.fao.org/unfao/govbodies/gsbhome/conference/resolutions/1997/es/>. Consultado el 10 de febrero de 2015.
- Galán, E. y Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Macla*. Vol 10, pp 48-60.
- García, C. y Rodríguez, G. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el riesgo de plaguicidas en Sinaloa. Ra Ximahi. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, Vol 8(3), pp 1-10.
- Gavrel, P. (2011). Protección Ambiental. Obtenido de biblio.juridicas.unam.mx/libros/6/2954/7.pdf. Consultado el 03 de abril de 2015.
- GCU. (2005). Ministerio de Agricultura. Obtenido de <http://www.cubagob.cu/gobierno/fichas/fminagri.htm>. Consultado el 11 de abril de 2015.
- GDF. (2000). Decreto de Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. Obtenido de http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/decreto_df.pdf. Consultado el 12 de noviembre de 2014.
- GDF. (2005). Decreto que contiene el plan de desarrollo urbano para la delegación del Distrito federal en Xochimilco. México, D.F.: Gobierno del Distrito Federal. Consultado el 11 de noviembre de 2014.
- GDF. (2006). Gaceta Oficial del Distrito Federal 11 de enero de 2006. México, D.F.
- GDF. (2013). Acuerdo por el cual se aprueba el Programa General de Desarrollo del Distrito Federal 2013-2018. Obtenido de http://www.consejeria.df.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/522fe67482e50.pdf. Consultado el 12 de noviembre del 2015.
- GDF. (2014). Delegación Xochimilco. Obtenido de <http://www.xochimilco.df.gob.mx/flora-y-fauna.html>. Consultado el 18 de noviembre de 2014.
- GDF. (2015). Convocatoria 2015 del Programa de Agricultura Sustentable a Pequeña Escala. Obtenido de <http://www.sederec.df.gob.mx/sites/default/files/19%20CONVOCATORIA%202015%20DEL%20PROGRAMA%20DE%20AGRICULTURA%20SUSTENTABLE%20A%20PEQUE%C3%91A%20ESCALA.pdf>. Consultado el 10 de enero del 2015.

- GEP. (2013). Ley de Agricultura Urbana para el Estado de Puebla. Obtenido de <http://faolex.fao.org/docs/pdf/mex141747.pdf> . Consultado el 23 de marzo de 2015.
- González, E., y Valladares, C. (2014). La sustentabilidad agrícola de las chinampas en el Valle de México: caso Xochimilco. *Revista mexicana de Agronegocios*. Vol 18(34), pp 699-709.
- GPO. (2015). Código de Regulaciones Electrónicas. Obtenido de http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?c=ecfr&sid=3f34f4c22f9aa8e6d9864cc2683cea02&tpl=/ecfrbrowse/Title07/7cfr205_main_02.tpl . Consultado el 06 de abril de 2015.
- Hamilton, A., Burry, K., Mok, H., Barker, F., Grove, J. y Williamson, V. (2013). ¿Darle a las habas una oportunidad? Agricultura urbana en países en desarrollo. *Agron. Sustain. Dev.* Vol 34, 45-73.
- Havaliji, N. (2011). Contribución de la Agricultura Urbana a la Seguridad alimentaria, Biodiversidad y reducción de la huella de carbono. *Los elementos Económicos, Sociales y Políticos del Cambio Climático*. pp 99-112. Berlin: Springer-Berlag.
- Hernández, L. (2006). La agricultura urbana y la caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. *Cultivos tropicales*. Vol 27(2), pp 13-25.
- INECC. (2009). Metales pesados. Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/763-aqre-metales> . Consultado el 05 de diciembre de 2014.
- INECC. (2013). Plaguicidas. Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/768-sqre-plaguicidas> . Consultado el 17 de septiembre de 2014.
- INECC. (2015). Características físico-químicas de los plaguicidas y su transporte en el ambiente. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/index.html> . Consultado el 02 de abril de 2015.
- INECC. (2015). Sistema de Consulta de plaguicidas. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/busquedas.html> . Consultado el 02 de abril de 2015.
- INEGI. (2005). Pontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos. Xochimilco Distrito Federal. México, DF.
- INEGI. (2011). Censo de Población y Vivienda (2010). Información Estatal. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. Consultado el 25 de agosto de 2014.
- INEGI. (2014). México en cifras. Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/?e=09&mun=13> . Consultado el 25 de agosto de 2014.
- INFAED. (2014). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Xochimilco. Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09013a.html> . Consultado el 06 de diciembre de 2014.
- INIFAT. (2015). Sitio Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana. Obtenido de <http://www.ausc.co.cu/> . Consultado el 13 de marzo de 2015.

- ISAT. (2001). Diagnóstico situacional del uso del DDT y el control de la malaria. Informe regional para México y Centroamérica. México, D.F.
- Jiménez, M. (2013). Resiliencia y Adaptabilidad del sistema chinampero de Xochimilco (Tesis de Licenciatura). México, D.F.: Facultad e Filosofía y Letras, UNAM.
- Jiménez-Osornio, J. y Gómez-Pompa, A. (1990). El rol humano en la conformación de la flora y la comunidades de los humedales, la chinampa. *Paisaje y Planeación Urbana*. Vol 20, pp 47-51.
- Kabata-Pendias, Dudkas, Chlopecha y Gawinowska (1992). Background levels and environmental influences on trace metals in soils of the temperate humid zone of Europe. CRC press. Pp 61-84. Boca Raton, FL.
- Kamrin, M. (1997). Pesticide profiles: toxicity, environmental impact, and fate. CRC Press LLC. Florida.
- Kanchana, M., Mahima, M. R. y Manjunath, K. (2015). Contamination of Water Sources in Mysore City by Pesticide Residues and Plasticizer – A Cause of Health Concern. *Aquatic Procedia*. Vol 4, pp 1881-1888.
- Ley Agraria (1992). Obtenido de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13.pdf>. Consultado el 07 de abril de 2015.
- Ley Ambiental del Distrito Federal (2000). Obtenido de <http://www.aldf.gob.mx/archivo-eb29b933d6c028a5d4d5229851188899.pdf>. Consultado el 10 de abril de 2015.
- Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988). Obtenido de <http://www.metro.df.gob.mx/transparencia/imagenes/fr1/normaplicable/2014/1/lgeepa14012014.pdf>. Consultado el 10 de abril de 2015.
- Ley General de Salud (1984). Obtenido de http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/legis/lgs/LEY_GENERAL_DE_SALUD.pdf. Consultado el 16 de abril de 2015.
- Ley de Productos Orgánicos, México (2006). Obtenido de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPO.pdf>. Consultado el 16 de abril de 2015.
- López, I. (2005). Qué se sabe sobre la calidad del suelo y su importancia. Gaceta de la Universidad Veracruzana. No.(94-96). Xalapa, Ver.
- Martellozzo, F., Landry, J.-S., Plouffe, D., V., S., Rowhani, P. y Ramankutty, N. (2014). Agricultura Urbana: un análisis global de las restricciones espaciales para cubrir la demanda urbana de vegetales. *Cartas de Investigaciones Ambientales*. Vol 9.
- Martínez, T. (1983). Historia de la Agricultura en México. III Taller Latinoamericano de prevención de riesgos en el uso de plaguicidas, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz.
- Moreno. (2007). Agricultura Urbana: Nuevas Estrategias de Integración Social y Recuperación Ambiental en la Ciudad. *Revista Electrónica de Diseño Urbano y Paisaje de la Universidad Central de Chile*. Vol 4(11).
- Morton-Bermea, O., Hernández-Álvarez, E., González-Hernández, G., Romero, F., Lozano, R. y Beramendi-Orosco, E. (2009). Evaluación de la contaminación por metales pesados en

suelos superficiales urbanos del área metropolitana de la ciudad de México. *Revista de Exploración Geoquímica*. Vol 101, pp 218-224.

- Mougeot, L. (2000). Agricultura Urbana: Definición, presencia, potenciales y riesgos. Ottawa, Canadá: IDRC.
- Mougeot, L. (2006). Cultivando mejores ciudades: Agricultura urbana para el desarrollo sostenible. Ottawa, Canadá: IDRC.
- Murtaza, G., Ghafoor, A., Qadir, M., Owens, G., Aziz, M., Zia, y Saifullha. (2010). Disposición y uso de aguas residuales en tierras agrícolas en Pakistán: Una revisión. *Pedósfera*. Vol 20(1), pp 23-34.
- Navarrete, A., Vela, G., López, J. y Rodríguez, M. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Contactos*. Vol 80, pp 29-37.
- NADF-002-RNAT-2002. (2002). Obtenido de <http://centro.paot.org.mx/centro/normas/NADF-002-RNAT-2002.pdf> . Consultado el 16 de abril de 2015.
- NOM-003-SEMARNAT-1997. (1997). Obtenido de <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/sedema/leyes-reglamentos/normas/federales/NOM-003-SEMARNAT-1997.pdf> . Consultado el 17 de abril de 2015.
- NOM-007-SEMARNAT-1997. (1997). Obtenido de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/rn/rn007.pdf> . Consultado el 16 de abril de 2015.
- NOM-032-SSA2-2014. (2014). Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5389045&fecha=16/04/2015 . Consultado el 16 de abril de 2015.
- NOM-057-FITO-1995. (2005). Obtenido de <http://www.senasica.gob.mx/?doc=712> . Consultado el 17 de abril de 2015.
- NOM-062-SEMARNAT-1994. (2004). Obtenido de <http://i.guerrero.gob.mx/uploads/2015/05/NOM-062-SEMARNAT-1994.pdf> . Consultado el 17 de abril de 2015.
- NOM-081-FITO-2001. (2001). Obtenido de <http://www.senasica.gob.mx/?doc=702> . Consultado el 16 de abril de 2015.
- NOM-121-RECNAT-2000. (2000). Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002 . Consultado el 17 de abril de 2015.
- NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. (2004). Obtenido de http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat_ssa1-2004.pdf . Consultado el 16 de abril de 2015.
- Nordberg, G. (1998). Metales: propiedades químicas y toxicidad. En J. Mager, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid: Ministerio de trabajo y asuntos sociales.
- Nugent, R. (2000). The impact of urban agriculture on the household and the local economy. Thematic paper 3, pp 67-97.

- OMS. (2006). Pesticidas y su aplicación (Sexta edición).
- OMS. (2010). Código Internacional de Conducta sobre la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Obtenido de http://www.who.int/whopes/recommendations/Guidelines_pesticide_advertising_Spa.pdf. Consultado el 20 de marzo de 2015.
- ONU. (2015). Declaración Universal de Derechos Humanos. Obtenido de <http://www.un.org/es/documents/udhr/>. Consultado el 06 de febrero de 2015.
- OPS. (1995). Guía para la salud y seguridad no. 53. Alfa y Beta Hexaclorociclohexanos (Alfa-y beta-HCHs). Metepec, Estado de México, México.
- Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R. y Gianquinto, G. (2013). Urban agriculture in the developing world: a review. *Agronomic sustainable development*. Vol 33, pp 695-720.
- Ortiz, R., Vega, s., Gutiérrez, R., Gibson, R., Schettino, B. y Ramírez, M. (2012). Presencia de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en suelos superficiales de terrenos rurales en la Ciudad de México. *Bull Environ Contam Toxicol*. Vol , pp 428-432.
- PNUMA. (actualizado al 2014). Convenio de Basiela.
- Ponce, L., Vanegas, C., Hernández, M. y Cram. (2012). Conceptos y procedimientos para el análisis de muestras ambientales. México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Prasad, M. (2001). Metals in te enviroment. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Ramos-Bello, R., Cajuste, L., Flores-Román, D. y García-Calderón, N. (2001). Metales pesados, Sales y Sodio en suelos de cinampa en México. *Agrociencia*, Vol 35(4), pp 385-395.
- Rivera. (2013). Agricultura Urbana en Ciudad Nezahualcoyotl. Desafios ambientales II. CIEMAD. IPN. México.
- Rodríguez, L., Torres, P. y García, B. (2000). Agricultura Urbana en la Ciudad de México. En P. Torres, Procesos metropolitanos y agricultura urbana. Pp171-223. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Romero, T., Cortinas, C. y Gutiérrez, J. (2009). Diagnóstico Nacional de los Contaminantes Orgánicos persistentes en México. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambeinte y Recursos Naturales.
- RUAF. (2001). Agricultura Urbana y Biodiversidad. *Revista de Agricultura Urbana*. Vol 1 (1), pp 11-12. Lima, Perú.
- RUAF. (2002). Aumentar la contribución de la Agricultura Urbana para la seguridad Alimentaria. *Revista de Agricultura Urbana*. Spetial edition, pp
- RUAF. (2002). Buscando el equilibrio entre los impactos positivos y negativos sobre la salud. *Revista Agricultura Urbana*. Vol 1(3) , pp 4-43. Lima, Perú.
- RUAF. (2005). Acuicultura Urbana. *Revista de Agricultura Urbana*. Vol 14, pp 1-5.
- RUAF. (2007). China: agricultura urbana, desarrollo urbano y seguridad alimentaria en el país más poblado del planeta. *Boletín de Agricultura Urbana*. No.(6).

- RUAF. (2015). Fundación RUAF. Obtenido de <http://www.ruaf.org/>. Consultado el 20 de mayo de 2015.
- Santandreu, A., y C., C. (2007). Organizaciones sociales de agricultores en América Latina y Europa: Lecciones Aprendidas y Desafíos. *Revista Agricultura Urbana*. No. (17) , pp 5-7.
- Sapahin, H., Makahleh, A. y Saad, B. (2015). Determination of organophosphorus pesticide residues in vegetables using solid phase micro-extraction coupled with gas chromatography–flame photometric detector. (Elsevier, Ed.) *Arabian Journal of Chemistry*. Available online since 31 december 2014.
- Secretaría de Salud(2000). Situación actual de la malaria y el uso del DDT en México. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsdepl/fulltext/ddt/MEX.pdf>. Consultado el 20 de mayo de 2015.
- SEDEREC. (2012). Programa de Agricultura Sustentable a pequeña escala de la ciudad de México. México: Gaceta oficial del Distrito Federal.
- SEMARNAT. (2007). Clasificaciones más importantes de los Plaguicidas. Obtenido de <http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGGIMAR/Guia/07-015AD/clasificaciones.pdf>. Consultado el 13 de abril de 2015.
- SEMARNAT. (2007). Plan de Implementación del Convenio de Estocolmo. México.
- SEMARNAT. (2011). Plan de Acción Nacional para la Aplicación del Convenio de Rotterdam Sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional en México. Obtenido de <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/internacional/Documents/PLAN%20DE%20ACCION%20%20ROTTERDAM%20%202012%20vf%20ig%20jl.pdf> . Consultado el 17 de abril de 2015.
- SEMARNAT. (2013). Convenio de Basilea. Obtenido de <http://www.semarnat.gob.mx/temas/agenda-internacional/convenio-de-basilea> . Consultado el 06 de abril de 2015.
- SEMARNAT. (2015). Normas Oficiales Mexicanas. Obtenido de <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/normas-oficiales-mexicanas> . Consultado el 06 de abril de 2015.
- Smit, J., Nasr, J. y Ratta, A. (2001). Agricultura Urbana. Alimentos, Trabajo y Ciudades Sustentables. UNDP.
- SIAP. (2015). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Obtenido de <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultado el 24 de marzo de 2015.
- SMADF. (2015). Corena, conservación: Chinampas. Obtenido de http://www.sma.df.gob.mx/corena/conservacion/anp_conc_chinampas.php . Consultado el 25 de marzo de 2015.
- SMN. (2010). Servicio meteorológico nacional, Distrito Federal. Obtenido de http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=179:distrito-federal&catid=14:normal-es-por-estacion . Consultado el 07 de septiembre de 2014.

- Solís, C., Sandoval, J., Pérez-Vega, H. y Mazari-Hiriart, M. (2006). Irrigation water quality in southern Mexico City based on bacterial and heavy Metal analyses. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. No.(249), pp 592-595.
- Soriano, R., Losada, H., Cortés, J., Vieyra, J., Arias, L. y López, M. (2000). Agricultura Urbana en el área Metropolitana de la ciudad de México. En B. Canabal, Agricultura Urbana en México. Pp 98-103. México, D.F.: Red Águila Mexicana de Agricultura Urbana; Universidad Autónoma Metropolitana; Red Latinoamericana de Agricultura Águila.
- Stephan-Otto, E. (1997). La Chinampa "cosa jamás vista en este mundo" ,y sus creadores. VI Curso Internacional de Agroforestería para el desarrollo. Pp 2-35. México.
- Stephan-Otto, E. y Zlotnik, A. (2001). La Chinampa. Evaluación y sustentabilidad. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana; Patronato del Parque Ecológico Xochimilco.
- Surdyck, N., Cary, L., Blagojevic, S., Jovanovic, S., Stikic, R., Vucelic-Rodovic, B. y Kloppmann, W. (2010). Impact of irrigation with treated low quality water on the heavy metal contents of a soil-crop system in Serbia. *Agricultural Water Management*. Vol 98, pp 451-457.
- Torres. (2002). Aspectos regionales de la seguridad alimentaria en México. *Revista de información y análisis*. No.(22), pp 15-26.
- UE. (2002). Reglamento (CE) nº 178/2002. Obtenido de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:031:0001:0024:ES:PDF>. Consultado el 16 de abril de 2015.
- UE. (2005). Reglamento CE nº 396/2005. Obtenido de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:070:0001:0016:es:PDF>. Consultado el 16 de abril de 2015.
- UE. (2006). Reglamento CE nº 1881/2006. Obtenido de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:ES:PDF> . Consultado el 16 de abril de 2015.
- UE. (2010). Contenidos máximos de determinados contaminantes. Obtenido de http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/contamination_environmental_factors/21290_es.htm . Consultado el 16 de abril de 2015.
- UJI. (2007). Lección 22. Plaguicidas. (C. d. Universitat Jaume I, Ed.) Obtenido de <http://www.agua.uji.es/pdf/leccionHQ22.pdf> . Consultado el 05 de febrero de 2015.
- Umaña, V. y Constela, M. (1984). Determinación de plaguicidas organoclorados en leche materna en Costa Rica. *Revista de la Universidad de Costa Rica*. pp 233-239.
- UN-DESA. (2014). Prospecciones de la urbanización mundial. La revisión de 2014. Tendencias. Naciones Unidas. Obtenido de Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.
- UNEP. (2009). Convenio de Estocolmo.
- UNEP-FAO. (Revisado en 2013). Convenio de Rotterdam. Texto y Anexos. UNEP-FAO.
- UNESCO. (2008). Agricultura Periurbana: las chinampas de la Ciudad de México. (D. M. Israel Sandre Osorio, Ed.) Agua y Diversidad Cultural en México. Serie Agua y Cultura del PHI-LAC(2), 67-73.

- UNESCO. (2009). Agua Cultura. Obtenido de <http://www.unesco.org/uy/phi/aguaycultura/es/paises/mexico/pueblo-xochimilcas.html> . Consultado el 04 de diciembre de 2014.
- USDA. (2015). Portal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Obtenido de <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome> . Consultado el 06 de abril de 2015.
- USEPA. (2014). Acerca de los pesticidas. Obtenido de <http://www.epa.gov/opp00001/about/index.htm> . Consultado el 17 de septiembre de 2014.
- Vega, S. (2010). Determinación y cuantificación de algunos metales pesados en suelo-agua-planta en un área de la zona lacustre de Xochimilco-Mixquic, D.F. (Tesis de Doctorado). México, D.F.: Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Villalvazo, P., Cirón, J. y Gracia. (2002). Urbano-rural, constante búsqueda de barreras conceptuales. Notas. *Revista de información y análisis*. Vol 20, pp 17-24.
- Wang, L., Chen, J., Hung, Y. y Shammas, N. (2009). Heavy metals in the environment. Boca Raton, FL: Taylor and Francis Group.
- Ware, G. (1978). The pesticide book. W. H. Freeman and Company.
- Wong, F., Alegria, H. y Bidelman, T. (2010). Organochlorine pesticides in soils of Mexico and the potential of soil-air exchange. *Environmental Pollution*. Vol 158, pp 749-755.
- Yu, H., Ni, S., He, Z., Zhang, C., Nan, X., Kong, B.n. y Weng, Z. (2014). Analysis of the spatial relationship between heavy metals in soil and human activities based on landscape geochemical interpretation. *Journal of Geochemical exploration*. No.(146), pp 136-148.
- Zacarías, M., Beltrán, M., Torres, L. y González, A. (2012). A feasibility study of perennial/annual plant species to restore soils contaminated with heavy metals. *Physics and Chemistry of the Earth*. No. (37-39), pp 37-42.
- Zavaleta, D. (2014). El proyecto Unesco-Xochimilco, en la Ciudad de México. Obtenido de <http://www.institut-gouvernance.org/es/experienca/fiche-experienca-27.html> . Consultado el 04 de diciembre de 2014.
- Zhao, Y. y Pei, Y. (2012). Risk evaluation of groundwater pollution by pesticides in China: a short review. *Procedia. Environmental science*. Vol 17(1), pp 1739-1747.

ANEXOS

ANEXO I. Preparación de Plaguicidas

Utilizando estándares de plaguicidas Organofosforados: Clorpirifus (100mg/L), Metamidophos (100mg/L), Diazinon (500mg/L), Malathion (500mg/L), Prophos (100mg/L) y Omeothoatoc (100mg/L) se realizaron diluciones con la mezcla de Acetato de Etilo- Hexano y se preparó una mezcla multielemental de concentración 500ng/ml. A partir de la mezcla multielemental se realizaron nuevas diluciones hasta obtener las siguientes concentraciones: 0.07ng/ml, 0.1 ng/ml, 0.3 ng/ml, 0.5 ng/ml, 0.7 ng/ml, 1 ng/ml, 3 ng/ml, 5 ng/ml, 10 ng/ml, 15 ng/ml, 20 ng/ml, 25 ng/ml, 50 ng/ml, 100 ng/ml. Dichas diluciones se emplearon para hacer una curva de calibración.

Utilizando una ampolleta de plaguicidas Organoclorados: I-BHC, II-BHC, III-BHC, IV-BHC, Heptacloro, Aldrín, Heptacloro epóxido, I-Endosulfan, Dieldrin, DDE, Endrín, II-Endosulfan, DDD, Endrín Aldehido, Endosulfan Sulfato, DDT, Endrín ketona y Metoxicloro; con concentración de 100mg/L, se realizaron diluciones con la mezcla de Acetato de Etilo- Hexano y hasta obtener una dilución de 500ng/ml. A partir de esta dilución se realizaron nuevas diluciones hasta obtener las siguientes concentraciones: 0.07ng/ml, 0.1 ng/ml, 0.3 ng/ml, 0.5 ng/ml, 0.7 ng/ml, 1 ng/ml, 3 ng/ml, 5 ng/ml, 10 ng/ml, 15 ng/ml, 20 ng/ml, 25 ng/ml, 50 ng/ml, 100 ng/ml; estas se emplearon para hacer una curva de calibración.

Las soluciones multielementales así como todos los puntos de la curva de calibración se agregaron a viales de 1ml previamente rotulados, y se mantuvieron en refrigeración (4°C) hasta su análisis.

ANEXO II. Preparación de curvas de calibración; Metales

Utilizando estándares de Cd, Pb, Cu, Zn, Co, V, Sn, Cr, Fe, Ni, Cr y Mn y agua destilada; se prepararon curvas de calibración de las siguientes concentraciones.

Metal	Concentración inicial del estándar [mg/l]	Puntos curva [ng/ml]
Cd		0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5 y 2
Pb		0.5, 1, 2, 3, 4 y 5
Zn		
Co		0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 1.5, 2 y 3
Fe		0,0.5,1, 2, 3, 4,5 y 6
Ni		0.005, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5, 2,3 y 5
V		0.5, 1, 2, 3, 4 y 5
Cu		0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 1, 2, 3 y 5
Mn		0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5 y 2
Cr		0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1.5, 2, 3, 5, 10 y 100

Para realizar lecturas en Horno de grafito, se utilizaron los mismos estándares pero se llevaron a las siguientes concentraciones.

Metal	Concentración inicial del estándar [mg/l]	Dilución final [mg/L]
Fe	500	20
Cu	50	25
Ni	500	50
Zn	50	2
Mn	50	10
Co	50	20
Cd	50	2 y 6
Cr	50	10
V	500	50 y 100
Pb	500	20 y 50
Sn	1000	50 y 100

Además se prepararon los siguientes modificadores para Cd, Co, Sn y Pb:

Metal	Modificador
Cd	50 µg NH ₄ H ₂ PO ₄ + 3 µg Mg(NO ₃) ₂
Co	15 µg Mg(NO ₃) ₂
Pb	50 µg NH ₄ H ₂ PO ₄ + 3 µg Mg(NO ₃) ₂
Sn	15 µg Pd+ 3 µg Mg(NO ₃) ₂

ANEXO III. Límites máximos permisibles de plaguicidas y metales en suelos establecidos por la normatividad nacional e internacional.

Tabla 4. Límite máximo permisible de plaguicidas organofosforados en suelo [ng/g].

A. Límite máximo permisible para uso residencial según el catálogo de Contaminantes orgánicos persistentes (Romero et al., 2009).

Concentración de plaguicidas organofosforados [ng/g]				
Plaguicida	Profos	Diazinon	Malation	Chlorpirifos
LMP^A	0.28	0.28	0.28	0.099

Tabla 3. Límites máximos permisibles de plaguicidas en suelo [ng/g].

- A. Límites de acción y metas de remediación (I-BHC y II-BHC), EPA (Romero et al., 2009).
 B. Criterios de limpieza tipo B: contaminantes en niveles moderados, Canadá (Romero et al., 2009).

Compuesto	LMP ^A	LMP ^B
I-BHC	280	500
II-BHC	280	500
III-BHC	500	-
IV-BHC	280	500
Heptacloro	200	500
Aldrín	40	-
Heptacloro epóxido	200	500
I-Endosulfan	-	500
II-Endosulfan	-	500
Endosulfan sulfato	-	500
Dieldrín	40	-
DDE	-	500
DDD		500
DDT	200	-
Endrín	2000	-
Endrín Aldehído	-	-
Endrín Ketona	-	-
Metoxicloro	-	500

Tabla 5. Límites máximos permisibles de metales en suelo [mg/kg].

UE. Límite máximo permitido por la Unión Europea (Belmonte et al., 2010).

CEQG. Límites para suelos de uso agrícola establecidos en Canadá (CCME, 2014).

NOM147. Concentraciones de referencia totales para uso agrícola/residencial/comercial México, basados en valores establecidos por la EPA (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004).

NF. Niveles de fondo establecidos por Morton-Bermea et al. (2009) para la ciudad de México.

Concentración [mg/kg]	Fe	Ni	Cu	Mn	Zn	V	Cr	Co	Pb	Sn	Cd
UE	-	75	140	-	300	-	-	-	300	-	-
CEQG	-	50	63	-	200	130	64	40	70	5	1
NOM147	-	1600	-	-	-	78	-	-	400	-	37
NF	-	56	32	-	76	87	105	-	19	-	-

