



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

UNIDAD ZACATENCO

**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADOS E
INVESTIGACIÓN**

**Movilidad de un plaguicida organoclorado en
un tiradero de Residuos Sólidos Municipales
en Los Altos Ayahualulco, Veracruz.**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
PRESENTA**

JESSICA MIRELES MORALES

DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE MELENDEZ ESTRADA.

MÉXICO, D.F. DICIEMBRE DEL 2010.





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D. F., siendo las 16:00 horas del día 08 del mes de diciembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A. – U. Z. para examinar la tesis titulada:
Movilidad de un plaguicida organoclorado en un tiradero de Residuos Sólidos Municipales en Los Altos Ayahualulco, Veracruz.

Presentada por el alumno:

Mireles
Apellido paterno

Morales
Apellido materno

Jessica
Nombre(s)

Con registro:

B	0	8	1	0	9	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. Jorge Meléndez Estrada

M. en C. Ricardo Contreras Contreras

M. en I. Felipe López Sánchez

M. en C. Javier Avila Moreno

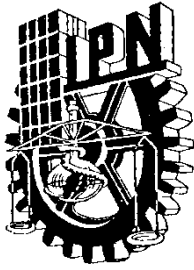
M. en C. Lucio Frágoso Sandoval

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

M. en C. Pino Durán Escamilla



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México D.F. el día 10 del mes Diciembre del año 2010, la que suscribe Jessica Mireles Morales alumna del Programa de Maestría en Ingeniería Civil con número de registro B081093, adscrito a la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura UZ, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Jorge Meléndez Estrada y cede los derechos del trabajo intitulado **“Movilidad de un plaguicida organoclorado en un tiradero de Residuos Sólidos Municipales en los Altos Ayahualulco, Veracruz.”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección jesse_mireles@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Jessica Mireles Morales

Índice

Índice de Tablas	6
Índice de Figuras	7
Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción.....	10
1.1. Justificación	11
1.2. Objetivo General	12
1.3. Objetivos Específicos.....	12
1.4. Hipótesis	12
2. Generalidades.....	14
2.1. Antecedentes históricos: uso y manejo de agroquímicos y su peligrosidad	14
2.2. Consideraciones generales suelo-plaguicida	17
a. Dinámica general de los plaguicidas en suelo	17
b. Acción, absorción y reciclado en el suelo	18
2.3. Plaguicidas.....	20
a. Plaguicidas Organoclorados	21
b. Endosulfán y sus metabolitos	23
2.4. Aspectos jurídicos y normatividad aplicable	29
2.5. Estado del Arte	32
3. Características del municipio de Ayahualulco	34
3.1. Ubicación geográfica y aspectos ambientales.....	34
Hidrografía.....	35
Clima	35
Principales Ecosistemas	35
Características de Uso del Suelo	35
3.2. Perfil socio demográfico	35
Grupos Étnicos	35
Evolución Demográfica	35
3.3. Infraestructura Social y de Comunicaciones.....	36
3.4. Actividad económica	37
3.5. Problemática de Ayahualulco: cultivos, plagas, manejo de agroquímicos y su disposición final.....	38

4. Materiales y métodos	42
4.1. Revisión bibliográfica y documental	43
4.2. Selección y reconocimiento de la zona de estudio	43
4.3. Evaluación de prácticas agrícolas con el de uso de plaguicidas organoclorados en Ayahualulco	43
Evaluación de prácticas agrícolas para el de uso de	44
plaguicidas organoclorados en Ayahualulco	44
4.4. Levantamiento topográfico	45
4.5. Muestreo de suelo.....	46
4.6. Curvas de calibración.....	47
4.7. Extracción, purificación y cuantificación del plaguicida en suelo	48
4.8. Caracterización del suelo	49
4.9. Interpretación de los análisis realizados.....	51
4.10. Discusión de resultados	51
5. Resultados	52
5.1. Prácticas agrícolas para el de uso de plaguicidas organoclorados en Ayahualulco	52
5.2. Topografía del tiradero a cielo abierto y ubicación de los puntos de muestreo.....	54
5.3. Determinación de propiedades de los suelos	55
5.3.1 Textura.....	55
5.3.2 Densidad real, aparente y porosidad.....	57
5.3.3 Humedad a capacidad de campo	62
5.3.4 Materia orgánica	64
5.3.5 Nitrógeno orgánico	66
5.3.6 Fósforo disponible en suelos (P)	68
5.3.7 Capacidad de Intercambio Catiónico.....	70
5.3.8 pH, técnica de Bates	72
5.4. Determinación de plaguicidas en suelo	74
6. Discusión.....	75
7. Conclusiones y recomendaciones	78
Bibliografía.....	79

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Efectos negativos del uso excesivo de plaguicidas	16
Tabla 2.2. Clasificación de plaguicidas	20
Tabla 2.3 Características fisicoquímicas de los plaguicidas	23
Tabla 2.4 Solubilidad del endosulfán en diferentes compuestos	26
Tabla 2.5 Características del endosulfán y sus metabolitos	27
Tabla 2.6. Aspectos jurídicos relacionados con el manejo de envases vacíos	31
Tabla 3.1. Censo de servicios públicos existentes en Ayahualulco	36
Tabla 3.2. Población Económicamente Activa por Sector Productivo.....	38
Tabla 4.1. Determinación de parámetros del suelo	50
Tabla 5.1. Productos que contienen Endosulfán.	53
Tabla 5.2. Otros productos agroquímicos comúnmente usados en Ayahualulco	53
Tabla 5.3. Determinación de clase textural de muestras	56
Tabla 5.4. Clasificación de partículas del suelo.....	57
Tabla 5.5. Determinación de Densidad real (g/cm^3)	58
Tabla 5.6. Determinación de Densidad aparente (g/cm^3)	59
Tabla 5.7. Determinación de Porosidad (%).....	61
Tabla 5.9. Resultados de % de humedad a capacidad de campo	63
Tabla 5.10. Resultados de materia orgánica contenida en las muestras (%)	65
Tabla 5.11. Interpretación del contenido de MO en suelo	65
Tabla 5.12. Determinación de Nitrógeno (%).....	67
Tabla 5.13. Determinación de Fósforo mg kg^{-1}	69
Tabla 5.14. Criterios para determinar la calidad de un suelo en cuanto a su contenido de Fosforo.....	69
Tabla 5.15. Determinación de capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	71
Tabla 5.16. Determinación de pH.....	73

Índice de Figuras

Tabla 2.1. Efectos negativos del uso excesivo de plaguicidas	16
Figura 2.1 Estructura química de algunos organoclorados.....	22
Figura 2.2 Estructura química del endosulfán (EPA, s/a).	24
Figura 3.1. Localización del municipio de Ayahualulco, Veracruz.....	34
Figura 3.2. Contribución en porcentaje de los principales cultivos.	38
Figura 3.3. Consumo de agroquímicos de los principales cultivos en relación al consumo anual estimado.	39
Figura 3.4. Plagas por tipo de cultivos que afectan	39
Figura 3.5 Tiradero a cielo abierto de Ayahualulco	40
Figura 4.1. Diagrama de la metodología usada.....	42
Figura 4.2. Guía de la entrevista a agroproductores	44
Figura 4.3. Levantamiento topográfico en Ayahualulco	46
Figura 4.4. Extracción de muestras de suelo en Ayahualulco	47
Figura 4.5. Cromatógrafo de gases Hewlett Packard Modelo 5890 Series II.....	48
Figura 5.1. Papa mostrada por campesino de Ayahualulco	52
Figura 5.2. Tiradero a cielo abierto de Ayahualulco	54
Figura 5.3. Polígono del tiradero a cielo abierto de la comunidad de los Altos.....	55
Figura 5.4. Suelo de tipo Andosol	56
Figura 5.5. Determinación de Densidad real (g/cm^3) 1er. Muestreo.	58
Figura 5.6. Determinación de Densidad real (g/cm^3) 2o.. Muestreo.	59
Figura 5.7. Determinación de Densidad aparente (g/cm^3) 1er. Muestreo.	60
Figura 5.8. Determinación de Densidad aparente (g/cm^3) 2o.. Muestreo.	60
Figura 5.9. Determinación de porosidad (%) 1er. Muestreo.	61
Figura 5.10. Determinación de porosidad (%) 2o.. Muestreo.....	62
Figura 5.12. Determinación de Capacidad de Campo (%) 1er. Muestreo.	63
Figura 5.13. Determinación de Capacidad de Campo (%) 2o.. Muestreo.	64
Figura 5.14. Determinación de Materia Orgánica (%) 1er. Muestreo.....	66
Figura 5.15. Determinación de Materia Orgánica (%) 2o.. Muestreo.	66
Figura 5.16. Determinación de Nitrógeno Orgánico (%) 1er. Muestreo.	68
Figura 5.17. Determinación de Nitrógeno Orgánico (%) 2o.. Muestreo.	68
Figura 5.18. Determinación de Fosforo (mg kg^{-1}) 1er. Muestreo.	70
Figura 5.19. Determinación de Fosforo (mg kg^{-1}) 2o.. Muestreo.....	70
Figura 5.19. Determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico en (meq/100g) 1er. Muestreo.....	72
Figura 5.20. Determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g) 2o.. Muestreo.	72
Figura 5.21. Determinación de pH 1er. Muestreo.....	73
Figura 5.22. Determinación de pH 2o.. Muestreo.	74

Resumen

El presente trabajo trata sobre la caracterización de suelos contaminados con plaguicidas organoclorados en un tiradero de residuos (sin control) del municipio de Ayahualulco, en el Estado de Veracruz. Este tiradero se considera el mayor receptor de residuos de la zona y se encontró evidencia del constante desecho de envases y remanentes de plaguicidas. El municipio se dedica principalmente a la agricultura y los cultivos predominantes son maíz, papa y haba.

Se realizó un análisis por cromatografía de gas-liquido en ocho puntos de muestreo del terreno a tres niveles; superficial y a profundidad 0.5m y 1.0m., detectándose los compuestos siguientes: endosulfan I y II, alfa y beta. Se observa que a medida que descienden las curvas de nivel del terreno se presenta la mayor concentración de x, tanto a los 0.5m como a un metro de profundidad (x mg/Kg y x mg/Kg), Ejm....tuvo una concentración homogénea en los x cm (x mg/Kg).

Además bajo la norma NOM 021 SEMARNAT 2000, se realizó un análisis fisicoquímico a dichos suelos considerando los siguientes parámetros: pH, textura, densidad real y aparente, porosidad, materia orgánica; parámetros del agua en el suelo como humedad y capacidad de campo; algunos nutrientes como: nitrógeno orgánico y fosforo; así como también la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Encontrándose que en general los suelos analizados presentan un nivel medio de nutrientes y con una CIC buena (34 meq/100g), que junto con los demás parámetros analizados sugiere que en estos suelos puede llevarse a cabo un proceso de autodepuración en un mediano plazo, siempre y cuando no se siga realimentando el problema. La porosidad y textura muestran que el avance de la contaminación por infiltración es lento; debido a la textura arcillosa del suelo y la baja permeabilidad (1 x 10⁻⁹ m/seg), lo que limita la afectación de la zona.

El endosulfán reportado en este trabajo, fue considerado como candidato a nuevo Contaminante Orgánico Persistente (COP) en el Convenio de Estocolmo; sin embargo la evidencia no fue suficiente para considerarlo un nuevo COP. A nivel internacional existe una prohibición del uso del endosulfán en Europa y se está reevaluando su uso en Brasil y existe una Campaña internacional del Pesticide Action Network y RAP-AL por la prohibición mundial del endosulfán. México también cuenta con estudios que pretenden mostrar la relevancia del endosulfán y su eco toxicidad, con el fin de regular su manejo.

Abstract

This paper is about the characterization of contaminated soils with organochlorine pesticides in a waste landfill (without control) located in Ayahualulco, in the state of Veracruz. This waste landfill is considered the largest waste reservoir from the area and found consistent evidence of packaging waste and remnants of pesticides. The town is mainly engaged in agriculture and the main crops are corn, potatoes and beans.

Analysis by gas chromatography was performed in eight sampling points from the field to three levels: superficial and 0.5m y 1.0m depth, Detecting the following compounds: endosulfan I and II, alpha and beta. It is noted that as the contour lines are smaller, have the highest concentration of x, both 0.5m and one meter depth (x mg / kg y x mg / kg). Ejm ... it had a homogeneous concentration in the x cm (x mg / kg).

Also under NOM 021 SEMARNAT 2000, physico-chemical analysis was performed on these soils, considering the following parameters: pH, texture, real and apparent density, porosity, organic matter; parameters of water in the soil moisture and field capacity; some nutrients such as organic nitrogen and phosphorus; as well as Cation Exchange Capacity (CEC). Found that in general the soils analyzed have an average level of nutrients and a good CEC (34 meq/100g), together with the other parameters shows that in these soils could happen a process of self-purification in the medium term, if not continue feeding the problem. The porosity and texture show that the progress of pollution by infiltration is slow; because of the clay soil texture and low permeability (1×10^{-9} m / sec), limiting the impact on the area.

Endosulfan reported in this study, was considered as a candidate for new Persistent Organic Pollutants (POPs) in Stockholm, but the evidence was not sufficient to consider a new POP. Internationally there is a ban on the use of endosulfan in Europe, is reviewing its use in Brazil and there is an international campaign by the Pesticide Action Network and RAP-AL for a global ban on endosulfan. Mexico also has studies that attempt to show the relevance of endosulfan and its eco-toxicity, in order to regulate their use.

1. Introducción

Los organoclorados conforman un grupo de plaguicidas artificiales, su origen se remonta a la fabricación del DDT (diclorodifeniltricloroetano) en 1943. Los organoclorados son, en esencia, hidrocarburos con alto contenido de átomos de cloro y son los insecticidas más criticados por sus efectos ambientales. Su acción, como casi todos los insecticidas, es a nivel del sistema nervioso (Tricárico, 2009), generando un efecto neurotóxico que, en la dosis correspondiente, conlleva a la muerte. Sus características principales son su persistencia y los efectos **bioacumulativos**, estas características lo posicionan en desventaja con los organofosforados.

La contaminación de suelo y agua por residuos de plaguicidas, puede perturbar el balance de los sistemas ecológicos, lo cual plantea la necesidad de realizar análisis de residuos de plaguicidas en éstas componentes ambientales. Estos análisis son reconocidos por su complejidad, dadas las diferentes propiedades físicas y químicas de los plaguicidas en el ambiente y la composición de la matriz de la muestra.

En Ayahualulco, más del 42% de la superficie municipal está dedicada a la agricultura de temporal (INEGI, 2008), es por esa razón que se ha promovido el uso desmedido de plaguicidas, lo que ha provocado una contaminación ambiental no cuantificada; este fenómeno establece la clara necesidad de realizar análisis y caracterización de sitios donde se presenta este inconveniente. En torno a esto, encontramos un problema de igual relevancia, como lo es, la disposición final de los agroquímicos residuales y de los envases que los contienen. Existe clara evidencia de que estos residuos caracterizados como peligrosos, son confinados en un tiradero a cielo abierto en Los Altos, destinado a la disposición de residuos sólidos municipales. Este fenómeno se ha venido desarrollando de forma cotidiana desde 5 años atrás cuando se compro el predio por las autoridades municipales.

Los cultivos típicos en el municipio, son el maíz, haba y la papa. Los diferentes envases encontrados en el sitio son: **fertilizantes** foliares, insecticidas y herbicidas predominantemente. Este estudio analiza los organoclorados en la matriz suelo del tiradero, haciendo una caracterización de plaguicidas en la zona de estudio.

1.1. Justificación

La agricultura en Ayahualulco es una actividad productiva predominante en la zona, y tiene un gran valor social y cultural, debido a que se encuentran involucradas familias campesinas, integradas por parejas, hijos u otros familiares quienes siembran cultivos tradicionales como el maíz, la papa, y otros tubérculos, granos y cereales. A nivel económico, la agricultura representa para estas familias campesinas un medio de vida y de sustento económico, ya que la producción sirve para el autoconsumo familiar en pequeños agricultores; y en medianos y grandes agricultores para el comercio en mercados locales y foráneos (RAAA, 2009).

En el aspecto ambiental, actualmente la agricultura es una actividad que contribuye a la contaminación, debido a una serie de elementos que producen degradación de los suelos, contaminación del agua y aire, y que están directamente relacionados con una serie de problemas en la salud de la población expuesta a las sustancias tóxicas que se utilizan para el control de plagas; asimismo de la reducción de la microfauna del suelo y de poblaciones de animales silvestres.

Las malas prácticas empleadas por los agricultores, y la toxicidad del plaguicida durante y después de su uso provoca una serie de impactos en la salud de los agricultores de manera inmediata (intoxicaciones agudas) y a largo plazo (intoxicaciones crónicas) (SEMARNAT, 2008). Sin embargo, también se genera de manera no intencionada la contaminación por malas prácticas de disposición final de los envases de plaguicidas, la primera es la quema de envases en el campo, lo que genera la emisión de dioxinas y furanos, sustancias altamente cancerígenas. En segundo lugar es necesario mencionar el problema de envases abandonados y por último tenemos aquellos envases depositados en tiraderos para residuos sólidos municipales como sucede en Ayahualulco.

De los tres problemas antes mencionados, la quema y el abandono podrían ser catalogados como contaminación dispersa; sin embargo bajo esta perspectiva la disposición en el tiradero, significa un fenómeno de contaminación que se ve incrementada día con día. De aquí nace la importancia de evaluar el aporte de estos contaminantes en el sitio de disposición final, para posteriormente proponer alternativas que mitiguen este problema ambiental.

En el municipio existen tres tiraderos a cielo abierto en los cuales se estima la generación anual de 5000 toneladas de residuos sólidos (INEGI, 2008), todos presentan la misma situación. En esta tesis sólo se analiza el tiradero de la Comunidad de Los Altos, el motivo de escoger esta zona fue que se encuentra en una de las localidades de mayor importancia y en una zona con una elevación de 2783 msnm.

1.2. Objetivo General

Determinar la movilidad del plaguicida Organoclorado Endosulfán en un tiradero de Residuos Sólidos Municipales en Ayahualulco, Veracruz.

1.3. Objetivos Específicos

- Evaluar las prácticas del uso de plaguicidas organoclorados en las zonas ejidales que depositan sus residuos en el tiradero.
- Determinar el tipo y principales características fisicoquímicas del suelo.
- Determinar las concentraciones del plaguicida organoclorado en suelo.
- Proponer alternativas para la mitigación de los efectos adversos de plaguicidas a corto, mediano y largo plazo en la zona de estudio y franjas aledañas impactadas.

1.4. Hipótesis

Si el plaguicida organoclorado “Endosulfán” no está siendo degradado y/o asimilado en los estratos superficiales del tiradero, entonces este muestra un desplazamiento vertical u horizontal en la matriz sólida.

Evaluando las prácticas del uso de plaguicidas en zonas ejidales cercanas al tiradero; caracterizando físico químicamente a estos suelos y determinando las concentraciones de Endosulfán en las muestras obtenidas; se podrá proponer alternativas que mitiguen los efectos adversos de estas sustancias a corto, mediano y largo plazo

La evaluación de las prácticas del uso de plaguicidas en zonas ejidales cercanas al tiradero en conjunto con la caracterización fisicoquímica y la cuantificación del plaguicida endosulfán en las muestras de suelo;

permitirá proponer alternativas que mitiguen los efectos adversos de estas sustancias a corto, mediano y largo plazo.

2. Generalidades

2.1. Antecedentes históricos: uso y manejo de agroquímicos y su peligrosidad (Albert, 2004)

En México se han usado plaguicidas agrícolas desde fines del Siglo XIX; sin embargo, la aplicación intensiva de plaguicidas sintéticos se inició en

Para ‘modernizar’ la agricultura mexicana la Fundación Rockefeller dio financiamiento para que las principales escuelas de agronomía del país hicieran énfasis en los principios básicos de esta Revolución como la base de la productividad agrícola, entre ellos, el monocultivo de especies híbridas de alto rendimiento, la mecanización de la agricultura y el uso intensivo de plaguicidas sintéticos y **fertilizantes**. El gobierno mexicano contribuyó de manera eficaz otorgando fuertes subsidios a los insumos.

Las consecuencias del **DDT** se hicieron evidentes y tuvieron que pasar casi cuarenta años antes de que se empezaran a formar agrónomos más conscientes de los problemas asociados con estos productos y menos convencidos de las bondades de dicha Revolución y para que las autoridades empezaran a reconocer los riesgos que sus métodos presentan para el ambiente y para la salud de aplicadores y consumidores, sin contar con que la gran mayoría de los plaguicidas se han usado para cultivos de exportación, o no alimentarios como algodón y tabaco.

Actualmente la tierra disponible para la agricultura es cerca del 12% de la superficie total del país; los cultivos más importantes son maíz, frijol, sorgo, trigo, cebada, papa y hortalizas. En gran medida, la estructura agraria todavía está basada en el ejido y la pequeña propiedad; de acuerdo con cifras oficiales, en el 2004, la población dedicada a la agricultura es alrededor de 7 millones de personas; sin embargo, a esta cifra habría que agregarle la población rural en su conjunto que también puede estar expuesta a los plaguicidas y que se calcula en 25.4% de la población del país. La contribución del trabajo agrícola al Producto Interno Bruto pasó de cerca de 5% en 1995 hasta 3.5% en 2003, lo que prueba que esta actividad no está aportando al desarrollo del país.

De hecho, la agricultura mexicana ha estado en crisis por largo tiempo y México es cada día más dependiente de la importación de alimentos; al mismo tiempo, hay evidencias importantes, aunque escasas, de una grave contaminación derivada de los plaguicidas, que no sólo afecta al

ambiente, sino a la salud de jornaleros y consumidores, y eventualmente puede tener un impacto negativo sobre las exportaciones de alimentos hacia países con regulaciones estrictas y mecanismos de verificación eficientes.

Según los datos disponibles, actualmente las regiones con mayor uso de plaguicidas son: Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México, Puebla y Oaxaca. Se calcula que en ellas se aplica el 80 % de total de plaguicidas usados en el país, lo que comprueba que el uso de plaguicidas tiene una fuerte concentración en algunas regiones y algunos cultivos.

Aunque esto varía según el cultivo, en términos generales los plaguicidas de mayor uso son los herbicidas, seguidos de insecticidas y fungicidas. Así, los herbicidas ocupan los lugares 1, 2, 4 y 7 de los 9 plaguicidas de mayor venta; entre ellos, destacan paraquat y glifosato que desde hace años se disputan el primer lugar de ventas. Entre los insecticidas, los más usados son los organofosforados, en especial, paratión metílico, metamidofós y malatión. También tienen importancia algunos fungicidas como mancozeb y clorotalonil.

En las zonas noroeste y centro (Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Baja California, Guanajuato y Jalisco) se consumen cantidades importantes de plaguicidas de todo tipo para producir granos y una gran variedad de hortalizas de exportación, entre ellas, tomate, **cucurbitáceas** y chile. Por su parte, en las zonas cañeras se aplican grandes cantidades de herbicidas e insecticidas, las zonas de plátano consumen principalmente fungicidas y en la zona de Villa Guerrero, en el Estado de México, se utilizan cantidades importantes de diversos plaguicidas para la producción de flores, mientras para el maíz se aplican sobre todo herbicidas. En este momento se puede afirmar que prácticamente no hay un agricultor en México que no use uno o más tipos de plaguicidas, usualmente en un contexto de falta de asesoría técnica y de medidas de protección insuficientes, inadecuadas, o nulas.

Aunque en el cultivo de maíz se usan cantidades importantes de plaguicidas, tomando en cuenta la superficie dedicada a éste, en comparación con la dedicada a otros cultivos, se encuentra que la relación plaguicidas/ha es mayor para las hortalizas (aproximadamente 35 Kg/ha), que para el maíz (aproximadamente 3.5 kg/ha). Aunque habría que tomar en consideración el tipo de plaguicidas que se usan en uno y otro caso, esta diferencia en las relaciones significa que la

exposición y el riesgo de los trabajadores de los cultivos de hortalizas puede ser hasta 10 veces más que para los que cultivan maíz.

Ahora bien, ¿cuáles son los efectos negativos asociados a este uso excesivo de plaguicidas? Al ser desarrollados para eliminar plagas, los plaguicidas son sustancias químicas de alto poder tóxico, capaces de matar insectos, hongos y animales, entre ellos al hombre. Por eso, deben ser manejados con extrema precaución. Las consecuencias negativas de su uso se presentan en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1. Efectos negativos del uso excesivo de plaguicidas

Efectos indeseados para la salud humana	<p>Intoxicación de personas por exposición directa o indirecta a plaguicidas.</p> <p>Se produce por exposición laboral y en el hogar debido a usos y aplicaciones incorrectos, falta de medidas preventivas y de protección, almacenamiento inadecuado, reutilización de envases y fumigaciones aéreas. Se han detectado residuos de organoclorados y organofosforados en personas donde la única probabilidad de encuentro con plaguicidas es por ingestión. Las preparaciones acaricidas o insecticidas, como las lociones piojicidas con lúndano utilizadas en humanos, son una vía adicional de contaminación y pueden además potenciar otros agentes nocivos.</p> <p>Los efectos indeseados producidos dependen del plaguicida, la dosis, la vía y el tiempo de exposición.</p>
Efectos sobre el ambiente	<p>Generación de organismos resistentes</p> <p>Al aparecer resistencia en la especie a combatir se requiere el incremento de las cantidades necesarias de plaguicida o la sustitución por agentes más tóxicos para lograr controles efectivos.</p> <p>Persistencia ambiental de residuos tóxicos</p> <p>Los organoclorados son un ejemplo de persistencia ambiental pues permanecen en los suelos sin degradación significativa hasta 30 años después de aplicados. Esa permanencia favorece la incorporación a las cadenas tróficas, la acumulación en los tejidos grasos humanos y animales y la biomagnificación.</p> <p>Contaminación de suelo y recursos hídricos</p> <p>La contaminación de los cursos de agua se produce en forma directa por la aplicación de plaguicidas en las aguas (arrozales), por lavado de envases o equipos y por descarga de remanentes y residuos. Es igualmente importante la contribución indirecta producida por lixiviación (infiltración) de productos, caída por desniveles y por contaminación de suelos. Las aguas contaminadas expanden el tóxico a la flora y fauna produciendo la muerte de especies, el aumento de la intoxicación humana, la pérdida del curso de agua como recurso utilizable y la probable contaminación de las reservas hídricas.</p> <p>Degradación de la flora y fauna.</p> <p>La aplicación sistemática de plaguicidas altera los equilibrios existentes en las cadenas tróficas normales al causar la desaparición o disminución de los enemigos naturales de distintas plagas, de descomponedores de materia orgánica, de incorporadores de nitrógeno y de otras especies vitales para el ambiente como por ejemplo los polinizadores. Además de destruir recursos genéticos y farmacológicos conocidos y otros aún no develados, el empobrecimiento de la biodiversidad puede conducir a la proliferación de las especies antagónicas de aquellas extinguidas, provocando nuevos desequilibrios ecológicos y nuevas plagas.</p>

Fuente: Olivera y Rodríguez-Ithurralde, s/a.

Un problema relacionado con el uso de plaguicidas, y que también plantea un riesgo ambiental y de salud importante, es el de los envases vacíos; algunos datos indican que el total de estos envases puede ser de unas 7 mil toneladas anuales en nuestro país, la gran mayoría de las cuales queda dispersa en los campos y es fuente de riesgo ambiental y de salud.

Varios sectores son responsables de que el uso y manejo de los plaguicidas fuera correcto. Estos sectores incluyen a las autoridades de todo nivel, productores e importadores, comercializadores, agricultores grandes y pequeños, trabajadores y consumidores. Sin embargo, a pesar de la importancia, los niveles de acción e investigación en este tema son muy pobres y queda mucho por hacer.

2.2. Consideraciones generales suelo-plaguicida (Seoánez Calvo, 2000)

a. Dinámica general de los plaguicidas en suelo

Al añadir un plaguicida a una zona agraria, gran parte del producto se pierde y se vierte al suelo. Asimismo. Parte de lo recogido sobre las hojas es arrastrado por el viento o por las precipitaciones, apareciendo finalmente en el suelo. El resultado es una acumulación de estos productos sobre el suelo en cantidades elevadas (del orden del 60% del total utilizado), lo que hace que planteen cierta peligrosidad y provoquen alteraciones sobre la microfauna del suelo y toxicidad sobre ciertos vegetales, sobre todo aquellos que son más **persistentes**.

Los plaguicidas no se presentan de forma homogénea en el suelo, sino que aparecen más concentrados en la superficie, pero sin un reparto uniforme. En general, su zona de acción se ejerce hasta una profundidad de unos 30 ó 40 cm, aunque cerca del 50% del plaguicida vertido permanece a menos de 2.5 cm.

Frecuentemente, al añadir un plaguicida, se produce un aumento en el contenido de nutrientes debido a la intensificación de las descomposiciones de la materia orgánica y a los microorganismos que mueren.

A veces ciertos productos convierten elementos del suelo como Cobre (Cu) y el Manganeso (Mn) en asimilables, produciendo intoxicación de lagunas especies; en otras, elementos como el Cobre (Cu) y el Arsénico (As) suelen formar compuestos insolubles, pero si el suelo es ácido, pueden llegar a ser asimilables produciendo cierta toxicidad.

Los metabolitos del bromuro de metilo y de otros productos pueden originar aumentos en el contenido de bromuro del suelo, provocando alteraciones en el crecimiento de los vegetales.

El equilibrio biológico se ve alterado principalmente por los fungicidas y otros productos utilizados directamente en el tratamiento del suelo, pues provocan una esterilización más o menos intensa, según sea el volumen del plaguicida vertido y su grado de toxicidad. La esterilización depende también del tipo de pH del suelo y de la temperatura.

En lo que se refiere a herbicidas o insecticidas, normalmente no suelen plantear problemas a los microorganismos del suelo, a no ser que se vierta en dosis excesivas. Por ejemplo, los insecticidas Aldrín, Clordano, DDT, Dieldrín, Eldrín, Endrín, Heptacloro, Lindano y Toxafeno en dosis de 1 a 20 kg/ha, cinco veces al año, no producen alteraciones en los hongos y bacterias del suelo después de cinco años de aplicación.

Los plaguicidas organofosforados no plantean en un principio, problemas en los microorganismos del suelo, siempre que su dosis no sea tan excesiva.

b. Acción, absorción y reciclado en el suelo

Los plaguicidas son absorbidos inicialmente muy deprisa, haciéndose más lento el proceso poco después, puesto que, los vegetales absorben los productos y los microorganismos los degradan, una vez que se han incorporado al suelo después de las pérdidas por evaporación y arrastre.

La incorporación de los plaguicidas al medio depende básicamente de la naturaleza del producto, de las características del suelo y de ciertos factores externos a saber:

- **Naturaleza del producto.** La composición del plaguicida es un factor que influye fundamentalmente sobre su persistencia en el suelo.

Los factores que caracterizan a un plaguicida son:

Estructura química. Los compuestos de estructura estable son los más **persistentes**.

Capacidad volátil. La tensión de vapor de los plaguicidas suele ser baja, aunque no por ello se deben despreciar las pérdidas debidas a la volatilización.

En ella influyen:

- Las temperaturas elevadas
- Altas concentraciones
- Humedad del aire superior a la del suelo
- Movimiento del aire (vientos y turbulencias)

Solubilidad. Generalmente son poco solubles debido a sus características de uso, sobre todo los organoclorados, lo que está relacionado con su persistencia, como ya se ha indicado.

Dosis. Las dosis bajas desaparecen antes.

Formulación. La penetrabilidad y persistencia pueden verse influidas según sea la presentación del producto en emulsión, polvo granulado, etc., sobre todo inicialmente.

-Características del suelo. Como es natural, la evolución de un plaguicida en el suelo depende del propio suelo, pues el pH, la estructura, la riqueza en coloides y otros factores, marcan decisivamente su persistencia. Estos factores básicos son:

Tipo de suelo. Los plaguicidas actúan más fácilmente en suelos arenosos que en suelos ricos en coloides.

Los coloides orgánicos absorben más los plaguicidas que los coloides minerales.

pH. La absorción de ciertos herbicidas aumenta al bajar el pH. Los productos organofosforados son más **persistentes** en suelos ácidos.

Estructura. Un suelo con muchos huecos de aire (estructura de granos gruesos) favorece la volatilización. En general, la estructura de un suelo puede condicionar la persistencia de un plaguicida.

Microorganismos. Como ya se ha indicado, los organismos ejercen un papel fundamental en la degradación de los plaguicidas en el suelo.

En todos los plaguicidas, pero fundamentalmente en los organofosforados, la descomposición es manifiesta, según han comprobado diversos autores.

Factores externos. Básicamente son la temperatura, las precipitaciones y la vegetación existente.

2.3. Plaguicidas

Como lo señala la EPA, un plaguicida es cualquier sustancia o **mezcla** de sustancias que tienen el propósito de: prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier tipo de plaga animal o vegetal. El término plaguicida incluye herbicidas, fungicidas, insecticidas, acaricidas, entre otros (EPA, 2009).

Los plaguicidas son usados en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, producción de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, también se denomina plaguicida a aquellos que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos, incluyendo también a los vectores de enfermedades humanas (Lucas Viñuela, 2009).

En la Tabla 2.2 se muestra la clasificación de plaguicidas desde diferentes puntos de vista:

Tabla 2.2. Clasificación de plaguicidas

Enfoque	Clasificación
a) Según su finalidad o actividad biológica	<ul style="list-style-type: none"> - Insecticidas. Tóxicos para insectos - Acaricidas. Tóxicos para ácaros - Nematicidas. Tóxicos para nemátodos - Fungicidas. Tóxicos para hongos - Antibióticos. Inhiben crecimiento de microorganismos - Herbicidas. Atacan las malas hierbas - Molusquicidas. Eliminan los moluscos - Rodenticidas. Causan la muerte a ratones y otros roedores - Avicidas. Causan la muerte a aves - Atrayentes y repelentes de insectos
b) Por su toxicidad	<ul style="list-style-type: none"> - Supertóxicos. DL 50 < 5 mg / kg - Extremadamente tóxicos. DL 50 5 – 50 gr / kg - Muy tóxicos. DL 50 50 – 500 gr / kg - Moderadamente tóxicos. DL 50 500 – 5 000 mg / kg - Ligeramente tóxicos. DL 50 5 – 15 gr / kg - Prácticamente no tóxico <p style="margin-left: 20px;">DL 50 = Dosis letal media = cantidad de plaguicida que causa muerte a 50% de la población.</p>
c) Por su naturaleza química	<ul style="list-style-type: none"> - Organoclorados. Son insecticidas, herbicidas, fungicidas - Organofosforados. Insecticidas - Carbamatos. Insecticidas. Herbicidas

- Derivados de la urea. Herbicidas
- Compuestos heterocíclicos. Herbicidas
- Compuestos inorgánicos. Acciones diversas

d) Plaguicidas biológicos

En los últimos años se han lanzado al mercado productos que actúan como plaguicidas, aun cuando su naturaleza es esencialmente biológica, como el caso del *Bacillus thuringiensis* (Bt), y algunos baculovirus que ayudan a combatir plagas de lepidóptera (polillas). Causando la destrucción de larvas y/o adultos.

Fuente: Farrera, 2004.

El término plaguicida según la OMS, incluye también los siguientes tipos de sustancias: reguladores del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de la fruta, agentes para evitar la caída prematura de la fruta (CEPIS-OPS-OMS, 2000).

Desde el punto de vista de la toxicología, es importante señalar que las formulaciones de plaguicidas además del principio activo incluyen sustancias transportadoras, diluyentes como agua o solventes orgánicos, aditivos e impurezas, que pueden tener potencial tóxico por sí mismas.

El análisis de plaguicidas puede clasificarse en diversas áreas:

- Forense
- Diagnóstico de urgencia
- Control de poblaciones expuestas y no expuestas
- Contaminación ambiental

Por ejemplo, si el plaguicida fuera la causa de alguna muerte, se encontrará en alta concentración, al igual que en una intoxicación aguda grave. En las dos últimas áreas se trabaja con muestras con niveles muy bajos de plaguicidas (menores de 0,1 ppm), se habla de “residuos” de plaguicidas. De todos ellos comúnmente se estudian los insecticidas organoclorados, organofosforados y carbamatos, por ser los más utilizados actualmente y producir efectos tóxicos muy característicos (UNLP, s/a).

a. Plaguicidas Organoclorados (UNLP, s/a)

Desde el punto de vista estructural, constituyen un grupo de sustancias, muy heterogéneo, teniendo en común la presencia de estructuras monocíclicas o policíclicas con distinto número de sustituyentes cloro. Incluyen varios grupos:

a) Grupo de los Ciclodienos: Aldrín y su epóxido, el Dieldrín, Mirex

- b) Grupo del DDT (dicloro-difenil-tricloroetano): p-p'-DDT, o-p'-DDT, p-p'-Metoxiclor.
- c) Grupo del Hexaclorociclohexano (HCH) y Hexaclorobenceno(HCB): HCH, γ -HCH, HCB.
- d) Grupo de los indenos clorados: hepatacloro, α -Clordano.
- e) Grupo de los terpenos clorados: Toxafeno.

A continuación en la Figura 2.1 se muestran las estructuras de los grupos antes citados.

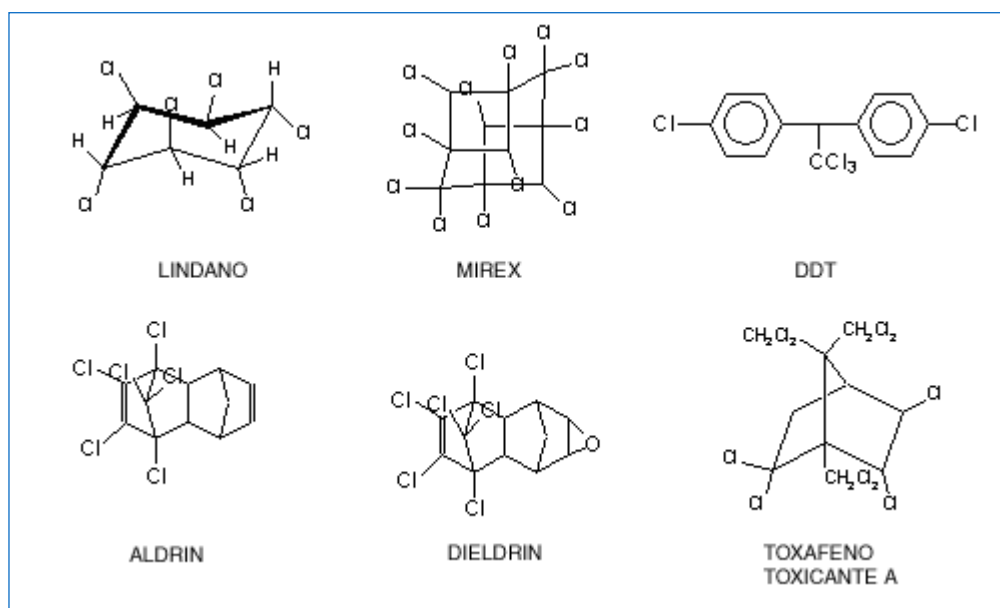


Figura 2.1 Estructura química de algunos organoclorados.

Las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas en general son las determinantes de su cinética ambiental. El aire, el agua, el suelo y los alimentos retienen gran parte de los plaguicidas y éstos llegarán a los seres vivos. Constituye un problema actual su persistencia en el medio ambiente, su concentración y transformación en organismos vivos.

A continuación en la Tabla 2.3, se muestran las características fisicoquímicas de los plaguicidas organoclorados, comparados con las características de los organofosforados. Es aquí donde podemos dar cuenta de la peligrosidad de estas sustancias. Es de destacar que los organoclorados tienen un efecto **bioacumulativo** muy grande y poseen alta persistencia.

Tabla 2.3 Características fisicoquímicas de los plaguicidas

Característica	Organofosforado	Organoclorado
Estabilidad	muy baja	elevada
Persistencia	baja	alta
Efectos bioacumulativos	no posee	muy grande
Toxicidad aguda	alta	baja
Solubilidad en agua	alta	baja
Hidrofobicidad	bajo	alto
Costo	alto	bajo
Selectividad	alta	baja

Fuente: UNLP, s/a.

La absorción de los organoclorados se da por vía digestiva principalmente; a través de la piel cuando están en solventes lipídicos y a través de la vía respiratoria por su aplicación en forma de pulverizaciones. Además poseen acción **neurotrópa**, aunque no se conoce bien el mecanismo sobre el sistema nervioso. A largo plazo, **inducen las enzimas microsomales hepáticas**; son inductores en cantidades residuales, del orden de las que pueden estar acumuladas en el tejido adiposo.

Los organoclorados en el hombre, al igual que en el medio ambiente, se degradan lentamente y tienen una gran afinidad por los tejidos grasos. Estas cantidades acumuladas en grasas preocupan, pues, en el caso de adelgazamiento brusco pasan a la circulación general y producen síntomas de intoxicación.

Preocupa también, porque pasan en cantidades considerables a la grasa de la leche. Los recién nacidos se pueden ir contaminando, debido a los residuos de plaguicida presentes en su alimento natural.

b. Endosulfán y sus metabolitos

El endosulfán fue desarrollado a principios de la década de los 50's, comenzó a comercializarse por la empresa Bayer y su uso en hogares y jardines estaba determinado con un acuerdo con la EPA, pero a partir del 2002 la EPA permite que el endosulfán siga en el mercado pero impone restricciones en sus usos en la agricultura (CAMEO Chemicals, 2009).

A partir de junio del 2006 es prohibido en la Unión Europea y en el 2007 Bayer retira sus productos de endosulfán de EU, a partir de ese año

varios países restringen o prohíben el uso de endosulfán y en el 2009 Nueva Zelanda prohíbe su uso (CAMEO Chemicals, 2009).

En cuanto a la regulación Internacional del Endosulfán, tenemos que (Bejarano, 2008):

- Prohibido en 47 países
- Restringido en 23 países
- Prohibido en la Unión Europea en junio de 2006
- Retirado por Bayer en EU a partir del 2007
- Reevaluación en USA, Brasil y Uruguay en 2007

El plaguicida endosulfán está formado por cristales sólidos de color café, y tiene un olor picante. Es tóxico por inhalación, absorción de la piel o ingestión. No es combustible, pero el líquido puede serlo en un punto cerca de los 200°F.

En general es una mezcla de isómeros, es un organoclorado de un sulfuro ácido (éster) derivado de un diol cíclico. Es usado como un insecticida y acaricida. A continuación en la Figura 2.2 se muestra la estructura química de esta sustancia.

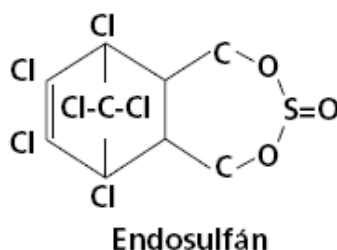


Figura 2.2 Estructura química del endosulfán (EPA, s/a).

Es un compuesto halogenado alifático o compuestos alcalinos cíclicos, por tanto se les considera de moderado a muy reactivos. La reactividad generalmente disminuye con el incremento del nivel de sustitución de halógenos por átomos de hidrógenos.

Como endosulfán tiene una tasa de sustitución alta, sin embargo, puede ser resistente a las reacciones. El Endosulfán como mezcla (líquida) y por sus características de éster puede ser incompatible con aminas, nitruros, azo y diazocompuestos, metales alcalinos, y epóxidos. Igualmente, puede ser hidrolizado para formar dióxido de sulfuro y diol; la reacción es más rápida bajo condiciones básicas. Los materiales de este grupo son incompatibles con fuertes agentes oxidantes y reductores.

Algunas de las características relevantes del Endosulfan se describen a continuación.

Pertenece a los siguientes grupos de reactivos:

Ésteres

Compuestos orgánicos halogenados

Hidrocarburos alifáticos insaturados

Riesgo en la salud:

Endosulfán como mezcla. Altamente tóxico, puede ser fatal si se inhala, ingiere o se absorbe a través de la piel. El contacto con la sustancia derretida puede causar severas quemaduras a los ojos y la piel. Se debe evitar cualquier contacto con la piel. Es considerado como muy tóxico, la dosis oral letal probable es 50 a 500 mg/kg.

Si se incendia puede producir gases corrosivos y / o tóxicos irritantes.

Usando agua para el control del incendio o realizando cualquier dilución con agua puede ser corrosivo y / o tóxico y causar contaminación.

Riesgo de incendio:

No es combustible, la sustancia por sí sola no arde pero puede descomponerse con el calor para producir gases corrosivos y/o tóxicos. Los contenedores pueden explotar cuando se calientan. Las aguas residuales pueden contaminar corrientes de agua.

Persistencia e impactos al ambiente (INE, s/a):

El endosulfán es un plaguicida de tipo: Insecticida y Acaricida, sus usos son agrícolas e industriales.

Durante su aplicación es emitido al aire, en el cual puede viajar largas distancias asociado a las partículas.

En el suelo es moderadamente **persistente** (vida media de 50 días), sobre todo a pH ácido. El α -Endosulfán es menos persistente que el β -Endosulfán, con períodos de degradación a pH neutro que duran 35 y 150 días respectivamente. Ambos isómeros son relativamente resistentes a la fotólisis, no así sus productos de degradación (sulfato de Endosulfán y diol Endosulfán). La fracción disponible en suelos es degradada biológicamente en semanas, formando sulfato de Endosulfán

como el metabolito más importante, el cual es relativamente estable y persistente.

Por su parte, la fracción adsorbida a las partículas puede persistir por años y es poco propensa a lixiviarse hasta las aguas subterráneas. Su vida media en el agua es de 4 días, sobre todo con exposición solar; no obstante, su degradación puede prolongarse significativamente bajo condiciones anaeróbicas y pH ácido. En agua el principal metabolito formado es el diol Endosulfán. En este medio es susceptible de sufrir una hidrólisis lenta.

En muchos organismos (moluscos, algas, peces y mamíferos) expuestos a concentraciones subletales de este plaguicida, se acumula hasta alcanzar una fase estacionaria; sin embargo, no persiste en sus tejidos una vez que desaparece la fuente de exposición, ya que es metabolizado rápidamente por el hígado y riñón para ser eliminado del cuerpo. En las plantas es transformado a sulfato. En la mayoría de las frutas y vegetales, 50% de sus residuos desaparecen en 3 a 7 días.

Es extremadamente tóxico para peces e invertebrados acuáticos. Algunas concentraciones máximas recomendadas son:

- La EPA recomienda que la cantidad de endosulfán en ríos, lagos y arroyos no exceda 74 partes por billón (74 ppb).
- La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) no permite más de 24 partes de endosulfán por millón (24 ppm) en té seco.
- La EPA no permite más de 0.1 a 2 ppm de endosulfán en otros productos agrícolas crudos.

En cuanto al nivel de solubilidad del endosulfán en diferentes compuestos puede apreciarse en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4 Solubilidad del endosulfán en diferentes compuestos

Compuesto	Solubilidad
Agua	60–100 µg/L
Diclorometano	65 g/L
Etanol	65 g/L
Acetato de etilo	200 g/L
Hexano	24 g/L
Tolueno	200 g/L
Acetona	262 g/L
Benceno	333 g/L
Tetracloruro de carbono	460 g/L
Cloroformo	746 g/L
Etanol	40 g/L
Queroseno	164 g/L

Metanol	89 g/L
Xileno	388 g/L

Fuente: ATSDR, 2000.

Otras características importantes de esta sustancia son: su vapor de presión que es igual a 25 EC 1x10⁻⁵ mmHg, y sus coeficientes de partición que se muestran a continuación:

- Log Kow: 3.55 y 3.62
- Log Koc: 3.5

El endosulfán presenta una vida media de 50 días en el suelo, pero su metabolito α -Endosulfán presenta una persistencia de 60 días, en cambio el β -Endosulfán tiene una vida media de 800 días. En el agua la peristencia del endosulfán es de 35 a 160 días.

Se descubrió que el endosulfán es tóxico para las lombrices de tierra, en las que causa una reducción significativa de la tasa de crecimiento y del contenido total de proteínas. Para los mamíferos el isómero alfa es más neurotóxico y su toxicidad aguda es más de tres veces superior a la del isómero beta (Harikrishnan y Usha, 2004).

El tiempo que tarda el endosulfán en degradarse en el suelo es de 30 a 70 días aproximadamente (Bejarano, 2008).

La toxicidad aguda del endosulfán para los humanos es de 35 mg/kg. La dosis de referencia aguda de la EPA para exposición de la dieta al endosulfán es 0.015 mg/kg para adultos y 0.0015 mg/kg para niños. Si se trata de exposición crónica, la dosis de referencia de la EPA son 0.006 mg/(kg-día) para adultos y 0.0006 mg/(kg-día) para los niños (Wikipedia).

El Endosulfán tiene un alto nivel de hidrofobicidad, es por esto que no se disuelve en agua. Como se muestra en las características del endosulfán y sus metabolitos en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Características del endosulfán y sus metabolitos

CARACTERISTICAS	ALFA –ENDOSULFAN	BETA – ENDOSULFAN	SULFATO DE ENDOSULFAN
Numero ONU		2761	
Número CAS	959-98-8	33213-65-9	1031-07-8
Reacciones en agua & aire	Insoluble en agua. Lenta hidrólisis para formar dióxido de sulfuro y diol.	Insoluble en agua. Reacciona lentamente con agua para generar dióxido de sulfuro.	Insoluble en agua.

Formula molecular	C9H6Cl6O3S		C9H6Cl6O4S
Punto de fusión	226-230 °F	406-410 ° F ó 208-210°C.	358.0 °F
Peso Molecular	406.95		N.D.
Nombres químicos alternativos	<ul style="list-style-type: none"> • 5-NORBORNENE-2,3-DIMETANOL, 1,4,5,6,7,7-HEXACLORO-, SULFITO CICLICO, ENDO- • A-ENDOSULFAN • ALFA-ENDOSULFAN • ALFA-BENZOEPIN • ALFA-THIODAN • BETA-THIONEX • ENDOSULFAN 1 • ENDOSULFAN A • ENDOSULFAN I • THIODAN I 	<ul style="list-style-type: none"> • 5-NORBORNENE-2,3-DIMETANOL, 1,4,5,6,7,7-HEXACLORO-, SULFITO CICLICO, EXO- • B-ENDOSULFAN • BETA-ENDOSULFAN • BETA-BENZOEPIN • BETA-THIODAN • ALFA-THIONEX • ENDOSULFAN 2 • ENDOSULFAN B • ENDOSULFAN II • THIODAN II 	<ul style="list-style-type: none"> • 5-NORBORNENE-2,3-DIMETANOL, 1,4,5,6,7,7-HEXACLORO-, SULFITO CICLICO • SULFATO DE THIODAN • SULFATO DE BENZOEPIN • SULFATO CICLICO DE ENDOSULFAN • ENDOSULFAN III

Fuente: CAMEO Chemicals, 2009.

2.4. Aspectos jurídicos y normatividad aplicable

A continuación se describen los aspectos jurídicos relacionados con el manejo de envases vacíos de plaguicidas en México, estos se encuentran determinados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente que indica las regulaciones jurídicas relacionadas a este tema, incluyendo además de los envases vacíos a los plaguicidas en sí, las características de su empaquetado y sus residuos (Art. 143) y a las autorizaciones para sus importaciones y exportaciones de residuos peligrosos (Art. 144).

En su reglamento interno, la NOM-052-SEMARNAT-2005, clasifica a los envases y tambos usados en el manejo de materiales y residuos peligrosos como fuentes no específicas.

La LGPGIR señala que, los envases vacíos que contuvieron agroquímicos o plaguicidas o sus residuos se sujetarán a los criterios establecidos en los planes de manejo, en la norma oficial mexicana correspondiente u otras disposiciones legales aplicables.

Otros aspectos jurídicos relacionados al manejo de envases vacíos son las normas oficiales de salud tales como: la NOM-044-SSA1-1993, referente al envase y embalaje, requisitos para contener plaguicidas y la NOM-045-SSA1-1993, que establece las características de las etiquetas. Es necesario señalar que en estos documentos no se señala si los envases se pueden utilizar como combustible alternativo o bien se les puede dar otro uso.

Otro elemento jurídico es el convenio firmado por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas y la AMIFAC para permitir el transporte de los envases vacíos previamente lavados tres veces como residuos no peligrosos (REMEXMAR, 2008).

Otro arreglo interinstitucional importante, es el que se refiere a la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de los Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) conformado en el año de 1987. Esta comisión que tiene atribuciones respecto a plaguicidas, **fertilizantes** y sustancias tóxicas, funge como órgano de coordinación para facilitar la gestión de los productos químicos, en aspectos relativos a la importación, exportación y registro (INE, 1995). Esta comisión también ha participado en el programa "Campo limpio", colaborando en el apoyo y realización de seminarios para la capacitación de funcionarios y jornaleros (INE, 2000).

Es necesario decir, que en la legislación vigente no se incluye al triple lavado¹ como obligatorio, salvo en el Estado de Morelos en donde la Procuraduría Agraria hace obligatorio para esa zona el triple lavado (REMEXMAR,2008).

Actualmente existen dos anteproyectos de normas para el manejo de envases vacíos, mismas que a continuación se describen (Cárdenas, 2001):

- Anteproyecto de norma que establece las especificaciones para el correcto manejo, acopio y disposición final de envases que contuvieron agroquímicos.
- Anteproyecto de norma para clorados y bifenilos que estará relacionada indirectamente con envases vacíos que alguna vez contuvieron este tipo de compuestos.

A continuación en forma de resumen en la Tabla 2.6 se muestran los aspectos jurídicos relacionados con el manejo de envases vacíos de plaguicidas:

¹ Esta estrategia es propuesta por el programa "Campo limpio" y señala que se debe de lavar el envase en la zona de aplicación, por lo menos tres veces.

Tabla 2.6. Aspectos jurídicos relacionados con el manejo de envases vacíos

Nombre	Especificaciones	Descripción
LGEEPA	Capitulo IV (Prevención y control de la contaminación del suelo) Art. 143	De las regulaciones jurídicas a las que quedan sujetas las actividades con plaguicidas incluyendo los envases vacíos, empaques y residuos.
	Art. 144	De las autorizaciones para los plaguicidas en cuanto a las restricciones arancelarias y no arancelarias de las importaciones y exportaciones de los residuos peligrosos.
Normas oficiales para la protección ambiental	Normas para el control de residuos peligrosos NOM-052-SEMARNAT-2005	Los envases están clasificados como fuentes no específicas y con un número de fuente 1.1, como envases y tambos vacíos usados en el manejo de materiales y residuos peligrosos. Anexo 3 Tabla 2 Clasificación de residuos por fuente no específica
	Anteproyecto de norma para la reducción de envases usados y residuos de envases en sitios de disposición final de los residuos sólidos municipales	Propuesta de norma que establecerá las especificaciones para el correcto manejo, acopio y disposición final de envases que contuvieron agroquímicos.
	Anteproyecto de norma para el manejo de clorados y bifenilos	Anteproyecto de norma que estará relacionada indirectamente con envases vacíos que alguna vez contuvieron este tipo de compuestos
Secretaría de salud (SSA)	NOM-044-SSA1-1993	Envase y embalaje, requisitos para contener plaguicidas
	NOM-045-SSA1-1993	Establece las características de las etiquetas de los envases de plaguicidas.
Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de los Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST)	La función de la comisión es gestionar lo referente a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.	Comisión que tiene atribuciones respecto a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. La función principal de esta comisión es como órgano de coordinación para facilitar la gestión de los productos químicos, en aspectos relativos a la importación, exportación y registro. Así como participación en el Programa "Conservemos un campo limpio"

Fuente: LGEEPA, NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-044-SSA1-1993, NOM-045-SSA1-1993, CICOPLAFEST.

En el estado de Veracruz, han sido aprobadas dos leyes para regular las funciones de organismos estatales en el marco de la reglamentación de los **fertilizantes** (incluyendo insecticidas). Estas son: la Ley que Crea el Organismo Descentralizado 'Fertilizantes de Veracruz'; y la Ley que Crea la Comisión de Comercialización de Productos Agrícolas en el

Estado de Veracruz, creadas en 1979 y 1964 correspondientemente, no han sufrido ninguna reforma hasta la fecha, su estructura está basada principalmente en la comercialización de los productos agrícolas. El estado de Veracruz es uno de los principales consumidores de productos agrícolas en el país por lo que deberían expedirse más leyes sobre el uso de los plaguicidas y **fertilizantes**, ya que las únicas dos leyes mencionadas anteriormente con las que cuenta son muy antiguas y de poca aplicación.

2.5. Estado del Arte

En la agricultura, se ha hecho necesario el uso de plaguicidas y **fertilizantes**; entre otros productos para cuidar y mejorar las plantaciones; pero el uso de éstos agroquímicos produce un impacto ambiental severo; es por eso que debe analizarse el ciclo de vida de los productos.

La problemática de los plaguicidas, involucra diversos sectores y para este estudio se consultaron diversas investigaciones que revelan la importancia de controlar la contaminación de los plaguicidas en suelo y además se consultaron estudios que se enfocan principalmente en la salud humana, afectada por el uso extendido e indiscriminado de agroquímicos.

Se han realizado distintos estudios en el suelo sobre el impacto de los plaguicidas; entre ellos se encuentra un estudio realizado por Adebayo *et al.* (2007), con el objetivo de conocer el efecto de dos insecticidas en la dinámica poblacional de cuatro microorganismos del suelo. El experimento fue inducido durante la época de lluvias del 2006. Se aplicaron por separado los dos insecticidas (Thiodan y Karate), para investigar sus efectos a los 0, 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días después del tratamiento (DAT) en la población de bacterias, hongos, protozoos y actinomicetos en el suelo. Se llegó a la conclusión de que los insecticidas provocan la reducción de las poblaciones de hongos, protozoos y actinomicetos, por su parte la población de bacterias sufrió un aumento significativo.

En el año 2007 se realizó un estudio por Nasehi Fatemeh *et al.* con el fin de medir los residuos de los dos plaguicidas más utilizados (endosulfán y Fosalon) en Colorado. Para la investigación se llevaron a cabo etapas de muestreo, condensación, concentración y análisis, el cual fue realizado por la máquina GC y detectores FTD, ECD. Los resultados obtenidos muestran que los residuos del Fosalon superan a los del

endosulfán. La toma de muestras con intervalo de un mes reveló que los residuos de toxinas se redujeron en 0,008 PPM.

También existen diversas investigaciones en el tema de salud y se han realizado una gran variedad de estudios para determinar cómo afecta el uso de los plaguicidas a las poblaciones expuestas a estos agroquímicos.

En el Estado de México se realizó un estudio por Jiménez *et al.* (2007); en el cual se hizo la caracterización de intoxicaciones por plaguicidas en los trabajadores agrícolas. Se aplicaron encuestas a 35 individuos con antecedentes de intoxicación aguda por plaguicidas (IAP). De acuerdo al análisis de las variables por estadísticas se concluyó principalmente que las intoxicaciones en la mayor parte de la población fueron ocupacionales y predominaron en el sexo masculino por la falta de capacitación sobre el uso y aplicación de plaguicidas.

En Veracruz, México se analizó la tendencia de 1988 a 1998 de los niveles de plaguicidas organoclorados **persistentes** en tejido adiposo humano, este estudio fue realizado por Gutiérrez *et al.* (2000). Para realizar esta investigación se tomaron muestras de tejido adiposo en la región abdominal de personas fallecidas en Veracruz. Las determinaciones cualitativa y cuantitativa de los plaguicidas organoclorados se efectuaron por cromatografía de gases. En los resultados se encontró que el valor máximo anual de insecticida fue detectado en 1988, lo que indicó una disminución de la exposición de la población al DDT utilizado.

3. Características del municipio de Ayahualulco (GEV,2005)

3.1. Ubicación geográfica y aspectos ambientales

Ayahualulco se encuentra ubicado en la zona central del estado de Veracruz sobre la parte elevada y quebrada de la Sierra Madre Oriental en la zona centro montañosa del Cofre de Perote (Figura 3.1). Se encuentra ubicado en la zona centro del Estado, en las coordenadas 19° 21' latitud norte y 97° 09' longitud oeste, a una altura de 2060 msnm.

Limita al norte con Perote, al noreste con Xico, al este con Ixhuacán de los Reyes y al sur con el Estado de Puebla. Su distancia aproximada por carretera a la capital del estado es de 80 Km. Tiene una superficie de 148.06 Km², cifra que representa un 0.20 % del total del Estado.

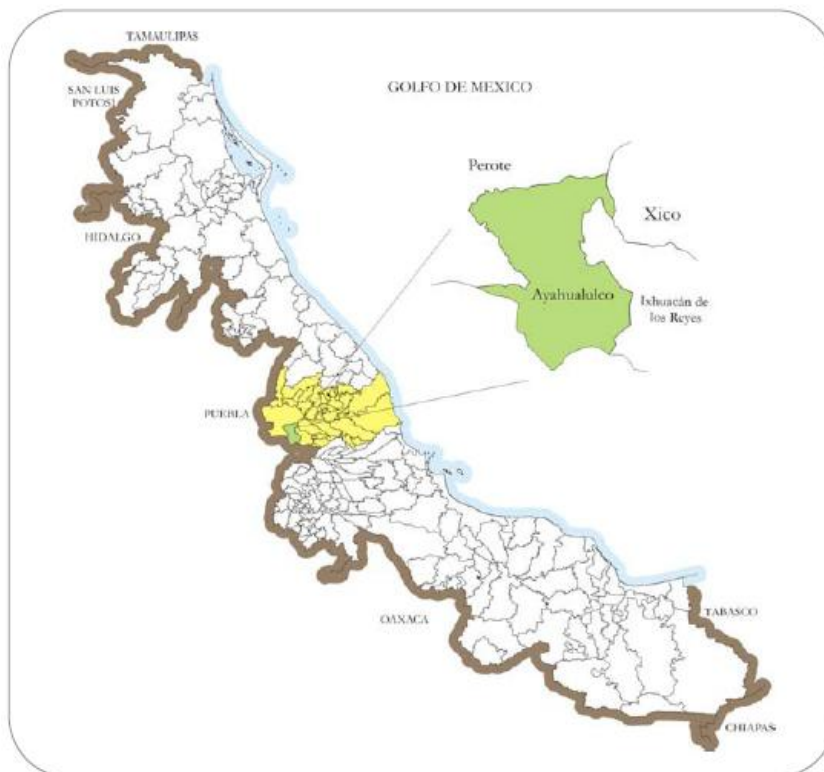


Figura 3.1. Localización del municipio de Ayahualulco, Veracruz.

El Municipio se encuentra ubicado en la zona central y sobre la parte más alta y fragosa de la Sierra Madre Oriental, con alturas superiores a los 2,500 m.s.n.m., como las cumbres de Tamasolapa y Acatitlán.

Hidrografía

Se encuentra regado por pequeños arroyos que son tributarios del río Chichiquila, que en adelante se denomina río de Los pescados.

Clima

Su clima es semi-seco-templado con una temperatura promedio de 10 °C; su precipitación pluvial media anual es de 463 mm.

Principales Ecosistemas

Los ecosistemas que coexisten en el municipio son el de bosque de coníferas con especies como el pino colorado y pino estobos; donde se desarrolla una fauna compuesta por poblaciones de liebres, tuzas, mapaches y tlacuaches.

Características de Uso del Suelo

Su suelo es de tipo andosol que se caracteriza por estar formado por cenizas volcánicas con tonalidad oscura y poca susceptibilidad a la erosión. Se utiliza en mayor porcentaje en la agricultura.

3.2. Perfil socio demográfico

Grupos Étnicos

Existen en el municipio 55 hablantes de lengua indígena 30 hombres y 25 mujeres, que representan el 0.30% de la población municipal. La principal lengua indígena es el náhuatl.

Evolución Demográfica

Conforme a las cifras del censo de población hasta el año de 1995 el municipio tenía 46,124 habitantes, entre hombres y mujeres, de 1995 a 1996 experimenta un total de 2,551 nacimientos y en este mismo espacio de tiempo se dan 194 defunciones.

Se estima que a 1996 tenía una población de 47,651 habitantes. De acuerdo a los resultados preliminares del censo 2000, la población en el

municipio es de 48,114 habitantes, 24,371 hombres y 23,743 mujeres. De acuerdo a los resultados que presenta el II Censo de Población y Vivienda del 2005, el municipio cuenta con un total de 23,431 habitantes, lo anterior debido a las altos índices de inmigración.

- Xoquitla, 1815 habitantes.
- Xololoyan, comunidad de 1658 habitantes dedicados a la agricultura.
- Xocotepec, 1598 habitantes.

3.3. Infraestructura Social y de Comunicaciones

La educación pública básica es impartida por 20 planteles de preescolar, 26 de primaria, 4 de secundaria. Además cuenta con 1 institución que brinda el bachillerato. Por otro lado en la Tabla 3.1 se muestran los principales servicios públicos presentes en Ayahualulco.

Tabla 3.1. Censo de servicios públicos existentes en Ayahualulco

Servicios Públicos:	100%	75%	50%	25%	0%
Agua Potable.		X			
Mantenimiento de Drenaje.					X
Alumbrado Público.		X			
Recolección de Basura y Limpia Pública.					X
Seguridad Pública.		X			
Pavimentación.					X
Mercados y Centrales de Abasto.					X
Rastros.					X
Servicios de Parques y Jardines.					X
Monumentos y Fuentes.					X

En este municipio la atención de servicios médicos es proporcionada por 5 unidades médicas de la Secretaría de Salud. Cabe señalar que en esta municipalidad se prestan los servicios de consulta externa.

En cuanto a los medios de comunicación en el municipio se captan las señales de televisión vía satélite y 10 señales de radio en AM y 10 en FM. Tiene servicio telefónico por marcación automática en la cabecera y 9 localidades, así como con telefonía rural y celular; además de 4 oficinas postales.

El municipio cuenta con infraestructura de vías de comunicación conformada por 22.30 Km. de carretera. Así mismo tiene servicio de transporte de pasajeros.

3.4. Actividad económica

En el sector agricultura, el municipio cuenta con una superficie total de 9,968.742 hectáreas, de las que se siembran 9,497.133 en las 2,687 unidades de producción. Los principales productos agrícolas y la superficie correspondiente en hectáreas que se cosecha son maíz con 4,412.00, Papa 850.00 y 723.00 de haba seca. Existen 629 unidades de producción rural con actividad forestal, de las que 22 se dedican a productos maderables.

Para el desarrollo de la ganadería se tiene una superficie de 2,582 hectáreas, en donde se ubican 2,390 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales. Cuenta con 315 cabezas de ganado bovino de doble propósito, además de la cría de ganado porcino, ovino y caprino. Las granjas avícolas tienen cierta importancia.

En cuanto al comercio podemos señalar que el municipio cuenta con 2 tianguis, 1 mercado y 500 tiendas aproximadamente.

La actividad económica del municipio por sector, se distribuye de la siguiente forma (Tabla 3.2):

Tabla 3.2. Población Económicamente Activa por Sector Productivo

Sector primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	88.41%
Sector secundario (Minería, extracción de petróleo y gas natural, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción)	3.76%
Sector terciario (Comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, de administración pública y defensa, comunales y sociales, profesionales y técnicos, restaurantes, hoteles, personal de mantenimiento y otros.)	5.92%
*No especificado	1.89%

3.5. Problemática de Ayahualulco: cultivos, plagas, manejo de agroquímicos y su disposición final.

En este apartado se establecen las principales problemáticas en torno al sector agrícola, como se menciona en apartados anteriores las actividades económicas del municipio están basadas en la agricultura. El 64% de la superficie municipal es dedicada a la siembra, es decir 9,497 ha de las cuales 5,985 son destinadas a los productos predominantes; como se ve en la siguiente Figura 3.2:

Importancia de los principales cultivos

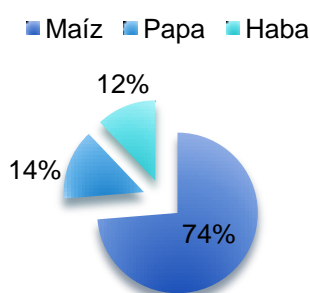


Figura 3.2. Contribución en porcentaje de los principales cultivos.

El maíz abarca la mayor cantidad de superficie; sin embargo es necesario recordar que las hortalizas como la papa y haba consumen hasta 10 veces más agroquímicos y en atención a las prioridades de este estudio, nos conviene saber que cultivos consumen las mayores cantidades de químicos. Así pues, se realizó un estimado que refleja un consumo mayor de 115 toneladas de agroquímicos en un año; lo anterior tomando en cuenta que el maíz solo da un ciclo de producción anual,

mientras que la papa que es de ciclo corto puede dar de 2 a 3 ciclos anuales. La relación de consumo de agroquímicos se muestra en la siguiente grafica (Figura 3.3):

Consumo estimado de agroquimicos

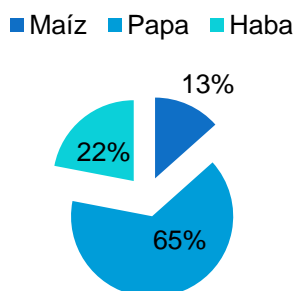


Figura 3.3. Consumo de agroquímicos de los principales cultivos en relación al consumo anual estimado.

Esta cantidad importante de agroquímicos se hace necesaria para combatir las diferentes plagas en Ayahualulco, con el fin de tener productos agrícolas de mejor calidad y de fácil mercadeo. Las plagas más comunes son cuatro: la llamada catarinita de la papa o “tachi” (*Leptinotarsa decemlineata*); la llamada “Rosquilla” (*Spodoptera sp*); la “pulguilla” de la papa (*Epitrix cucumeris*); y por último el “pulgón” (*Macrosiphum solanifolii* y *Macrosiphum euphorbiae*). Estas especies mostradas en la Figura 3.4 son las principales preocupaciones de los agricultores en cuanto a insectos; sin embargo también necesitan de **fertilizantes** y fungicidas. Lo cual hace cada vez más difícil al ecosistema recuperarse.



Papa	Haba y papa	Papa	Haba
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	<i>Spodoptera sp</i>	<i>Epitrix cucumeris</i>	<i>Macrosiphum</i>
			

Figura 3.4. Plagas por tipo de cultivos que afectan

Sumado a lo antes expuesto, otro problema en este municipio es que las personas dedicadas a la agricultura, en la mayoría de los casos no tiene una preparación escolar, muchos de los pequeños productores emplean productos que han sido recomendados entre ellos mismos, no tienen el conocimiento del

daño que podría provocar en su salud y menos de las consecuencias ambientales.

Recordemos que además del consumo de agroquímicos esta la importante generación de residuos peligrosos, que no son tratados como tales y que reciben un manejo inadecuado. Este tipo de envases son depositados en las parcelas de cultivo, en tiraderos baldíos y en el tiradero municipal. Muchas ocasiones se ha observado que los envases de agroquímicos aun tienen residuos de producto; y en una ocasión se encontraron varios envases llenos. A este respecto se desconocen las causas.

Actualmente el municipio de Ayahualulco tiene la problemática de la disposición final de sus residuos sólidos. Existe la preocupación de los habitantes y por la mismas autoridades, en relación a una inadecuada disposición de la basura que tiene repercusiones en la salud (puede transmitir enfermedades por animales que se reproducen sin control en medio de los desechos), la contaminación de las aguas (al ser botaderos de basura que degradan la calidad de la misma), el paisaje (la proliferación de olores desagradables) y el suelo (los desechos sólidos, cuando dan origen a líquidos que contienen elementos tóxicos, pueden producir la contaminación de los suelos por lixiviados) (PIMUDES, 2008). Esta es una problemática importante, pero aún más importante es que entre esos residuos municipales van residuos peligrosos de los agroquímicos usados. A continuación en la Figura 3.5 se muestra la situación actual del tiradero a cielo abierto, que cabe describir es una barranca y que no cuenta con control alguno para mitigar la contaminación.



Figura 3.5 Tiradero a cielo abierto de Ayahualulco

Además debe observarse que la zona donde se encuentra el tiradero es de suma peligrosidad, ya que en sus alrededores existen terrenos

dedicados a la agricultura, que con la lluvia y la generación de lixiviados, pueden ser contaminados, sin mencionar la infiltración a las aguas subterráneas; por lo tanto no es una zona correcta para tener un tiradero, sumándole que la población no le da ningún control, solo realizan la quema de los residuos con el fin de disminuir su cantidad y dejar la barranca otra vez disponible.

4. Materiales y métodos

Para el logro de los objetivos y metas planteados en la presente tesis, se propone utilizar la siguiente metodología que se esquematiza en la Figura 4.1.

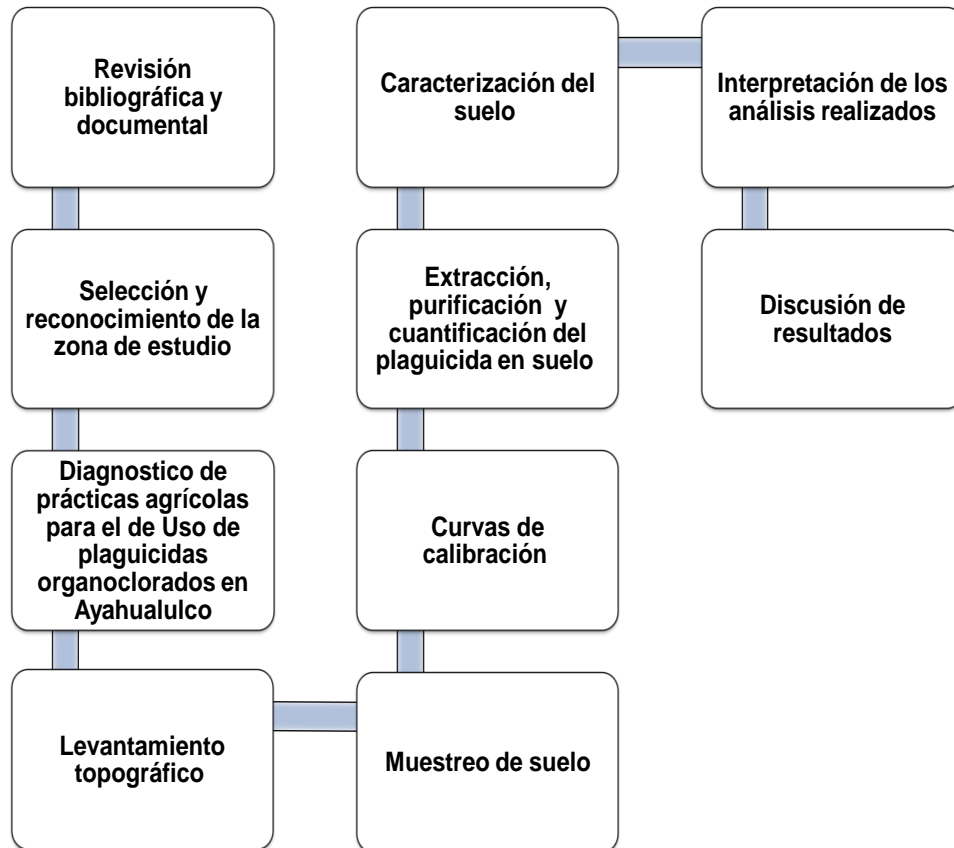


Figura 4.1. Diagrama de la metodología usada

Las siguientes instalaciones del Instituto Politécnico Nacional fueron de gran utilidad: el laboratorio del CINVESTAV y la Biblioteca Nacional de Ciencia y Tecnología.

Los recursos financieros fueron otorgados por el Programa de Investigación Multidisciplinario para el Desarrollo Sustentable PIMUDES-UAM.

Las actividades realizadas para el logro de los objetivos de la tesis se describen en los siguientes apartados.

4.1. Revisión bibliográfica y documental

La recopilación bibliográfica fue permanente durante todo el desarrollo de la tesis. Dentro de la cual, se puso especial atención en los estudios realizados acerca de la contaminación de suelo por plaguicidas organoclorados en Veracruz, su movilidad y alguna otra una problemática análoga o semejante.

Se obtuvo también información del plaguicida, los coeficientes de partición, propiedades físicas y químicas del plaguicida, los métodos para la extracción del mismo en el suelo, medidas preventivas de uso, manejo y almacenamiento, riesgos a la salud y riesgos ambientales; entre otros

Las principales fuentes de datos fueron: libros y revistas, información proveniente de organismos públicos, así como, libros electrónicos, documentos y otros tipos de publicaciones existentes en la Internet.

4.2. Selección y reconocimiento de la zona de estudio

El estudio se llevo a cabo en el municipio de Ayahualulco; Veracruz, y el tiradero a cielo abierto que está ubicado a 2 kilómetros aproximadamente de la cabecera municipal; lo cual permitió conocer la problemática de la zona de estudio, interactuar con los productores del campo, conseguir el apoyo de las autoridades correspondientes.

Se realizaron dos visitas de campo con el fin de rescatar toda la información posible y realizar dos muestreos de suelo en el tiradero, uno en temporada de estiaje (periodo de aguas bajas) y temporada lluviosa. Así mismo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

La evaluación de prácticas agrícolas con el de uso de plaguicidas organoclorados en Ayahualulco; el levantamiento topográfico del tiradero, el geoposicionamiento de los puntos de muestreo y la extracción de muestras. Estos apartados se desarrollan más adelante, pues cada uno tiene sus propias etapas.

4.3. Evaluación de prácticas agrícolas con el de uso de plaguicidas organoclorados en Ayahualulco

Se efectuó través de una entrevista a dos tipos de productores, uno de autoconsumo y otro de gran escala, las preguntas realizadas fueron las siguientes (Figura 4.2):

**Evaluación de prácticas agrícolas para el de uso de
plaguicidas organoclorados en Ayahualulco**

Guía de entrevista con agro productores

Nombre del productor y experiencia en el campo (años):

¿Cuál es la extensión dedicada a cada uno de los cultivos y cuantos ciclos de producción realiza anualmente de cada uno?

	Nombre	Extensión	Ciclos de producción por año
Cultivo 1			
Cultivo 2			
Cultivo 3			
Cultivo 4			
	Total		

En su experiencia: ¿Cuáles son las principales plagas que afectan sus cultivos?

- Cultivo 1 _____
- Cultivo 2 _____
- Cultivo 3 _____
- Cultivo 4 _____

¿Qué tipos de agroquímicos utilizan, cual es la periodicidad de aplicación y cuál es el objetivo?

	Agroquímicos usados	Periodicidad de aplicación	Objetivo
Cultivo 1			
Cultivo 2			
Cultivo 3			
Cultivo 4			

¿Conoce si esas sustancias son peligrosas?

¿Cómo es la aplicación de las sustancias? ¿Usa algún tipo de equipo especializado y/o equipo de protección?

¿Cómo (donde) desecha los envases y agroquímicos residuales?

Figura 4.2. Guía de la entrevista a agroproductores

4.4. Levantamiento topográfico

En los estudios destinados a evaluar los impactos del desarrollo de una actividad o proyecto, se debe hacer una descripción válida de las condiciones ambientales de un sistema o sistemas antes del desarrollo del proyecto. Esta descripción amerita levantamientos de campo, en muchas ocasiones a bajo costo y rápidamente.

En esta investigación se realizó un levantamiento topográfico del tiradero de residuos sólidos de Los Altos, los materiales y métodos usados para este apartado se describen a continuación:

Equipos: computadora personal, escáner, impresora, GPS Marca GARMIN; Modelo GPS Map76 CSx..

Programas: Google Earth, Autocad 2004, Microsoft Excel, IRIS, INEGI (2006), todos con Licencia.

Datos: Cartas topográfica escala 1:50,000

- Se reconoció el área de estudio en el Google Earth, a partir de este análisis se obtuvo un polígono simple de la barranca que es utilizada como tiradero. El polígono fue verificado con recorrido de campo.
- En campo se realizó la delimitación del tiradero con GPS en modo de medición simple (navegación), se realizaron mediciones equidistantes a 10m. Cabe destacar que existen algunas excepciones en las cuales tomar la equidistancia deformaría el polígono de afectación. Una vez obtenidas las coordenadas en el sistema de referencia de satélites y con ayuda del UTMGEO.exe se transformaron a coordenadas UTM, concluido lo anterior, los datos están listos para trabajarse en el AUTOCAD; ya que emplea unidades métricas (Figura 4.3).
- Se realizó el vaciado y ordenado de los datos a una base en Excel, para exportarla a Autocad, se trabajaron los datos y se calculó la profundidad de la barranca y así concluir el mapa de la zona de estudio.
- A partir de lo anterior se obtuvieron los perfiles del tiradero.
- Con base en la carta topográfica a escala 1: 50,000 de INEGI se digitalizaron las curvas de nivel, hidrografía, uso de suelo y las localidades principales del área de estudio; para utilizar como mapa base.
- Se calculó la pendiente del lugar y por tanto la dirección probable de lixiviación de los contaminantes.



Figura 4.3. Levantamiento topográfico en Ayahualulco

4.5. Muestreo de suelo

La toma de muestras de un suelo es una operación simple pero delicada, por cuanto una muestra tomada incorrectamente no arrojará los resultados representativos y la evaluación será errónea (Textos científicos, 2006).

Se realizó una primera visita a Los Altos, Ayahualulco, Vera cruz en Abril de 2009, en temporada de estiaje; para la toma de muestras de suelo, seleccionando los puntos de muestreo y el número de estos, de acuerdo a las vertientes que presente el terreno. Cabe mencionar que ésta actividad se fundamentó en los lineamientos especificados por la NOM-021-SEMARNAT-2000, misma que establece estudios, muestreo y análisis del suelo. De acuerdo a dicha norma la toma de muestra se realizó en zig zag, a lo largo de una línea dentro de la unidad de muestreo. Tomando muestras a tres niveles distintos: superficial, a 0.5 m y a 1.0 m, dado que se deseaba saber si a esa profundidad el plaguicida ha afectado al suelo. Se consideraron puntos estratégicos, de acuerdo al desplazamiento hipotético que podría tener el contaminante considerando la pendiente y topografía del terreno. A este respecto se propuso ubicar un punto fuera del tiradero (blanco), y 6 puntos dentro del tiradero, siguiendo la misma pendiente del terreno, lo anterior para conocer si el plaguicida tuvo desplazamiento horizontal, o se filtro a capas inferiores del suelo; para ello se extrajeron las muestras a una profundidad considerable. En total se tomaron con 24 muestras de suelo para ser analizadas (Figura 4.4)



Figura 4.4. Extracción de muestras de suelo en Ayahualulco

Materiales para el muestreo de suelos

Para el muestreo de suelo se utilizaron las siguientes herramientas:

- Estacas, pintadas de verde y con punta en un extremo
- Cinta de 50 m
- Barreno (Hand-Auger con extensión de 3m)
- Pala
- Balde
- Bolsas plástica de polietileno
- Frascos de vidrio para las muestras con capacidad para 1 Kg
- Etiquetas

4.6. Curvas de calibración

Se elaboraron en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV) en el Departamento de Biotecnología, Laboratorio 44 de Compuestos Xenobioticos a cargo de la Dra. Refugio Rodríguez Vázquez, usando para esto un equipo de cromatografía de gas-liquido. Se utilizó este equipo puesto que es capaz de separar macromoléculas y especies iónicas, productos naturales lábiles y materiales poliméricos, con una fase móvil líquida interactiva.

Para generar la curva de calibración se preparó una serie de disoluciones con concentraciones conocidas del plaguicida; se inyectó la disolución en el inyector del equipo y se realizó la lectura a la longitud de onda conocida para el endosulfán. Se hizo lo mismo con cada una de las disoluciones preparadas y mediante regresión lineal se obtuvo la ecuación de la curva de calibración.

Equipo. Cromatógrafo Hewlett Packard Modelo 5890 (Figura 4.5) Series II, equipado con detector de captura de electrones (ECD ^{63}Ni) con integrador de áreas modelo 3396. Columna capilar SPB-5 de 30 m x

0.25 mm D.I. x 0.25 μm de espesor de capa. Fase estacionaria fenilmetilsilicón al 5%.

Condiciones de operación. Temperatura del inyector 260°C temperatura del detector 320°C, gas de arrastre helio a 1 ml/min, gas auxiliar nitrógeno a 30 ml/min, estándares de Chem Service² a concentración de 20 ng/ml, volumen de inyección 1 μl .

Para calibrar el cromatografo, se cuenta con:

- Balanza Comparadora Sartorius modificada de 1200 grs con precisión de 0.1 mgr.
- Sistema de calibración, de temperaturas Modelo F300S (Automatic Systems, patrón secundario ± 0.005 °C).
- Sistema de calibración de presión hasta 140 MPa Desgranges & Huot Modelo 5304 (balanza de pesos muertos ± 0.005 %).



Figura 4.5. Cromatógrafo de gases Hewlett Packard Modelo 5890 Series II

4.7. Extracción, purificación y cuantificación del plaguicida en suelo

Esta actividad se llevo igualmente en el CINVESTAV, la técnica de determinación de plaguicidas está basada y modificada en la NMX-AA-071-1981 para la determinación de plaguicidas organoclorados por cromatografía.

El método consistió en la extracción por partición con un solo disolvente orgánico, de los plaguicidas presentes en el suelo y su posterior separación y purificación por cromatografía en columna. Finalmente su

² Empresa dedicada a la venta de sustancias químicas de tipo estándar, certificadas y de grado orgánico.

cualificación y cuantificación se hace por cromatografía gas - líquido usando un detector de captura de electrones.

Para el control del método de extracción y purificación se efectuó en iguales condiciones y simultáneamente tres muestras: un blanco, un duplicado y una muestra de concentración conocida de plaguicidas organoclorados. Así mismo se preparó un estándar de recuperación, colocando en un tubo de centrifuga graduado de 15 cm³ la misma cantidad de solución de plaguicidas organoclorados que se usa en la preparación de la muestra de concentración conocida. Se guardó este tubo en el congelador a 253 K (-20 °C) hasta la terminación de la preparación de las muestras y en ese momento se llevó al mismo volumen de la muestra de concentración conocida de plaguicidas organoclorados.

El análisis cromatográfico consistió en identificar los plaguicidas organoclorados presentes en las muestras de acuerdo a su tiempo de retención. Se inyectaron en el cromatógrafo alternadamente de 2 a 3 μ dm³ de las muestras a analizar y los patrones individuales de los plaguicidas bajo las condiciones de operación adecuadas al tipo de aparato con el que se trabajó. Posterior a este paso vienen la cualificación y cuantificación del plaguicida.

4.8. Caracterización del suelo

Cada suelo se caracteriza por sus propiedades físicas y químicas. El conocimiento de las características físico-químicas de un suelo, nos permite anticipar la dinámica de las sustancias contaminantes.

Así pues tenemos la importancia de algunos parámetros (Chávez-Toledo, 2009):

Procesos ácido-base: Influyen en el grado de descomposición de la materia orgánica y de los minerales, en la solubilidad de algunos contaminantes y en conjunto, los procesos controlados por el pH del suelo. Los contaminantes pueden acidificar el suelo, por vertidos o por oxidación de sulfuros y óxidos nitrosos, con lo que aumenta la vulnerabilidad del suelo.

Materia orgánica del suelo: representa la acumulación de las plantas destruidas y sintetizadas parcialmente y de los residuos animales. Parte de esto cuantifica el humus, que es considerado como el producto final de descomposición de la materia orgánica. Este parámetro contribuye con la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo.

Textura: La textura de un suelo está expresada por la distribución del tamaño de las partículas sólidas que comprenden el suelo. En otras palabras por la composición granulométricas del suelo, previa dispersión de sus agregados. Esta composición permite la oxigenación y lixiviación en el suelo.

Agua en el suelo: El componente líquido de los suelos, denominado por los científicos solución del suelo, es sobre todo agua con varias sustancias minerales en disolución, cantidades grandes de oxígeno y dióxido de carbono disueltos. La solución del suelo es muy compleja y tiene importancia primordial al ser el medio por el que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas. En este sentido son importantes la determinación de la **capacidad de campo** y la humedad del suelo.

Porosidad, densidad y permeabilidad: Facilitan la circulación de los contaminantes en el suelo y permite eliminar rápidamente los contaminantes y traspasarlos a los niveles freáticos.

Capacidad de intercambio iónico: Corresponde a la cantidad de iones metálicos que una determinada cantidad de suelo es capaz de intercambiar. Estos intercambios son vitales para que los iones metálicos puedan acceder a las plantas. Aumenta la capacidad de autodepuración al fijar los contaminantes sobre la superficie de las partículas.

Nutrientes: la adsorción de nutrientes como nitrógeno, fósforo ayuda al crecimiento de las plantas y a fortalecer las raíces, tallos y formación de buenos granos. Así mismo cuando las plantas mueren devuelven esos elementos al suelo.

La modificación o transformación por contaminación y deforestación de alguno de los factores que conforman un suelo implica un desequilibrio que afecta al resto de los factores y activa normalmente, procesos de regresión en ese suelo. Es así que siguiendo la recomendación de Reyes, 2004, se realizó la caracterización del suelo de la zona de estudio considerando los parámetros citados en la Tabla 4.1. Estos estudios se realizaron en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM-A) en el Laboratorio de Microbiología y en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la ESIA- IPN.

Tabla 4.1. Determinación de parámetros del suelo

No.	Parámetro	Método o Técnica utilizada
1	pH	Electrométrico, uso de potenciómetro
2	Materia orgánica	Técnica de Walkley y Black
3	Textura	Técnica del hidrómetro de Bouyoucos
4	Capacidad de campo	Método gravimétrico

5	Humedad	Método gravimétrico desarrollado por Gardner y Klute
6	Densidad real	Con picnómetro
7	Densidad aparente	Método de la parafina
8	Porosidad	Determinación a partir de densidad real y aparente
9	Capacidad de intercambio catiónico	Método de Versenato (EDTA)
10	Nitrógeno	Método Kjeldahl
11	Fósforo	Método de Bray-I

Fuente: Reyes J., 1996.

Las diferentes metodologías para la determinación de estos parámetros se encuentran en el Anexo “a” al final del documento.

4.9. Interpretación de los análisis realizados

Después de haber realizado los análisis que nos permitieron cumplir los objetivos planteados obtuvimos los resultados los cuales son las bases para definir el comportamiento de la contaminación en el tiradero y se presentan en el capítulo 5.3 y 5.4

4.10. Discusión de resultados

Al finalizar las actividades planteadas solo queda la discusión de resultados mostrada en el capítulo 6, a partir de la cual se derivan las conclusiones de esta tesis y se establecen las recomendaciones al problema de la disposición de envases de agroquímicos y productos que los contienen en el tiradero a cielo abierto alternativas para mitigar la contaminación resultante del sitio, lo cual se presenta en el capítulo 7.

5. Resultados

5.1. Prácticas agrícolas para el uso de plaguicidas organoclorados en Ayahualulco

Las entrevistas realizadas fueron con dos propietarios, uno con 4 has. de labor y el otro con alrededor de 1,000 has. Los cultivos predominantes para ambos productores son: haba, papa y maíz. Es importante señalar que existe una rotación de cultivos; esto debido a que la papa (Figura 5.1) ofrece un ciclo de producción corto el cual se puede intercalar con el ciclo del haba.



Figura 5.1. Papa mostrada por campesino de Ayahualulco

Para ambos casos los agroquímicos más usados son los plaguicidas que combaten el *tachi*, la *pulguilla*, el *pulgón* y la *rosquilla*³; además de los **fertilizantes foliares**. La frecuencia de aplicaciones por periodo de cultivo varía de un productor a otro, se puede inferir que lo anterior se debe a los costos elevados de los productos.

De la descripción dada por los productores se generó la Tabla 5.1, donde se enlistan los productos usados que contienen Endosulfán:

³ Con estos nombres reconocen la llamada catarinita de la papa o "tachi" (*Leptinotarsa decemlineata*); la llamada "Rosquilla" (*Spodoptera sp*); la "pulguilla" de la papa (*Epitrix cucumeris*); y por último el "pulgón" (*Macrosiphum solanifolii* y *Macrosiphum euphorbiae*).

Tabla 5.1. Productos que contienen Endosulfán.

Producto	Concentración de endosulfán	Aplicación
Meteoro 35 CE	35%	Papa, maíz, hortalizas
Endosan	35%	Papa
Endopol	35%	Papa, maíz (dosis de 1-3 l/ha y sin límite en el número de aplicaciones)
Endosulfan 3 CE	33.3%	Papa
Thiodan 35	33%	Maíz, papa (dosis de 1.5-2 l/ha y una aplicación por periodo de cultivo)
Thionex	35%	Maíz, papa (dosis de 1-3 l/ha y sin límite en el número de aplicaciones)

Fuente: Campo complementado con el Diccionario de especialidades agroquímicas, 2008.

A continuación en la Tabla 5.2 se muestran algunos otros agroquímicos que se utilizan en la zona y su **ingrediente activo**:

Tabla 5.2. Otros productos agroquímicos comúnmente usados en Ayahualulco

Nombre comercial	Ingrediente activo
Foley	Paratión Insecticida organofosforado/piretroide
Arribo	Cipermetrina Insecticida piretroide/agrícola
Manzate	Mancozeb Fungicida agrícola/ Gránulos dispersables
Counter	Terbufos Insecticida nematicida/ Granulado
Faena	Glifosato Herbicida/ Solución acuosa
Herbipol	2,4-D AMINA Herbicida/Solución concentrada acuosa
Urea	Fertilizante. Granulado.

Fuente: Campo complementado con el Diccionario de especialidades agroquímicas, 2008.

Los envases de plaguicidas son desechados en el tiradero, quemados y abandonados entre los campos de cultivo. El lavado o enjuagado si bien es una práctica recomendada por la Secretaria de Salud (NOM-232-SSA1-2009) para reducir los residuos de los plaguicidas en los envases, ésta no se realiza de manera generalizada.

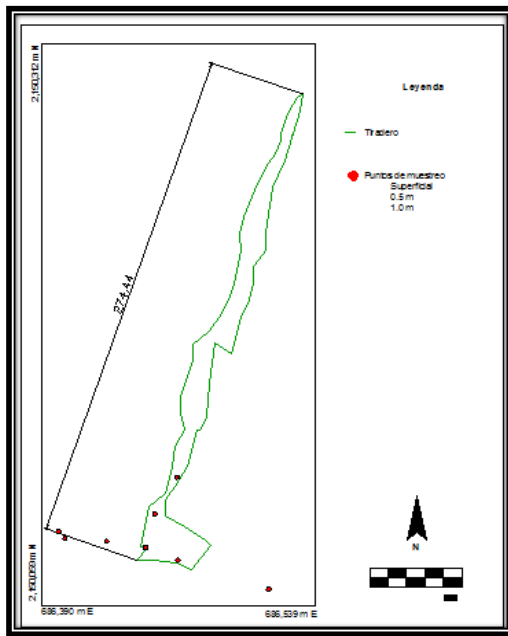
5.2. Topografía del tiradero a cielo abierto y ubicación de los puntos de muestreo

La topografía es un factor importante en la formación de suelos; si bien el suelo es un cuerpo tridimensional, la pendiente es una característica que lo influye, ya que lo afecta debido al escurrimiento, erosión, drenaje y mediación solar. Por estas razones el estudio de las características físicas del tiradero se vuelve importante, pues nos permite analizar la dispersión de la contaminación por plaguicidas.

A través del levantamiento topográfico que se realizó se obtuvo que la superficie total del polígono del tiradero es de 3,141 m²; con un perímetro de 630m. Como se puede apreciar en la Figura 5.2 el tiradero tiene una forma de franja hendida, donde se depositan los residuos peligrosos y no peligrosos de la comunidad de los Altos, Ayahualulco.



Figura 5.2. Tiradero a cielo abierto de Ayahualulco



Tiradero de Residuos Sólidos Municipales. Los Altos, Ayah. Veracruz.

- Área 3,141 m²
- Perímetro 630 m

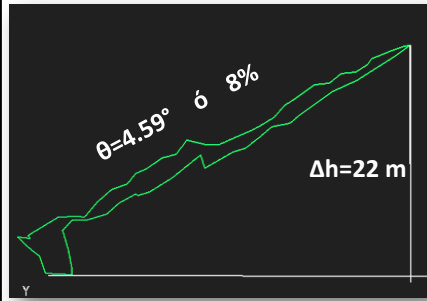


Figura 5.3. Polígono del tiradero a cielo abierto de la comunidad de los Altos.

El polígono que conforma el tiradero (Figura 5.3) tiene a lo largo más de 274m con un ancho promedio de 4.5m y cerca de 12m en la parte más ancha. A través de este levantamiento se calculo un ángulo de inclinación de 4.59°; es decir una pendiente del 8% y una diferencia de altura de 22m entre el punto más alto y la zona más baja que es el sitio de mayor acumulación de residuos.

5.3. Determinación de propiedades de los suelos

A continuación se presentan los resultados de las características físico químicas del suelo del tiradero a cielo abierto de la zona de los Altos, municipio de Ayahualulco, Veracruz.

5.3.1 Textura

De acuerdo con los resultados obtenidos, por el método de Bouyoucos se determinó con la ayuda del triangulo de texturas que el suelo de la zona de del tiradero a cielo abierto es de tipo Andosol (AN), que son típicamente, suelos de paisajes volcánicos con una gran contenido de materiales finos (como se aprecia en la Tabla 5.3), este suelo es apto para el cultivo de haba y papa; ya que requieren suficiente humedad (Bayer Crop Science, 2010).

Tabla 5.3. Determinación de clase textural de muestras

No.	Coordenadas		Superficie			0.5.m			1.0m			Clase textural
			% arcilla	% limo	% arena	% arcilla	% limo	% arena	% arcilla	% limo	% arena	
P1	686,405	2,155,675	60.00	22.56	17.44	54.88	7.28	37.84	58.48	0.00	41.52	Arcilla
P2	686,393	2,155,655	57.76	8.00	34.24	60.00	12.00	28.00	54.88	7.28	37.84	Arcilla
P3	686,388	2,155,636	58.88	15.44	25.68	54.48	7.28	38.24	61.12	11.60	27.28	Arcilla
P4	686,367	2,155,640	53.12	3.60	43.28	55.20	7.28	37.52	57.76	0.00	42.24	Arcilla
P5	686,341	2,155,645	56.88	20.36	22.76	76.32	22.96	0.72	62.88	34.56	2.56	Arcilla
P6	686,344	2,155,641	57.12	9.36	33.52	60.00	26.56	13.44	72.00	26.56	1.44	Arcilla
P7	686,406	2,155,629	58.88	10.56	30.56	49.12	3.60	47.28	64.00	22.56	13.44	Arcilla*
P8	686,455	2,155,613	52.88	8.72	38.40	54.16	10.88	34.96	54.88	10.88	34.24	Arcilla

* Principalmente arcilla, con una clasificación de suelo arcilla arenosa en la muestra de 0.5 m

Además los Andosoles (Figura 5.4) son aptos para la agricultura y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Cuando son fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad. Los Andosoles se siembran con una variedad amplia de cultivos incluyendo caña de azúcar, té, vegetales, trigo y cultivos hortícolas; sin embargo se mantienen mejor bajo bosque (IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007).



Figura 5.4. Suelo de tipo Andosol

El tipo de suelo encontrado en el tiradero tiene una **superficie específica** que podría ser mil veces mayor que la de un suelo conformado por arenas muy gruesas (comparación de los datos de la Tabla 5.4), por lo que presenta una mayor cantidad de microporos, una menor aireación, mayor retención de agua, mayor contenido de materia orgánica y por tanto, mayor capacidad de intercambio catiónico (Cadavid, 2006).

Tabla 5.4. Clasificación de partículas del suelo

Fracción	USA (ϕ mm)	Internacional
Grava	> 2.0	
Arena muy gruesa	2.0 - 1.0	2.0 - 0.2
Arena gruesa	1.0 - 0.5	
Arena media	0.5 - 0.25	
Arena fina	0.25 - 0.10	0.2 - 0.02
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcillas	< 0.002	< 0.002

Fuente: López-Sánchez, 2009.

Como lo muestra la Tabla 5.3 la arcilla está compuesta de partículas de diámetro menor que 0.002 mm (menos de 2 micrones). Las partículas finas de arcillas tienden a ser de forma plana más que de forma esférica; lo que les confiere una capacidad adsorbente mayor en comparación a las gravas, arenas y limos.

Lo anterior nos muestra que nuestros resultados de materia orgánica y humedad, son congruentes con estos preceptos. Estos resultados eran predecibles porque cuando se realizaron los muestreos destacó el color oscuro de las muestras que es característico de los suelos ricos en nutrientes, y al excavar para la toma de muestras a profundidades de superficie, 0.5, y 1.0 m. la plasticidad del suelo se hizo evidente.

5.3.2 Densidad real, aparente y porosidad

La densidad aparente es menor que la densidad real ya que la primera considera tanto a las partículas del suelo como los espacios del suelos, en tanto que la densidad real sólo considera el espacio ocupado por las partículas. La porosidad está vinculada con la aireación del suelo que es indispensable para la absorción activa del agua.

En la Tabla 5.5 se presentan los valores obtenidos para el parámetro de densidad real, que van de 0.4 a 3.4 g/cm³ en temporada de estiaje y de 1.27 a 3.5 g/cm³.

Considerando los valores medios tenemos para la temporada de estiaje una densidad real de 1.94 g/cm³ y para temporada de lluvias un valor de 2.41 g/cm³, es decir, que no están muy alejados de lo reportado en la literatura, con un rango de 2.5 a 2.7g/cm³ (Maderey, 2005). Estas ligeras variaciones pueden incluso deberse a que en varios de los puntos de

muestreo se llegó a encontrar basura enterrada que pudieron influir en los resultados no sólo de este parámetro sino de algunos otros más.

Tabla 5.5. Determinación de Densidad real (g/cm³)

No.	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	1.20	2.00	2.31	1.53	2.02	2.28
P2	686,393	2,155,655	3.40	1.92	1.94	3.50	2.67	2.45
P3	686,388	2,155,636	1.97	2.42	1.68	1.93	2.59	2.49
P4	686,367	2,155,640	2.08	-	2.41	2.48	2.56	2.62
P5	686,341	2,155,645	-	1.75	2.22	3.46	2.45	2.49
P6	686,344	2,155,641	-	1.79	1.89	2.98	1.49	1.50
P7	686,406	2,155,629	0.44	1.57	1.60	1.27	1.75	3.76
P8	686,455	2,155,613	2.02	1.99	2.09	2.28	2.92	2.30

En las Figuras 5.5 y 5.6 se puede observar de forma gráfica los datos de densidad real para cada punto y profundidad específica; sin embargo se observa que en general la densidad real es mayor en la profundidad de 1.0m; así como también que existe mayor variabilidad en los valores a nivel de superficie que pudieron haber sido removidos de forma reciente antes de la toma de muestras.

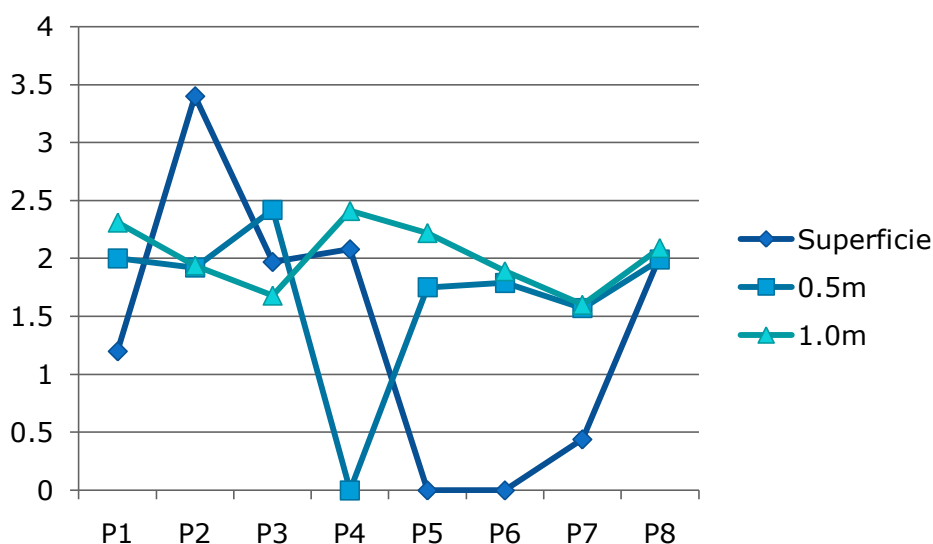


Figura 5.5. Determinación de Densidad real (g/cm³) 1er. Muestreo (estiaje).

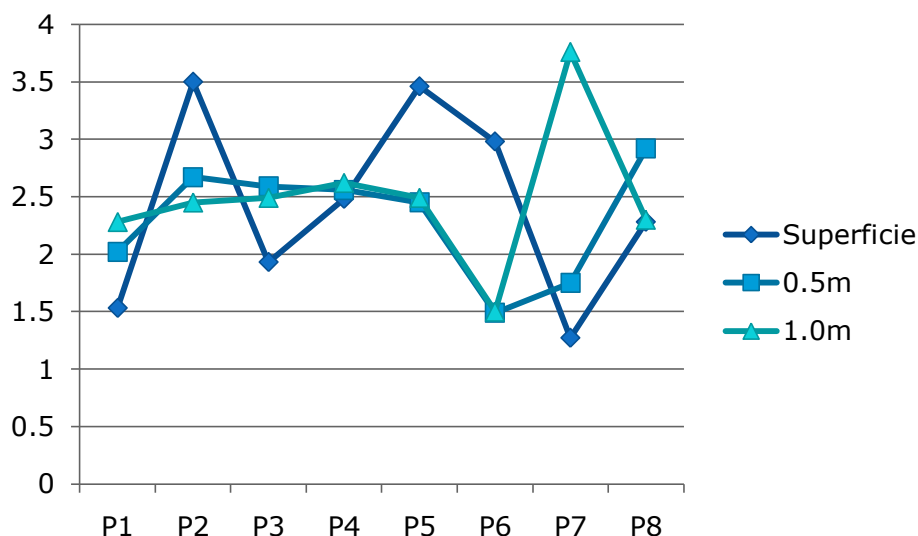


Figura 5.6. Determinación de Densidad real (g/cm³) 2o.. Muestreo (lluvias).

La densidad aparente de un Andosol estándar suele ser baja y para suelos arcillosos Quantin y Geisert (s/a) señalan que es de 1,1- 1,3 g/cm³. Sin embargo como se observa en la Tabla 5.6 para el punto P5 a 0.5 m de profundidad, en el primer muestreo, el valor obtenido es de 13.17 g/cm³, mucho mayor que lo reportado para ese tipo de suelo. En tanto, para el segundo muestreo se obtienen valores promedio de 1.4 g/cm³. Cabe señalar que se infiere que los valores elevados pueden deberse a que las muestras obtenidas estaban contaminadas con residuos sólidos que originaron errores en las determinaciones, mismos que se ven reflejados.

Tabla 5.6. Determinación de Densidad aparente (g/cm³)

No.	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	1.09	1.22	2.06	1.70	0.68	1.16
P2	686,393	2,155,655	1.99	1.45	1.40	1.51	1.75	1.70
P3	686,388	2,155,636	1.56	2.02	1.06	1.24	1.60	1.54
P4	686,367	2,155,640	1.46	13.17	2.10	1.37	1.61	1.72
P5	686,341	2,155,645	3.07	1.16	1.34	1.60	1.66	1.78
P6	686,344	2,155,641	-	1.13	1.54	1.17	1.33	1.30
P7	686,406	2,155,629	0.36	0.91	1.00	0.19	1.14	1.70
P8	686,455	2,155,613	1.66	1.67	1.65	1.26	1.46	1.27

A continuación se muestran las Figuras 5.7 y 5.8 que muestran el comportamiento de la densidad aparente de las muestras del tiradero.

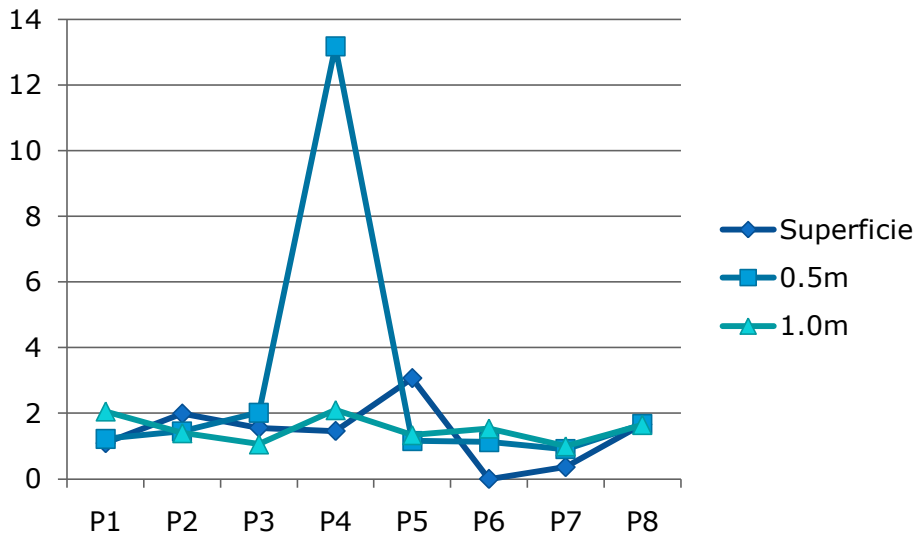


Figura 5.7. Determinación de Densidad aparente (g/cm^3) 1er. Muestreo (estiaje).

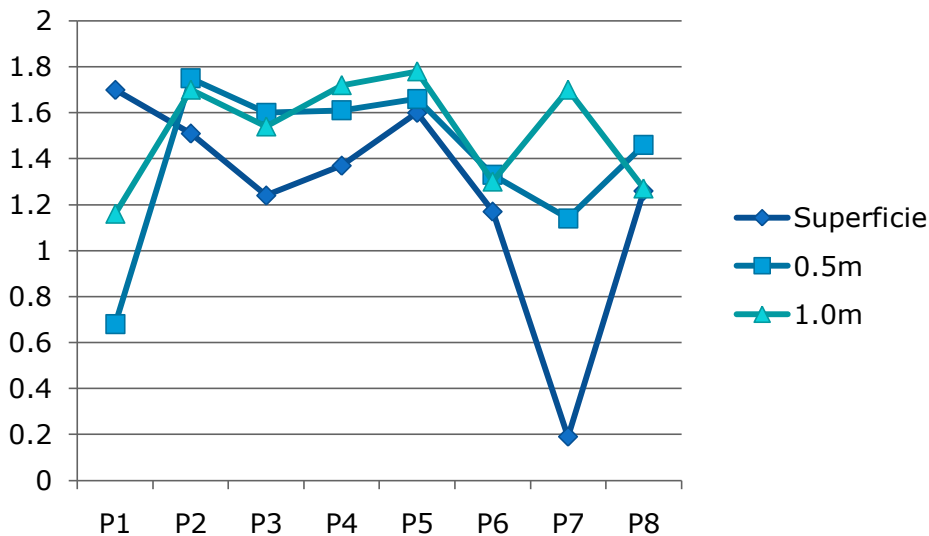


Figura 5.8. Determinación de Densidad aparente (g/cm^3) 2o.. Muestreo (lluvias).

Para el caso de porosidad se obtienen valores del 9.06 al 75.6% en algunos casos, pero en general se cumple con lo señalado en bibliografía para este tipo de suelos que en el primer muestreo tienen un valor medio de 28.5% y en el segundo muestreo es de 41.82%. Maderey (2005), señala que para este tipo de suelo puede ir de 31-39%.

Tabla 5.7. Determinación de Porosidad (%)

No.	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	9.06	38.88	10.89	32.74	66.53	49.11
P2	686,393	2,155,655	41.51	24.80	27.46	39.74	34.36	30.47
P3	686,388	2,155,636	20.99	16.71	36.79	51.01	38.45	38.09
P4	686,367	2,155,640	29.71	-	13.00	44.68	36.88	34.28
P5	686,341	2,155,645	75.60	33.85	39.41	60.55	32.19	28.52
P6	686,344	2,155,641	-	37.10	18.45	35.05	46.50	47.96
P7	686,406	2,155,629	17.20	42.45	37.71	27.71	34.77	54.64
P8	686,455	2,155,613	17.96	16.30	21.14	44.78	49.91	44.71

A continuación se muestran de forma grafica los resultados de porosidad (Figura 5.9 y 5.10) que presentan menor número de poros en el primer muestreo (estiaje) comparado con el segundo (lluvias).

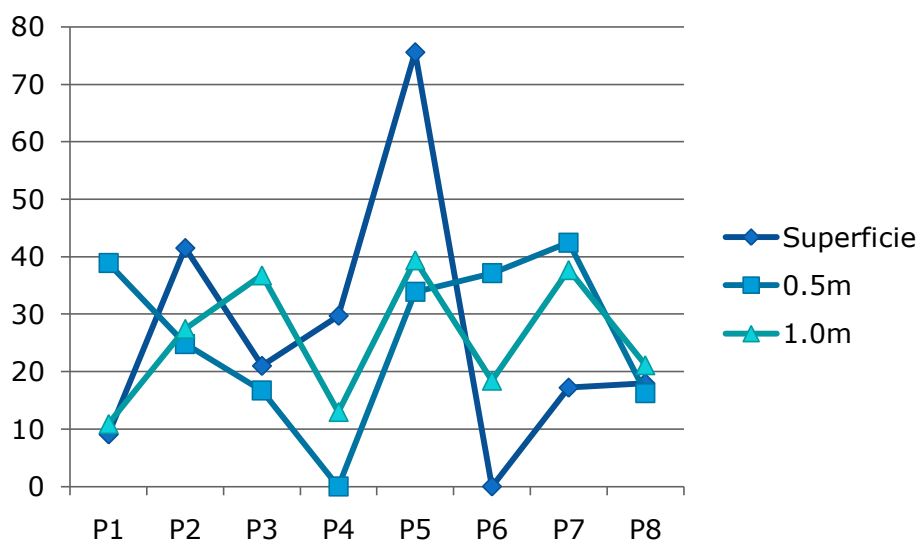


Figura 5.9. Determinación de porosidad (%) 1er. Muestreo (estiaje).

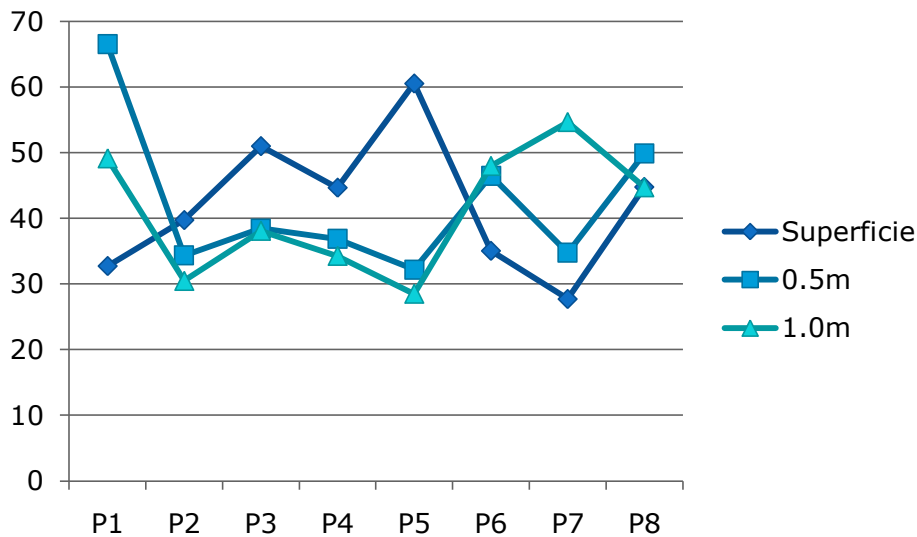


Figura 5.10. Determinación de porosidad (%) 2o.. Muestreo (lluvias).

5.3.3 Humedad a capacidad de campo

El agua molecular presente en los suelos es esencial para las reacciones metabólicas celulares, ya que es un solvente y portador de nutrimentos desde el suelo hasta las plantas y dentro de ellas; intemperiza las rocas y los minerales, ioniza los macro y micronutrientes que las plantas toman del suelo y permite que la materia orgánica sea fácilmente biodegradable.

La cantidad de agua en los suelos puede ser benéfica o perjudicial, ya que cuando los suelos tienen agua en exceso favorecen la lixiviación de sales y otros nutrientes naturales de los mismos; entonces el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas en el suelo (IMP, SEMARNAT-INE, 2006).

La capacidad de campo (CC) de los suelos, es decir, la cantidad de humedad que un suelo retiene contra la gravedad, cuando se deja drenar libremente (INE-a, s/a).

El % de humedad a capacidad de campo es muy favorable para el desarrollo de los cultivos, que encuentran en el suelo agua abundante retenida con una energía que es fácilmente superada por la de succión de las raíces, al mismo tiempo que el suelo está lo suficientemente aireado para permitir la respiración radicular, para el caso de los suelos arcillosos pueden tener porcentajes del 34.1 al 38.7% (Quantin y Geissert, s/a). Como se observa en la Tabla 5.9 los resultados obtenidos no coinciden con lo reportado en literatura esto puede deberse

básicamente a que durante los muestreos el clima y los fenómenos meteorológicos fueron muy irregulares, hubo escasa precipitación y altas temperaturas y los residuos sólidos enterrados en algunos puntos de muestreo, que originaron errores en la determinación.

Tabla 5.9. Resultados de % de humedad a capacidad de campo

No.	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	30.15	42.42	9.66	11.91	20.07	23.40
P2	686,393	2,155,655	18.69	49.75	44.68	21.91	13.16	12.73
P3	686,388	2,155,636	30.88	11.47	70.83	13.61	9.43	8.46
P4	686,367	2,155,640	29.41	19.59	12.60	14.66	7.28	5.36
P5	686,341	2,155,645	43.97	40.09	18.04	21.87	8.63	5.03
P6	686,344	2,155,641	34.15	55.88	32.53	8.35	7.62	6.93
P7	686,406	2,155,629	35.96	44.20	64.61	25.17	7.69	3.94
P8	686,455	2,155,613	40.35	13.07	17.67	3.66	2.80	8.20

La capacidad de campo (CC) de los suelos analizados de forma gráfica se puede ver en las Figuras 5.12 y 5.13.

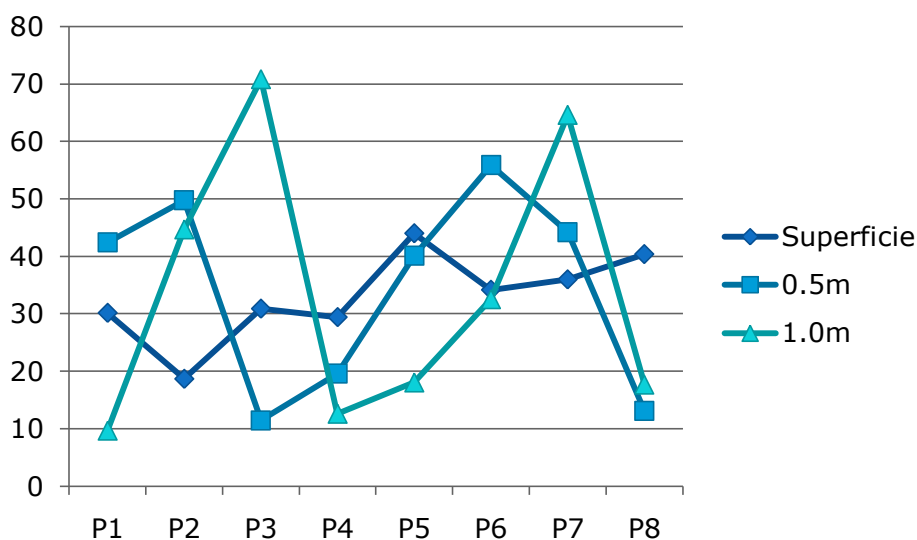


Figura 5.12. Determinación de Capacidad de Campo (%) 1er. Muestreo (estiaje).

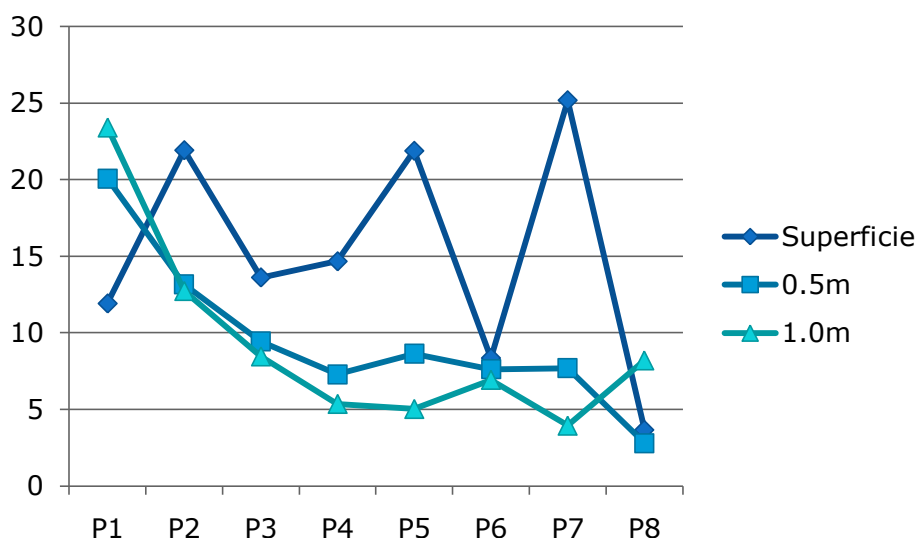


Figura 5.13. Determinación de Capacidad de Campo (%) 2o.. Muestreo (lluvias).

5.3.4 Materia orgánica

La materia orgánica (MO) contenida en los suelos indica su nivel de fertilidad. Constituye una reserva de nutrientes (nitrógeno, fósforo y azufre) que son liberados en forma gradual. Influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La materia orgánica favorece la formación de agregados y la estructura de los suelos, evita la erosión; favorece la retención de cationes lo que evita que se pierdan los nutrientes por lavado de los suelos, actúa como **agente quelante** y como **solución buffer**. Además los compuestos de carbono presentes en la materia orgánica son fuente de energía para los organismos del suelo. Es uno de los factores más importantes para determinar la productividad de este recurso, sobre todo en lugares donde la elevada temperatura y humedad aceleran la descomposición.

Ahora bien, de acuerdo con la Tabla 5.10 las muestras de suelo que fueron analizadas indican que la zona en estudio es relativamente pobre en materia orgánica. Los valores obtenidos en la determinación de este parámetro van en el primer muestreo de 1.22 a 9.91% ($\bar{x}_1= 3.60\%$), en el segundo muestreo la determinaciones van de 0.23 a 13.43% ($\bar{x}_2= 5.33\%$). Al igual que en otros parámetros el segundo muestreo brinda un panorama homogéneo de la zona de estudio, teniendo mayores porcentajes de MO a nivel de superficie que descienden a medida que la profundidad se incrementa (excepto P1).

Tabla 5.10. Resultados de materia orgánica contenida en las muestras (%)

No	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	1.80	*9.91	2.47	6.51	*13.43	9.72
P2	686,393	2,155,655	3.75	7.02	*8.08	*7.32	2.25	0.70
P3	686,388	2,155,636	2.63	*3.43	1.25	*7.01	2.48	0.23
P4	686,367	2,155,640	*3.56	2.95	3.53	*9.14	3.72	2.28
P5	686,341	2,155,645	*3.75	1.67	2.18	*6.93	5.19	3.60
P6	686,344	2,155,641	*4.62	2.21	1.22	*8.10	7.11	4.34
P7	686,406	2,155,629	*2.44	1.47	1.35	*7.28	3.79	2.91
P8	686,455	2,155,613	4.90	*6.73	3.43	*7.28	3.44	3.20

* Valores máximos de MO para cada punto de muestreo

Tomando los valores medios de MO y comparándolos con la Tabla 5.11 que hace referencia a la MO en suelos volcánicos característicos de la zona de estudio tenemos que, en temporada de estiaje el suelo tiene un contenido “muy bajo” de MO; mientras que en la temporada de lluvias el contenido de MO es considerada “bajo”.

Se reportan valores más elevados (mayores de 10.9% de MO), que definirían un suelo rico en MO, pero pueden ser datos falsos positivos ya que en esos puntos se encontraron residuos sólidos enterrados e incluso bolsas de plástico del mismo plaguicida que se utiliza para el control de las plagas presentes en la región.

Tabla 5.11. Interpretación del contenido de MO en suelo

	Materia orgánica %
Clase	Suelos volcánicos
Muy bajo	<4.0
Bajo	4.1-6.0
Medio	6.1-10.9
Alto	11.0-16.0
Muy alto	>16.1

Fuente: NOM-021-SEMARNAT-2000

A continuación se muestran las Figuras 5.14 y 5.15 con los valores de MO para cada muestreo.

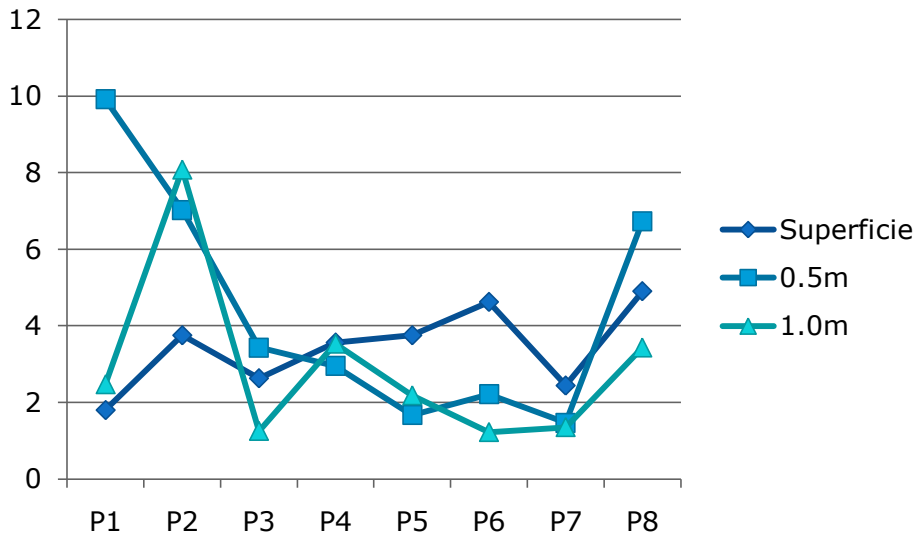


Figura 5.14. Determinación de Materia Orgánica (%) 1er. Muestreo (estiaje).

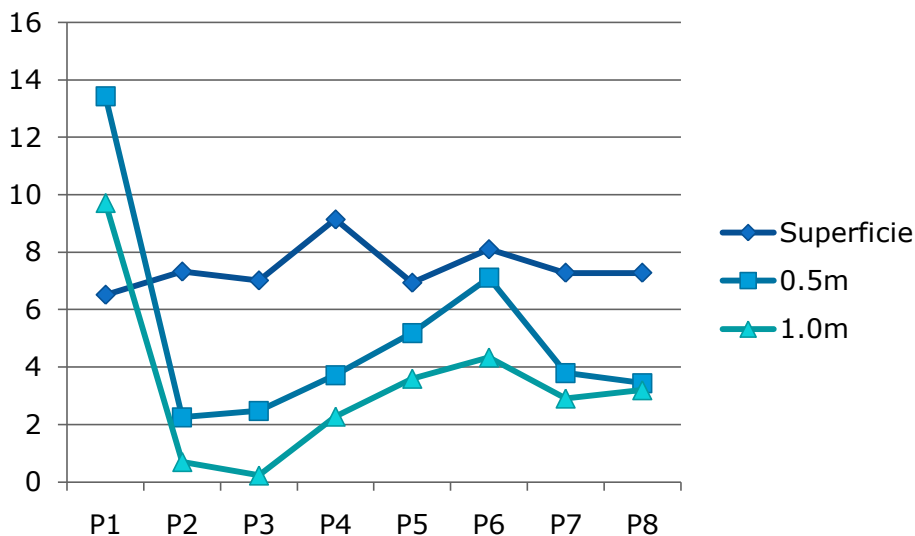


Figura 5.15. Determinación de Materia Orgánica (%) 2o.. Muestreo (lluvias).

5.3.5 Nitrógeno orgánico

El nitrógeno es un elemento indispensable para la vida. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno presente en muchos suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico. El nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica y a la fijación bacteriana a partir del aire.

Dentro del suelo es aprovechado por las plantas, animales y microorganismos que lo incorporan a sus tejidos. Cuando dichos organismos se mueren, el nitrógeno reingresa al suelo completando el ciclo. Este ciclo es complejo e involucra una serie de reacciones y

organismos con diferentes metabolismos. Siempre comienza con compuestos orgánicos sencillos (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N_2 , NH_3) y termina con compuestos orgánicos complejos; que a través de la descomposición regresan a la etapa de compuestos sencillos (INE-a, s/a).

En los microorganismos la carencia de nitrógeno puede afectar el crecimiento, por lo que la población microbiana no tendrá un desarrollo óptimo. En contraste, demasiado nitrógeno permite el crecimiento microbiano rápido y acelera la descomposición; pero puede crear problemas de olor en condiciones anaerobias. Además, el exceso de nitrógeno puede ser liberado como amoníaco; en tanto que el nitrógeno aprovechable escapará en forma de gas. Para la mayoría de los materiales una relación C/N cercana a 10:1 mantendrá estos elementos en equilibrio aproximado. En los suelos normalmente el contenido de nitrógeno varía de 0.05 a 2% en sus diferentes formas (INE-a, s/a).

Para el caso de las muestras analizadas, de acuerdo con la Tabla 5.12 tenemos que los suelos tienen un elevado contenido de nitrógeno a nivel superficial y éste disminuye a mayor profundidad lo que es congruente con los datos reportados en literatura para el tipo de suelos agrícolas que al ser fertilizados tienden a acumular mayor cantidad de nitrógeno en la superficie.

Además se observa, como en los parámetros anteriores, que para algunos puntos se presentan factores que alteran los resultados.

Tabla 5.12. Determinación de Nitrógeno (mg kg^{-1}).

No	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	*33.60	17.92	13.83	19.18	*49.7	27.02
P2	686,393	2,155,655	*30.52	16.52	7.84	*30.38	9.24	5.46
P3	686,388	2,155,636	*27.16	18.20	8.12	*24.22	6.44	5.88
P4	686,367	2,155,640	8.12	*13.16	7.28	*32.06	10.92	4.9
P5	686,341	2,155,645	*23.24	11.20	15.12	*26.18	13.3	8.4
P6	686,344	2,155,641	22.10	*30.00	17.73	31.10	*36.20	32.00
P7	686,406	2,155,629	*28.40	24.90	24.90	29.20	*31.20	24.90
P8	686,455	2,155,613	*47.60	31.50	34.70	*36.40	32.60	32.60

* Valores máximos de N para cada punto de muestreo

Los valores medios para el primer y segundo muestreo respectivamente son: $\bar{x}_1 = 21.40$ y $\bar{x}_2 = 23.31$ con lo que se puede determinar que el contenido de nitrógeno en la zona de estudio es medio (referidos al contenido de N en la NOM-021-SEMARNAT-2000)

En las Figuras 5.16 y 5.17 se observa el comportamiento del nitrógeno en las dos épocas del año: estiaje (1er. Muestreo) y lluvias (2o..).

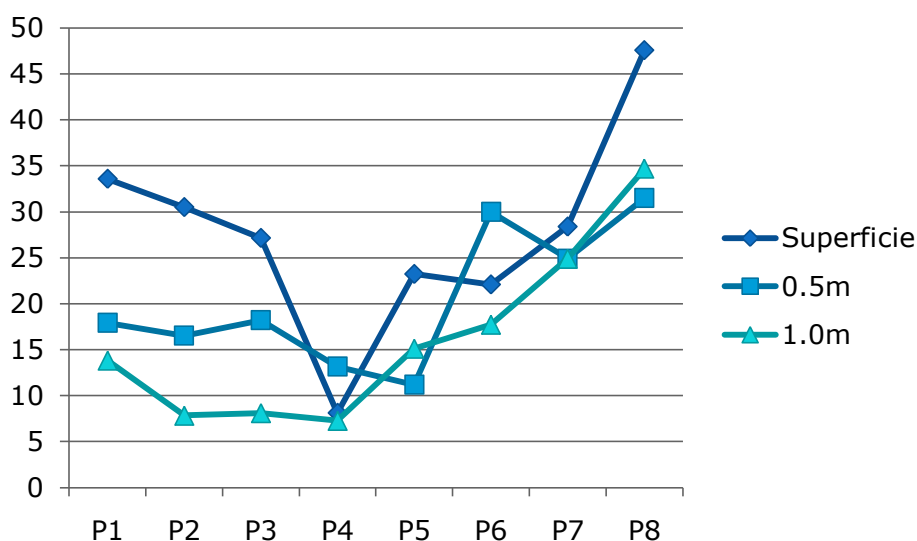


Figura 5.16. Determinación de Nitrógeno Orgánico (mg kg^{-1}) 1er. Muestreo (estiaje).

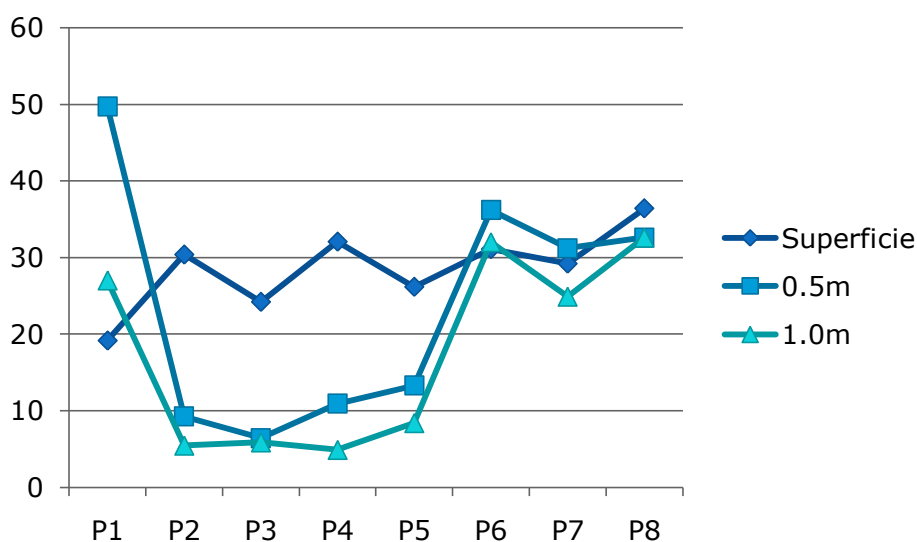


Figura 5.17. Determinación de Nitrógeno Orgánico (mg kg^{-1}) 2o.. Muestreo (lluvias).

5.3.6 Fósforo disponible en suelos (P)

En términos generales, el fósforo del suelo se clasifica en fósforo orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos que forme. La forma orgánica se encuentra en el humus y la materia orgánica, y sus niveles en el suelo pueden variar desde 0 hasta mayores

que 0.2%. La fracción inorgánica está constituida por compuestos de hierro, aluminio, calcio y flúor, entre otros, y normalmente son más abundantes que los compuestos orgánicos. Solo una pequeña parte del fósforo aparece en solución en suelo (< 0.01-1 mg l-1).

El fósforo es un macronutriente esencial para las plantas y los microorganismos, junto con el nitrógeno y el potasio. Puede ser un nutriente limitante, ya que es un componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos. Los análisis de fósforo sirven fundamentalmente para el control de la dosificación de productos químicos en tratamientos de agua o suelos, o como un medio para determinar que un sistema presenta contaminación por exceso de este compuesto (Muñoz, 2000).

Con la aplicación del Método de Bray, se obtiene el fósforo aprovechable en suelo con pH neutro como es el caso, para el análisis de las muestras del suelo de la zona agrícola en estudio, indican que la concentración de fósforo es media.

En la Tabla 5.13 se presentan los resultados y se observa que a nivel superficial se tienen valores de contenido de fosforo más elevados, que van de 12.15 a 12.34 mg kg⁻¹ y estos valores descienden a medida que se incrementa la profundidad.

Tabla 5.13. Determinación de Fósforo mg kg⁻¹

No.	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	*19.77	11.20	-	*16.43	8.46	11.8
P2	686,393	2,155,655	*6.31	3.80	3.26	4.49	*5.48	4.03
P3	686,388	2,155,636	*10.06	4.13	3.80	*11.25	6.08	3.80
P4	686,367	2,155,640	*6.18	2.18	1.27	*12.02	4.66	3.59
P5	686,341	2,155,645	*4.08	1.66	2.73	*6.05	1.66	3.95
P6	686,344	2,155,641	*9.00	5.60	3.0	*10.50	6.50	2.50
P7	686,406	2,155,629	*14.00	7.00	2.6	*10.10	5.80	2.60
P8	686,455	2,155,613	*29.33	21.02	12.6	*26.34	18.64	18.1
Promedio			12.34	7.07	4.18	12.15	7.16	6.30

* Valores máximos de P para cada punto de muestreo

En la Tabla 5.14 se muestran los valores de fosforo que determinan la calidad de un suelo fértil. Tomando las medias de ambos muestreos tenemos que $\bar{x}_1 = 8.03$ y $\bar{x}_2 = 8.53$ con lo que se considera que el contenido de fosforo nos da una calidad media en este parámetro.

Tabla 5.14. Criterios para determinar la calidad de un suelo en cuanto a su contenido de Fosforo

Categoría	Valor (mg kg ⁻¹)
-----------	------------------------------

Bajo	<5.5
Medio	5.5-11
Alto	>11

Fuente: NOM-021-SEMARNAT-2000

De forma grafica los datos de fosforo se presentan en las Figuras 5.18 y 5.19. donde se puede observar que el punto P8 muestra los valores mas altos de fosforo en la zona del tiradero.

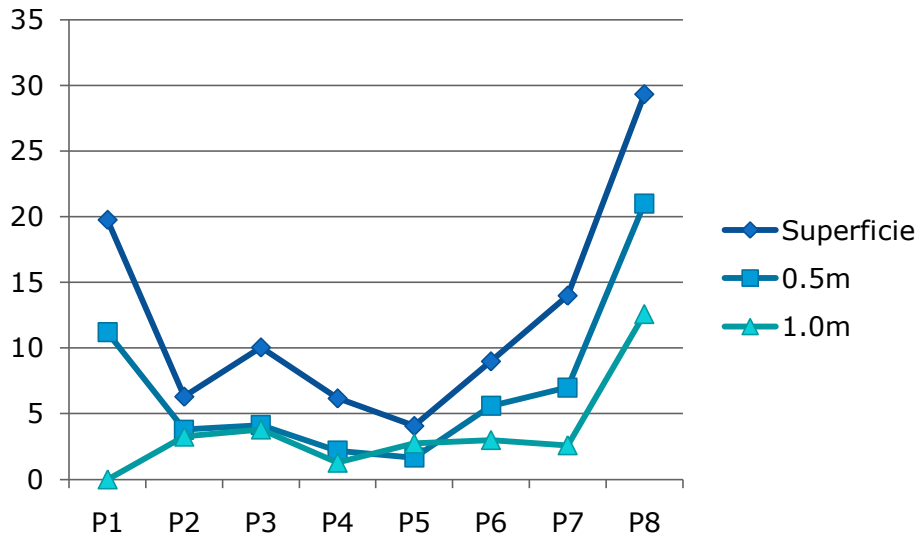


Figura 5.18. Determinación de Fosforo (mg kg⁻¹) 1er. Muestreo (estiaje).

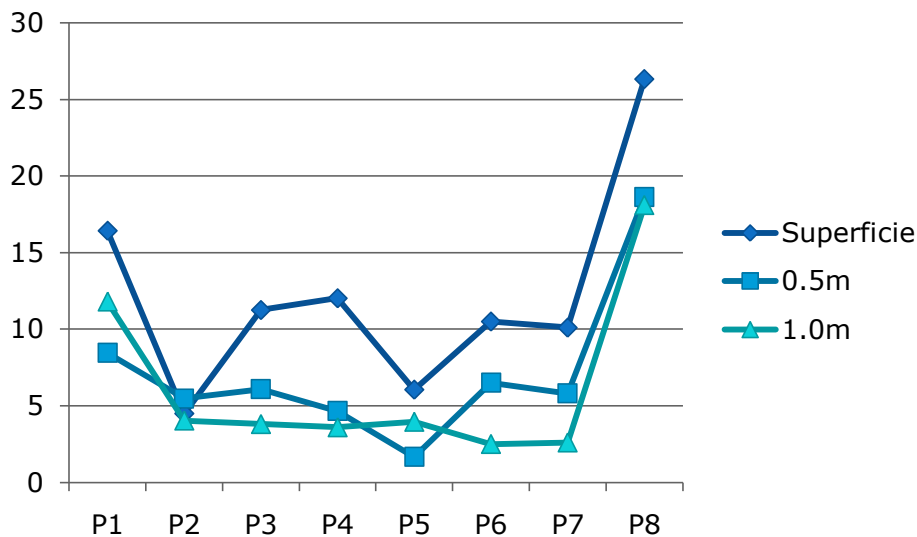


Figura 5.19. Determinación de Fosforo (mg kg⁻¹) 2o. Muestreo (lluvias).

5.3.7 Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta

capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, y podría decirse que es la base de lo que llamamos fertilidad del suelo.

La CIC depende de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica. En general, entre más arcilla y materia orgánica esté presente en el suelo, la capacidad de intercambio es mayor. El contenido de arcilla es importante, debido a que estas pequeñas partículas tienen una relación alta de área superficial a volumen.

Algunos ejemplos de valores de capacidad de intercambio catiónico para diferentes texturas de suelo se mencionan en la Tabla 5.14 (IMP, SEMARNAT-INE, 2006).

Tabla 5.14. CIC para diferentes texturas

Textura de suelo	CIC (meq/100 g suelo)
Arenas (color claro)	3 - 5
Arenas (color oscuro)	10 - 20
Franco	10 - 15
Franco limoso	15 - 25
Arcilla y franco arcilloso	20 - 50
Suelos orgánicos	50 - 100

En general, en la mayoría de los suelos la CIC aumenta cuando se presentan incrementos en el pH.

Las determinaciones de CIC de las muestras analizadas (Tabla 5.15Tabla), caen precisamente en los rangos señalados por el documento emitido por el Instituto Nacional de Ecología para la textura de suelo arcilla y franco arcilloso que van de los 20-50 meq/100 g.

Los rangos de CIC presentados en las muestras para el primer muestreo van de 20.74 a 47.81 meq/100g y para el segundo muestreo van de 24.60 a 46.08 meq/100 g que es totalmente acorde a la literatura.

Tabla 5.15. Determinación de capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)

No.	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	22.10	30.00	-	31.10	36.20	32.00
P2	686,393	2,155,655	28.40	24.90	24.90	29.20	31.20	24.90
P3	686,388	2,155,636	47.60	31.50	34.70	36.40	32.60	32.60
P4	686,367	2,155,640	29.00	29.60	33.00	30.50	30.50	28.50
P5	686,341	2,155,645	31.00	32.00	32.60	30.10	30.80	24.60
P6	686,344	2,155,641	34.85	21.86	36.92	35.96	34.52	30.05
P7	686,406	2,155,629	20.74	26.81	24.91	30.07	33.33	46.08
P8	686,455	2,155,613	47.81	21.62	29.78	40.01	45.65	24.64

Los rangos de CIC presentados en las muestras para el primer muestreo van de 20.74 a 47.81 meq/100 g y para el segundo muestreo van de 24.60 a 46.08 meq/100 g que son valores totalmente acordes a la literatura (Figuras 5.20 y 5.21).

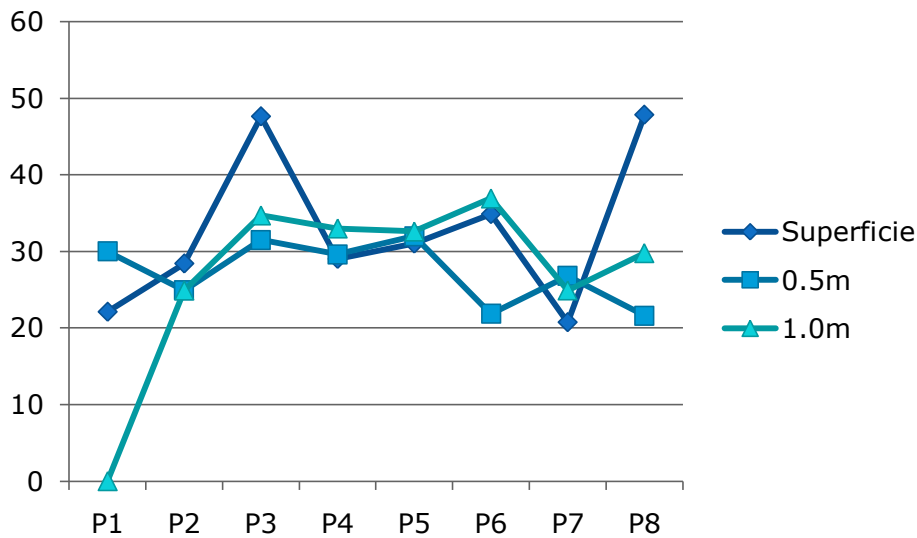


Figura 5.19. Determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico en (meq/100g) 1er. Muestreo (estiaje).

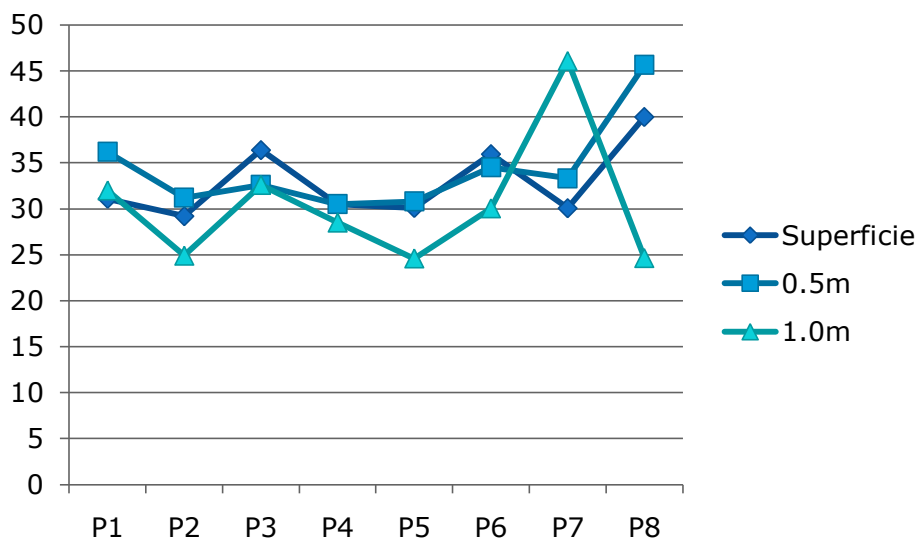


Figura 5.20. Determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g) 2o. Muestreo (lluvias).

5.3.8 pH, técnica de Bates

El pH es una propiedad química del suelo que propicia el desarrollo de los microorganismos y plantas, la lectura de pH nos indica la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes en la interfase líquida del suelo. Esta concentración de iones de hidrógeno es indicativa de la

manera en que se dan los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo.

En el caso de las muestras sometidas a análisis de pH con la técnica de Bates se observó que estas muestras de suelo, en su totalidad, tienen un pH cercano a neutro pero con tendencia moderadamente ácida (Tabla 5.16), que coincide con lo establecido en literatura para los suelos arcillosos con alto contenido de materia orgánica y gran capacidad de intercambio catiónico (IMP, SEMARNAT-INE, 2006).

Tabla 5.16. Determinación de pH

No.	Coordenadas		1er. Muestreo (estiaje)			2o. Muestreo (lluvias)		
			Profundidad			Profundidad		
	X	Y	Superficie	0.5m	1.0m	Superficie	0.5m	1.0m
P1	686,405	2,155,675	6.71	6.83	7.29	6.99	6.54	6.82
P2	686,393	2,155,655	6.88	7.25	7.55	7.7	7.21	7.69
P3	686,388	2,155,636	7.62	7.47	6.96	7.43	8.01	7.10
P4	686,367	2,155,640	6.77	6.84	7.00	6.98	6.79	7.11
P5	686,341	2,155,645	5.83	7.28	7.39	6.02	6.49	6.92
P6	686,344	2,155,641	6.04	7.18	7.38	6.31	6.84	6.66
P7	686,406	2,155,629	6.87	6.80	6.85	6.69	6.31	6.12
P8	686,455	2,155,613	6.01	6.86	6.50	5.97	6.46	6.57

Las Figuras 5.21 y 5.22 muestran el comportamiento de las mediciones en cada uno de los puntos y en las distintas profundidades que se realizaron para la obtención de las muestras.

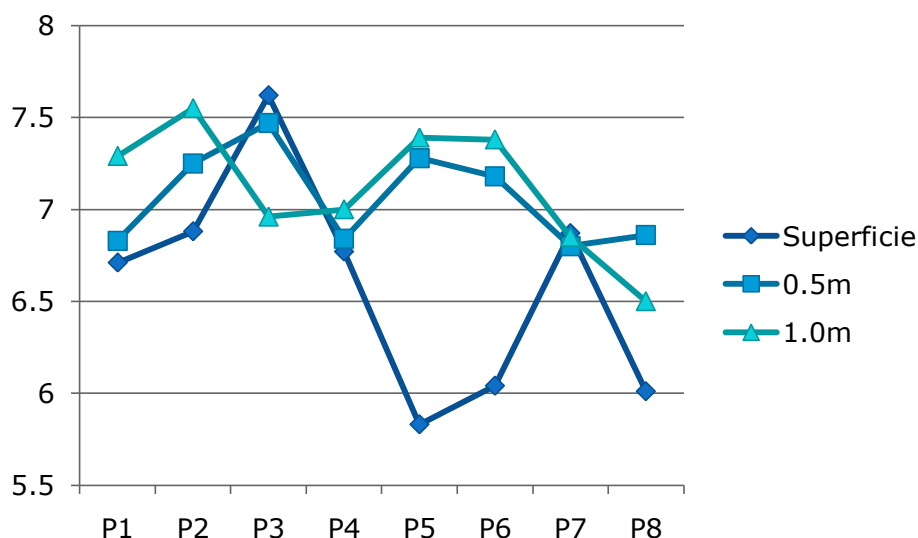


Figura 5.21. Determinación de pH 1er. Muestreo (estiaje).

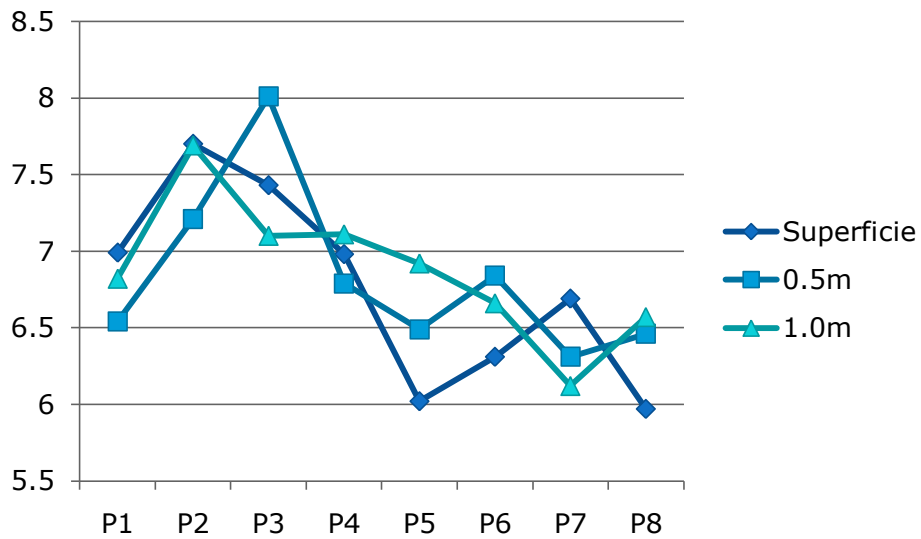


Figura 5.22. Determinación de pH 2o. Muestreo (Iluvias).

5.4. Determinación de plaguicidas en suelo

A continuación se

6. Discusión

Se determinó la desviación estándar de los datos entre los puntos y las profundidades de muestreo; observándose que los menores valores de desviación se obtienen entre cada punto, por lo que, el análisis se realizó con los promedios de los parámetros determinados a distintas profundidades.

En el capítulo de resultados se mostró que la textura del suelo es de tipo arcillosa en el 96% de las muestras; por lo que, se infiere que el suelo del tiradero tiene las siguientes propiedades:

- Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC): La CIC elevada se debe a la carga negativa que poseen las arcillas, lo cual es resultado de su composición de agregados de silicatos de aluminio hidratados. Además la CIC favorece la adsorción de metales. En suelos con textura arcillosa se tienen generalmente iones de calcio y magnesio en relación Ca/Mg de 5
- Un alto porcentaje de materia orgánica: Se tendrá un alto porcentaje de MO debido a las cargas negativas de las arcillas, la MO puede quedar adherida en la superficie de las arcillas.
- Una capacidad de campo grande: La capacidad de campo será grande en un suelo arcilloso pues, al ser las partículas más pequeñas, la porosidad entre las arcillas es menor, favoreciendo así la retención de agua, pues ésta no podrá filtrarse.

Tabla 6.1. Resultados del primer muestreo

	Densidad real (g/cm ³)	Densidad aparente	Porosidad	Capacidad de campo	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno orgánico (mg/kg)	Fósforo (mg/kg)	Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol(+)/kg)	pH
P1	1.837	1.457	19.610	27.410	4.727	21.783	15.485	26.050	6.943
P2	2.420	1.613	31.257	37.707	6.283	18.293	4.457	26.067	7.227
P3	2.023	1.547	24.830	37.727	2.437	17.827	5.997	37.933	7.350
P4	2.245	5.577	21.355	20.533	3.347	9.520	3.210	30.533	6.870
P5	1.985	1.857	49.620	34.033	2.533	16.520	2.823	31.867	6.833
P6	1.840	1.335	27.775	40.853	2.683	23.277	5.867	31.210	6.867
P7	1.203	0.757	32.453	48.257	1.753	26.067	7.867	24.153	6.840
P8	2.033	1.660	18.467	23.697	5.020	37.933	20.983	33.070	6.457

Tabla 6.2. Resultados del segundo muestreo

	Densidad real (g/cm ³)	Densidad aparente	Porosidad (%)	Capacidad de campo	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno orgánico (%)	Fósforo	Capacidad de Intercambio Catiónico	pH
--	------------------------------------	-------------------	---------------	--------------------	----------------------	------------------------	---------	------------------------------------	----

								(Cmol(+)/kg)	
P1	1.943	1.180	49.460	18.460	9.887	31.967	12.230	33.100	6.783
P2	2.873	1.653	34.857	15.933	3.423	15.027	4.667	28.433	7.533
P3	2.337	1.460	42.517	10.500	3.240	12.180	7.043	33.867	7.513
P4	2.553	1.567	38.613	9.100	5.047	15.960	6.757	29.833	6.960
P5	2.800	1.680	40.420	11.843	5.240	15.960	3.887	28.500	6.477
P6	1.990	1.267	43.170	7.633	6.517	33.100	6.500	33.510	6.603
P7	2.260	1.010	39.040	12.267	4.660	28.433	6.167	36.493	6.373
P8	2.500	1.330	46.467	4.887	4.640	33.867	21.027	36.767	6.333

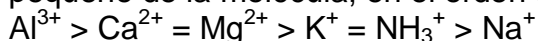
Correlación de los parámetros físico-químicos

1) Capacidad de intercambio catiónico:

La propiedad del suelo de poder intercambiar iones en la interface sólido-líquido, y en concreto el tipo y clase de intercambio, tiene grandes repercusiones en el comportamiento del suelo:

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, entre otros.
- Interviene en los procesos de floculación-dispersión de las arcillas y, por consiguiente, en el desarrollo de estructura y estabilidad de los agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

La adsorción de los cationes aumenta con una polivalencia y tamaño pequeño de la molécula, en el orden descendente como sigue:



Estos cationes son los más importantes para el crecimiento vegetal. Recordando que el suelo del tiradero en un momento fue utilizado para agricultura.

2) Materia orgánica

La MO interfiere en la capacidad de intercambio catiónico debido a la disociación que esta puede sufrir, los protones que libera en esta disociación, se convierten en cationes capaces de intercambiarse en el suelo. Además en la materia orgánica también pueden intercambiarse los cationes presentes en el suelo.

En los poros en donde hay una poca o nula concentración de oxígeno, los microorganismos presentes pueden fermentar la materia orgánica produciendo ácidos que pueden disminuir el pH del suelo.

El nitrógeno y el fósforo son componentes de algunas especies orgánicas, por lo que a mayor contenido de MO, aumentará el contenido de éstos elementos.

3) pH

El suelo del tiradero presento un pH ligeramente acido, por lo que podemos deducir que contiene especies tales como:
Aluminio ++, hierro, manganeso, cobre, cinc.

7. Conclusiones y recomendaciones

Se ha detectado una concentración de plaguicidas X que es considerada como x. El avance de la contaminación ha quedado demostrado, donde los puntos más elevados presentan menor concentración de plaguicidas y a medida que la pendiente avanza los niveles se vuelven máximos

Considerando en su conjunto las muestras de los suelos analizados se observa que la determinación de los parámetros mostro resultados muy dispersos, lo que estuvo influenciado por la toma de muestras; ya que en varias ocasiones el suelo tenía residuos incrustados, que debieron ser removidos de la muestra, alterándola física y químicamente.

La inadecuada legislación y normatividad que predisponen o inducen a los campesinos a abusar de los plaguicidas pues la que se encuentra en vigor contempla aspectos muy generales y se enfoca más a normar el registro y comercialización que los efectos secundarios no deseados.

Hay una limitada capacitación y divulgación hacia los campesinos de las especificaciones técnicas de los productos con especial énfasis en el **manejo de plaguicidas**, almacenamiento y aplicación adecuada de los productos.

Desconocimiento de los volúmenes actuales, y la dificultad para deshacerse de los desechos de plaguicidas y sus envases, plaguicidas prohibidos o en mal estado.

Garantizar una eliminación racional y segura de los envases, nos brinda los siguientes beneficios

- Se aprovecha 100% el plaguicida.
- Se pueden manejar con menor riesgo los envases
- No representan una contaminación dispersa para el medio ambiente
- Se evita la contaminación de mantos acuíferos y canales de riego
- Al evitarse la acumulación de envases en el tiradero se reduce la contaminación de suelo y agua.

Basado en los argumentos anteriores es necesario inducir en la toma de conciencia del empresario agrícola y campesino sobre el riesgo a la salud y el ambiente por el uso inadecuado de los envases de plaguicidas.

Bibliografía

- **Adebayo et al. 2007.** Research Journal of Biological Sciences. Effect of Two Insecticides Karate and Thiodan on Population Dynamics of Four Different Soil Microorganism. Documento web disponible en: <http://www.medwelljournals.com/fulltext/rjbs/2007/557-560.pdf> [Septiembre de 2008]
- **Albert Lilia, 2004.** Panorama de los plaguicidas en México. 7° Congreso de Actualización en Toxicología Clínica 2005. Disponible en: <http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf> [Noviembre 2009]
- **ATSDR -Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2000.** Toxicological profile for endosulfán. Página web disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=609&tid=113> [Octubre de 2010]
- **Bayer Crop Science, 2010.** Ficha Técnica de cultivo. Papa y haba. Disponible en: <http://www.bayercropscience.cl/soluciones/cultivos.asp> [Noviembre de 2010]
- **Bejarano Fernando, 2008.** INE. Presentación disponible en: http://www.ine.gob.mx/dgicur/sqre/descargas/foro_cops_3_pon_f_bejarano.pdf [Diciembre de 2009]
- **Cadavid, 2006.**
- **CAMEO Chemicals, 2009.** National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). US Government. Database of Hazardous Materials. Página web disponible en: <http://cameochemicals.noaa.gov/> [Mayo de 2009]
- **Cárdenas Beatriz, 2001.** Revisión y análisis de las experiencias nacionales respecto de los cinco elementos claves para el manejo ambiental de pilas, baterías, lubricantes y envases vacíos de plaguicidas. <http://mx.geocities.com/manejoderesiduos/anexos/PresentacionCArdenasenvases.ppt#1> [Junio de 2009]

- **CEPIS-OPS-OMS, 2000.** Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de FAO. Pagina wen disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tutorial2/e/unidad9/anexo1.html> [Mayo de 2009]
- **Chávez-Toledo Carlos, 2009.** Contaminación del suelo. Presentación disponible en: <http://www.urs.uson.mx/Diplomado%20Responsables%20Ambientales/VIII.%20Contaminacion%20del%20suelo/1.%20Introduccion.pdf> [Marzo 2009]
- **Diccionario de especialidades agroquímicas, 2008.** Disponible en: http://filsa.com.mx/filsa/index.php?option=com_wrapper&Itemid=40 [Junio de 2009]
- **EPA, 2009.** Plaguicidas. Página web disponible: <http://www.epa.gov/pesticides/> [Mayo de 2009]
- **EPA, s/a.** Capitulo 6 Insecticidas de cloruros orgánicos. Disponible en: <http://www.epa.gov/pesticides/safety/spanish/healthcare/handbook/Spch6.pdf> [Julio 2009]
- **Farrera René, 2004.** Acerca de los plaguicidas y su uso en la agricultura. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Número 6. septiembre-diciembre 2004. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n6/arti/farrera_r/arti/farrera_r.htm [Mayo 2009]
- **GEV (Gobierno del Estado de Veracruz), 2005.** Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Ayahualulco. Página web disponible en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/municipios/30025a.htm> [Marzo de 2009]
- **Gobierno Estado de Colima, 2005.**
- **Gutierrez Aguirre, 2000.** Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Tendencia de 1988 a 1998 de los niveles de plaguicidas organoclorados persistentes en tejido adiposo humano en Veracruz, México. Documento web disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=3>

7016102 [Septiembre de 2008]

- **Harikrishnan y Usha, 2004.** Endosulfán – Hoja informativa y Respuestas a preguntas frecuentes. Thanal. Disponible en: http://www.rapaluru.org/endosulfan/hoja_informativa.pdf [Abril de 2008]
- **IMP, SEMARNAT-INE, 2006.**
- **INE, 1995.** Gaceta Ecológica no. 36. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/gaceta36/g9536092.html> [Junio de 2009]
- **INE, 2000.** Informe de CICOPAFEST. www.ine.gob.mx/dgmrar/mt/cicoplafest/index.html [Junio de 2009]
- **INE, s/a.** Datos de identificación. Endosulfán. Documento web disponible en: <http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/pdf/endosulfan.pdf> [Junio 2008]
- **INE-a, s/a.** Manual de técnicas de análisis de suelos. Análisis Físicos y Químicos del suelo. Disponible en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/509/analisis.pdf> [Noviembre de 2010]
- **INEGI, 2008.** Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2008. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav/default.aspx?proy=aee&edi=2008&ent=30> [Mayo de 2009]
- **IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007.** Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0510s/a0510s00.pdf> [Noviembre de 2010]
- **Jiménez Clementina et al., 2007.** Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del Estado de México, México. Pagina web disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=37023401> [Septiembre de 2008]
- **Juárez-Juárez Minerva; 2009.** Instituto Politécnico Nacional-

UPIBI. Departamento de ciencias básicas. Manual de prácticas de laboratorio de química ambiental II.

- **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.** Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> [Noviembre de 2010]
- **Ley que crea el organismo descentralizado 'fertilizantes de Veracruz.** Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/VERACRUZ/Leyes/VERLEY84.pdf> [Abril de 2008]
- **Ley que Crea la Comisión de Comercialización de Productos Agrícolas en el Estado de Veracruz.** Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/VERACRUZ/Leyes/VERLEY86.pdf> [Abril de 2008]
- **LGPGIR.** Disponible en: <http://74.125.95.132/search?q=cache:-3ri0htUdroJ:www.profepa.gob.mx/NR/ronlyres/ECB13E70-FB0C-4C35-B042-5FE59545AF09/6266/LGPGIR.pdf+LGPGIR&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx> [Junio de 2009]
- **López-Sánchez Felipe, 2009.** Apuntes de Contaminación del suelo. Bases teóricas. Maestría en Ingeniería Civil. ESIA-IPN.
- **Lucas Viñuela, Enedina, 2009.** Características generales de los plaguicidas principios para el establecimiento de los LMR de plaguicidas según la reunión conjunta FAO/OMS sobre residuos de plaguicidas (JMPR). FAO-OMS. Documento web disponible en: www.rlc.fao.org/es/nutricion/codex/pdf/plagui.pdf [Mayo de 2009]
- **Maderey, 2005.**
- **Muñoz I. et al, 2000.** Manual de análisis de suelo. Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.
- **Nasehi Fatemeh et al. 2007.** Research Journal of Biological Sciences. Measurement Residue of Two Current Used Pesticides (Endosulfan and Fosalon) in Colorado Potato Beetle Control. Documento web disponible en: <http://www.medwelljournals.com/fulltext/rjbs/2007/670-673.pdf>

[Diciembre de 2008]

- **NOM-021-SEMARNAT-2000.** Norma Oficial Mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.
- **NOM-044-SSA1-1993.** Norma Oficial Mexicana, envase y embalaje. requisitos para contener plaguicidas.
- **NOM-045-SSA1-1993.** Norma Oficial Mexicana, plaguicidas. productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial. etiquetado.
- **NOM-052-SEMARNAT-2005.** Norma Oficial Mexicana, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- **NOM-232-SSA1-2009.** Norma Oficial Mexicana. Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y domestico.
- **Olivera Silvia y Rodríguez-Ithurralde Daniel, s/a.** Pesticidas, salud y ambiente. Artículos de divulgación científica publicados en la revista Posdata. Disponible en: <http://www.iibce.edu.uy/posdata/drit.htm> [Octubre de 2010]
- **PIMUDES, 2008.** Programa de investigación multidisciplinaria para un desarrollo sustentable
- **Quantin y Geissert, s/a.** Características químicas y mineralógicas de un Andosol y de un suelo Ferralítico en Xalapa Veracruz. Instituto Nacional de Investigación de Recursos Bióticos-INIREB.
- **RAAA, 2009.** Aspectos técnicos del proceso de gestión de envases de plaguicidas en la provincia de Concepción y Chupaca, Valle del Mantaro <http://www.raaa.org.pe/documentos/sgp-D-2.pdf> [Junio de 2009]
- **REMEXMAR, 2008.** Proyecto Temático nacional de la REMEXMAR. Reporte final. Disponible en: <http://mx.geocities.com/manejoderesiduos/default.htm> [Junio de 2009]
- **Reyes J., 1996.** Fundamentos teórico-prácticos de temas selectos

de la ciencia del suelo.

- **SEMARNAT, 2008.** Programa de recolección de envases vacíos de agroquímicos (campo limpio). <http://www.semarnat.gob.mx/estados/bajacalifornia/noticias/eventos/Pages/agroquimicos.aspx> [Junio de 2009]
- **Seoáñez Calvo, Mariano et al., 2000.** Capítulo 21 Procesamiento general y reciclado de otros residuos que se aportan con frecuencia al suelo. Tratado y recuperación de los productos de los residuos: El reciclado en la naturaleza, el reciclado en el medio agrario, el reciclado y la recuperación en el medio urbano, el reciclado y la recuperación en el medio industrial: casos prácticos de cada sector. Editado por Mundi-Prensa. 179-201 pp.
- **Textos científicos, 2006.** Importancia del Análisis de suelos. Disponible en: <http://www.textoscientificos.com/quimica/suelos/analisis> [Junio de 2009]
- **Tricárico Fabián, 2009.** Centro Científico Tecnológico (CCT) Argentina,. Enciclopedia del ambiente. Organoclorados. Argentina. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Organoclor.htm> [Junio de 2009].
- **UNLP, s/a.** Departamento de Ciencias Biológicas. Guia de Seminario: Plaguicidas. Argentina. Pagina web disponible en: http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte_2/plaguicidas.html [Mayo de 2009]
- **Wikipedia.** Endosulfán. Enciclopedia disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Endosulf%C3%A1n> [Septiembre de 2008]