



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

---

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS  
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**DETERMINACIÓN DE PARATIÓN METILICO POR ESPECTROFOTOMETRÍA EN  
SUELO DE ZONAS GREGARÍGENAS DE *Schistocerca piceifrons piceifrons* Y SU  
PROBABLE EFECTO EN LA APICULTURA.**

PRESENTA:

**BIÓL. BEATRIZ ESTRELLA ARREOLA MARTINEZ**

**DIRECTORA DE TESIS:**

DRA. MARÍA GUADALUPE GALINDO MENDOZA

**ASESORES:**

DRA. LETICIA G. YÁÑEZ ESTRADA  
DR. CRISTÓBAL ALDAMA AGUILERA

## **CRÉDITOS INSTITUCIONALES**

PROYECTO REALIZADO EN

**Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información  
Fitosanitaria (LaNGIF)**

**Y**

**El Laboratorio de Género, Salud y Ambiente, Departamento de Toxicología  
Ambiental, Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis  
Potosí**

CON FINANCIAMIENTO DE:

**SAGARPA – SENASICA**

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

**SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA FITOSANITARIA**

**AGRADEZCO A CONACYT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS**

**BECARIO Núm. 247865**

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS DEL  
PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

---

## AGRADECIMIENTOS

*Primero que nada quiero agradecer a mi madre y hermano por estar siempre a mi lado, gracias por su apoyo, amor y sobre todo por confiar en mí en todo momento, afortunadamente los tengo como familia, los adoro y admiro muchísimo.*

*A Hugo Medina, mi esposo por ser parte de este maravilloso proyecto de vida, gracias amor por todo tu apoyo incondicional, tus consejos, tu paciencia y sobre todo por ser mi compañero de aventuras, Te amo.*

*También agradezco infinitamente a mi comité tutelar la Dra. Guadalupe Galindo, el Dr. Cristóbal Aldama y a la Dra. Leticia Yáñez Estrada por su apoyo, guía y comprensión, gracias por hacer posible la realización de esta tesis.*

*Gracias a mis compañeras de Laboratorio, Rebeca, Andrea, Yosahandi y Roció, por su orientación y agradable compañía, realmente hicieron mi estancia en el laboratorio muy amena y sé que donde sea que este las recordare con mucho cariño.*

*Gracias a Enrique Ibarra por su asesoramiento en la elaboración de mapas, a Gladys Orozco por su ayuda en muchos de los tramites llevados a cabo en la Maestría, y a los técnicos de la campaña contra la Langosta Centroamericana en Yucatán, al Ing. Mario Poot y al Sr. Mario Marín (Coordinador y técnico de la campaña contra la langosta en Yucatán) por su ayuda y agradable compañía durante las visitas a campo.*

*Al Ing. José Luis Flores de la Facultad de Agronomía, al Mtro. Miguel Alonso del Instituto de Zonas Desérticas, por su ayuda en el procesamiento de las muestras.*

*A mis compañeros de generación del P.M.P.C.A por su amistad y paciencia en esta etapa de mi vida, que sin importar el orden en que los escriba todos fueron importantes en este proceso Aleja, Mariana, Lili, Amarantha, Flor, Joab, Ricardo, Rocio y Areli.*

---

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	4
INTRODUCCIÓN .....	9
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITULO 1. GESTIÓN DE LOS PLAGUICIDAS .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 HISTORIA DE LOS PLAGUICIDAS .....</b>	<b>15</b>
1.1.1 LA REVOLUCIÓN VERDE .....	16
1.1.2 REVOLUCIÓN GENÉTICA.....	24
1.1.3 SITUACIÓN ACTUAL .....	28
<b>1.2 MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL, NACIONAL Y ESTATAL .....</b>	<b>29</b>
1.2.1 INTERNACIONAL.....	29
1.2.2 NACIONAL.....	30
1.2.3 YUCATÁN.....	36
<b>1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS .....</b>	<b>36</b>
<b>1.4 INDICADORES PARA EL USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS .....</b>	<b>38</b>
<b>CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>49</b>
<b>2.1 YUCATÁN .....</b>	<b>49</b>
2.1.1 CLIMA .....	50
2.1.2 RELIEVE.....	51
2.1.3 USO DE SUELO .....	53
2.1.3.1 IMPORTANCIA DE LA ACTIVIDAD APÍCOLA EN YUCATÁN .....	54
<b>2.2 LANGOSTA CENTROAMERICANA (<i>SCHISTOCERCA PICEIFRONS PICEIFRONS</i>) .....</b>	<b>58</b>
2.2.1 FACTORES QUE FAVORECEN LA PRESENCIA DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA EN YUCATÁN .....	61

2.2.2 TIPOS DE CONTROL DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA .....	66
2.2.3 PARATIÓN METÍLICO.....	68
2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL PARATIÓN METÍLICO .....	70
<b>CAPITULO 3. DETECCIÓN DE RESIDUOS DE ORGANOFOSFORADOS POR UN MÉTODO COLOMÉTRICO.....</b>	<b>75</b>
3.1 METODOLOGÍA .....	<b>75</b>
3.1.1 NORMATIVA EN MÉXICO Y YUCATÁN .....	75
3.1.2 VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO.....	75
3.1.3 ÁREAS SUSCEPTIBLES POR DEPOSICIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN TIZIMÍN, YUCATÁN .....	78
3.1.4 RESIDUOS DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO .....	79
3.1.5 DEGRADACIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO.....	81
3.1.6 RESIDUOS DE PARATIÓN METÍLICO EN MIEL .....	82
3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	<b>82</b>
3.2.1 NORMATIVA EN MÉXICO.....	82
3.2.2 VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO.....	84
3.2.3 ÁREAS SUSCEPTIBLES POR DEPOSICIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN TIZIMÍN, YUCATÁN.....	88
3.2.4 RESIDUOS DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO. ....	93
3.2.5 DEGRADACIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO.....	98
3.2.6 RESIDUOS DE PARATIÓN METÍLICO EN MIEL. ....	99
3.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	<b>104</b>
3.3.1 CONCLUSIONES .....	104
3.3.2 RECOMENDACIONES.....	106
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO 1. LEYES Y REGLAMENTOS EN MATERIA DE PLAGUICIDAS. ....</b>	<b>119</b>

**ANEXO 2. CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS. .... 123**

**ANEXO 3. REFLEXIÓN DEL CASO DE ESTUDIO ..... 125**

## **INDICE DE TABLAS**

*Tabla 1. Leyes y reglamentos en materia de gestión de plaguicidas..... 33*

*Tabla 2. Normas oficiales mexicanas de la SAGARPA relacionadas con la gestión de plaguicidas..... 34*

*Tabla 3. Normas Oficiales Mexicanas de la SEMARNAT relacionadas con la gestión de plaguicidas..... 35*

*Tabla 4. Normas Oficiales Mexicanas de la SSA relacionadas con la gestión de los plaguicidas. .... 35*

*Tabla 5. Normas Oficiales Mexicanas de la STPS relacionadas con la gestión de plaguicidas..... 35*

*Tabla 6. Normas Oficiales Mexicanas de la SCT relacionadas con la gestión de los plaguicidas..... 35*

*Tabla 7. Clasificación de plaguicidas..... 37*

*Tabla 8. Clasificación de la OMS de plaguicidas de acuerdo al grado de toxicidad. .... 37*

*Tabla 9. Clasificación de la CICOPLAFEST de plaguicidas de acuerdo al grado de toxicidad..... 38*

*Tabla 10. Indicadores para evaluar el impacto por el uso de plaguicidas. .... 38*

*Tabla 11. Casos reportados por tipo de intoxicación por plaguicidas. .... 46*

*Tabla 12. Normas relacionadas con plaguicidas en alimentos..... 56*

*Tabla 13. Clasificación de la toxicidad del paratión metílico (FAO, 1997; Ortiz, 2003)..... 69*

*Tabla 14. Propiedades fisicoquímicas del paratión metílico. .... 70*

*Tabla 15. Estudios relacionados con paratión metílico en suelo..... 71*

*Tabla 16. Estudios en México relacionados con paratión metílico en suelo..... 72*

*Tabla 17. Estudios relacionados con paratión metílico en miel. .... 73*

*Tabla 18. Análisis FODA de plaguicidas organofosforados..... 82*

*Tabla 19. Medidas de tendencia central y de dispersión. .... 85*

*Tabla 20. Medidas de tendencia central y de dispersión. .... 86*

*Tabla 21. Datos climatológicos en San Luis Potosí, 2010..... 87*

*Tabla 22. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelo del municipio de Tizimín, Yucatán..... 94*

*Tabla 23. Porcentaje de inhibición de AChE en muestras de suelo del Municipio de Tizimín. .... 95*

*Tabla 24. Promedio y desviación estándar de porcentaje de inhibición de AChE en las muestras de suelo... 96*

## **INDICE DE FIGURAS**

*Figura 1. Número de instrumentos jurídicos en materia de gestión de plaguicidas en México y Yucatán. .... 39*

*Figura 2. Volumen de producción de plaguicidas químicos de 2005 a 2011, en México. .... 40*

*Figura 3. Casos de intoxicaciones por plaguicidas en México periodo 1999-2009. .... 45*

*Figura 4. Casos reportados por intoxicación por grupo químico en México 2009. .... 46*

*Figura 5. Casos reportados de intoxicación en México por ruta de exposición en 2009. .... 47*

*Figura 6. Casos reportados por Estado en México en 2009. .... 48*

*Figura 7. Mapa de índice de marginación de Municipios de Yucatán..... 49*

*Figura 8. Mapa de climas del Estado de Yucatán. .... 51*

*Figura 9. Mapa de unidades de suelo del Estado de Yucatán, México. .... 52*

<i>Figura 10. Mapa de uso de suelo de Yucatán. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 11. Mapa de distribución de plagas por región agroecológica en la Republica Mexicana. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 12. Situación de la langosta centroamericana en Yucatán en el periodo de Enero – Agosto 2010. ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 13. Ciclo de vida de Schistocerca piceifrons piceifrons. ....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 14. Mapa de peligros de Schistocerca piceifrons piceifrons, en el estado de Yucatán. ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 15. Pesado y filtrado de muestras. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 16. Toma de muestras de suelo de Tizimín. ....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 17. Determinación de pH y conductividad. ....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 18. Parcela de la Facultad de Agronomía de la UASLP, donde se aplicó el paratión metílico. ....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 19. Porcentaje de inhibición de AChE por diferentes cantidades de paratión metílico, incubadas a diferentes tiempos. ....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 20. Porcentaje de inhibición de AChE medida 24 horas después de la fortificación. ....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 21. Curva de calibración de paratión metílico en suelo. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 22. Control de calidad interno de paratión metílico en suelo. ....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 23. Degradación de paratión metílico en suelo, bajo condiciones ambientales de San Luis Potosí. ....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 24. Mapa de dirección de los vientos predominantes en los puntos de aplicación de paratión metílico del Municipio de Tizimín. ....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 25. Mapa de áreas susceptibles a la deposición de paratión metílico en el municipio de Tizimín. ....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 26. Áreas de localidades susceptibles a la deposición de paratión metílico en tizimín, yucatán. ....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 27. Áreas de cuerpos de agua susceptibles a la deposición de paratión metílico en Tizimín. Yucatán. ....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 28. Áreas de recolección de alimento de las abejas susceptible a la deposición de paratión metílico en Tizimín, Yucatán. ....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 29. Precipitación media mensual 2011 en el Estado de Yucatán. ....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 30. Degradación de paratión metílico en suelo durante 2 meses. ....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 31. Apíario del municipio de Tizimín, Yucatán. ....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 32. Mapa de ubicación de apíarios de Tizimín, 2010. ....</i>	<i>100</i>

## **INTRODUCCIÓN**

Para cubrir la creciente demanda en el mundo, primero de alimentos y posteriormente de fibras, se ha tenido que transformar el territorio, pasando de vegetación natural a sistemas agropecuarios a través de los siglos, desarrollando conocimientos y tecnologías que permitan producir cada vez más y mejores productos (FAO, 2008).

México con gran parte de su territorio nacional utilizado para las actividades agropecuarias (INEGI, 2010), se ha tenido que enfrentar a amenazas en la agricultura, una de ellas es la presencia de otros seres que compiten por el producto de las cosechas (FAO, 2008), las denominadas plagas, considerados como cualquier especie o raza o biotipo animal o vegetal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (INIFAP, 2010; SENASICA, 2009), consideradas como graves problemas fitosanitarios ya que pueden arrasar con cultivos. Los insectos plaga son los problemas fitosanitarios más importantes para México ya que afectan a más del 73% de los sistemas-producto (conjunto de elementos y agentes concurrentes de los procesos productivos de productos agropecuarios) (SAGARPA, 2010), desarrollándose algunos de ellos en áreas de alto impacto ambiental y cambio climático (SENASICA, 2009).

Las formas de combatir estas plagas y enfermedades agrícolas son muy variadas, a través del control cultural, biológico y químico, en la actualidad estas se pueden combinar de manera racional y técnicamente adecuada, lo que se conoce como Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Téliz, 1975). Sin embargo la manera más común de control o erradicación de estos organismos han sido, continúan y seguirán siendo, los plaguicidas, definidos como cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destinen a controlar cualquier plaga, que cause perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria (SEMARNAT, 2004), estos se clasifican de acuerdo a su origen, formulación, estructura química, organismos a los que afecta, modo de acción y toxicidad (EPA, 2011; SEMARNAT, 2004).

Si bien existen datos del número de plagas que afectan los sistemas producto en el país, hasta el día de hoy no hay datos precisos sobre la cantidad de plaguicidas aplicados en México, Albert (2005) señaló que el consumo aproximado de ingredientes activos en el año 2000 fue de 50 000 toneladas anuales, con un valor en el mercado entre 400 y 600 millones

de dólares americanos; existiendo la posibilidad que este valor subestime la realidad (Albert, 2005), y de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el 2011 se produjeron 23 191 toneladas de insecticidas en el País (INEGI, 2012).

Sin embargo estas sustancias pueden impactar de manera positiva o negativa. Por un lado considerándolos como una tecnología que ha permitido asegurar una mejor y mayor producción de alimentos y otros productos, en beneficio de la supervivencia y bienestar de la humanidad y por el otro algunas de estas sustancias químicas provocan daño ambiental y daño a la salud humana trayendo consigo consecuencias como: Intoxicaciones humanas y de animales; contaminación de cuerpos de agua, del suelo y de alimentos.

México se ha suscrito a diferentes Convenios Internacionales que tienen la finalidad de promover el uso adecuado de estas sustancias y minimizar los efectos negativos causados por estas. Entre estos convenios destacan el Protocolo de Montreal, relativo a sustancias que agotan la capa de ozono, entre las cuales se encuentran los plaguicidas. El Tratado de Libre Comercio de América Latina (TLCAN), entre lo que se pretendía promover medidas ambientales efectivas y económicamente eficientes. En materia de Inocuidad alimentaria, México se integra al Codex Alimentarius, en este se fijan las normas de seguridad alimentaria de referencia para el comercio internacional de productos alimenticios (Bejarano, 1993). Otro es el Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea (TLCUEM), en relación con el comercio de sustancias tóxicas. El Convenio de Estocolmo es el más reciente de todos, este trata sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's), regula el tratamiento de sustancias tóxicas.

En México la COFEPRIS es el órgano que se encargaba de la gestión y regulación de las sustancias químicas como los plaguicidas, coordinado por diferentes secretarías como la Secretaría de Economía, Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo Social, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Secretaría de Salud (SSA) (SEMARNAT, 2004). Ahora cada Secretaría involucrada en alguna fase del ciclo de vida de los plaguicidas se encarga de hacer cumplir la normativa en la materia de su injerencia, pero no existe una coordinación entre estas ya que cada una se basa en su propio enfoque.

Por ejemplo, para el registro de plaguicidas la SSA es la encargada de emitirlos en coordinación con SAGARPA y SEMARNAT. La SSA se encarga de proteger la salud ambiental y ocupacional a través de la prevención y control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud humana como el manejo de sustancias tóxicas o peligrosas, esta Secretaría cuenta con la COFEPRIS (Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios) órgano que concentra la mayoría de las atribuciones en materia sanitaria y de salud ambiental que representa una autoridad en materia de regulación y fomento sanitario de la producción, comercialización, importación, publicidad o exposición involuntaria de sustancias tóxicas o peligrosas. La SAGARPA se encarga de normar la expedición para los registros de los plaguicidas de uso agrícola y supervisar su uso, determinar la efectividad biológica de estos, así como establecer los límites máximos de residuos en productos agropecuarios, y la SEMARNAT se encarga de regular y llevar a cabo su gestión y monitorear sus residuos en ambiente, promoviendo medidas para evitar que residuos, sustancias y materiales tóxicos producto de las actividades humanas causen un deterioro o desequilibrio ambiental, estas obligaciones no se llevan a cabo de manera coordinada.

Aún cuando la SEMARNAT es la encargada de monitorear los residuos de plaguicidas en el ambiente (SEMARNAT, 2004), es esta la que carece de más estudios. Sin embargo, los investigadores de diversas Instituciones educativas han generado información acerca de este rubro.

Otro recurso afectado por la aplicación de los plaguicidas es el suelo, considerándose que el 50% de los plaguicidas utilizados se asienta en los suelos, esto puede llegar a impedir su proceso natural de fertilización y en algunos casos los niveles de contaminación son peligrosos para la salud (Márquez, 1999). El movimiento del plaguicida se relaciona estrechamente con la forma de aplicación siendo una de ellas la aplicación directa con la cual llegan las más altas concentraciones al suelo. Entre los factores que condicionan en forma directa el destino de los plaguicidas se encuentran: tipo de suelo, naturaleza del Plaguicida, contenido de humedad, pH, temperatura del suelo (Sethunathan, 1993). Existen trabajos que evaluaron la presencia, residualidad y degradación de plaguicidas en suelo (Belanger *et al*, 1998; Yoshioka *et al*, 1991). Sin embargo hacen falta más estudios en sitios

donde la aplicación para el control de plagas es de manera constante, como el caso de Yucatán donde se aplican organofosforados para el combate de la langosta, plaga que continuamente causa graves pérdidas económicas.

Otra preocupación respecto a los residuos de plaguicidas, es la presencia de estos en alimentos. Siendo en los últimos años el estudio de la contaminación química en alimentos una creciente preocupación para mantener la seguridad alimentaria en todo el mundo. Se ha determinado realizar seguimientos e inspecciones que permitan dar a conocer la cantidad de residuos presentes en estos y con esto proponer soluciones correctivas a problemas recurrentes en la aplicación inadecuada de plaguicidas y de fármacos veterinarios cuyos residuos pueden deteriorar la salud humana (González *et al* 2000).

En México, la SAGARPA cuenta con el Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) que se encarga de la inspección y vigilancia y certificación de la sanidad, inocuidad y calidad agrícola estableciendo pautas para determinar los Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas en alimentos pero estas medidas no son de observancia obligatoria (SENASICA, 2001).

Uno de los alimentos que monitorea el SENASICA es la miel, esto por ser un producto de exportación que debe de cubrir ciertos estándares de calidad que exigen los países importadores, este producto puede llegar a contaminarse por plaguicidas de manera directa por el uso de estos como tratamiento de las enfermedades de las abejas como la varroa (Aguilera, 2009), o de manera indirecta por el uso de estas sustancias para el control de otras plagas, transportándolos a la colmena y contaminando el polen y miel o llegar a matar a estos organismos (Devillers *et al*, 2002). Entre los plaguicidas que pudieran encontrarse como residuo en miel están los carbamatos y los organofosforados como dimetoato, cumafós (Maeso *et al*, 1994) heptenofos y paratión metílico (Blasco *et al* 2003).

El insecticida paratión metílico, clasificado este como extremadamente tóxico, por la EPA, OMS y UE, pertenece al grupo de los organofosforados, cuyo mecanismo de acción es inhibir a la enzima acetilcolinesterasa (AChE), a través del cual producen sus principales efectos tóxicos en los organismos, fundamentalmente estos compuestos interaccionan con la enzima bloqueando su función en el organismo en forma irreversible, ocasionando la

acumulación del neurotransmisor acetilcolina (Lagunes y Villanueva, 1994). De acuerdo a sus características fisicoquímicas indican que puede llegar a encontrarse en aire o suelo.

Este plaguicida es uno de los compuestos químicos más empleados por el Estado de Yucatán para la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Herrera, 1943; Zurita, 1943; Márquez, 1963), insecto que se alimenta de 15 cultivos aproximadamente y que toma mayor importancia económica cuando se desplaza de las zonas gregarígenas a las zonas cultivadas, causando graves pérdidas económicas. En algunos de los lugares en donde se registra la presencia de la langosta se suelen encontrar establecidos apiarios, que se utilizan para la producción de miel como fuente de autoconsumo o venta de este producto, existiendo la posibilidad de que este plaguicida tenga un efecto negativo en la producción de miel, pues al ser de amplio espectro podría disminuir la población de abejas y contaminar sus productos, siendo Yucatán uno de los bastiones más importantes de miel alcanzando el 30% del total de la producción nacional, que incluso cuenta con calidad exportadora (Ayala, 2001), podría verse afectado si los plaguicidas matan a las abejas o contaminan sus productos. En el municipio de Tizimín perteneciente al Estado de Yucatán se da esta situación, pues su principal actividad es la ganadería bovina utilizando áreas naturales como selvas y modificándolas para el establecimiento de pastizales que sirven como alimento para el ganado, esto ha ocasionado que se creen espacios idóneos en donde la langosta puede desarrollarse ubicando al municipio constantemente con un alto riesgo por presencia de este insecto. Además el municipio también se dedica en menor medida a la apicultura contando con más de 1000 apiarios ubicados a lo largo de todo el municipio y que son utilizados para obtener miel de autoconsumo o de exportación.

Por lo que es importante monitorear los residuos de estas sustancias en suelo con métodos que puedan indicar de manera rápida y económica la cantidad presente de plaguicida, como el método de Ellman modificado por Sánchez Meza-Yáñez, utilizado en este trabajo en los sitios donde se aplicó este plaguicida; otro medio en el cual puede encontrarse es en aire, afectando a organismos no blancos como las abejas que en Yucatán son utilizadas para obtener productos como la miel que son alimentos de consumo local, regional, nacional y

de exportación, por lo que es relevante investigar si a presencia de este plaguicida afecta de alguna manera la actividad apícola en el sitio de Estudio.

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la existencia de residuos de paratión metílico en suelo, por un método espectrofotométrico en zonas de riesgo por Langosta Centroamericana y determinar si este causa algún efecto en la producción de miel del municipio de Tizimín.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Realizar una revisión de las funciones de las instituciones involucradas en la gestión de los plaguicidas en México y Yucatán.
- Describir los factores ambientales que influyen en la presencia de la langosta centroamericana en Yucatán.
- Validación del método analítico para determinar residuos de organofosforados en suelo.
- Identificar las áreas susceptibles por deposición de paratión metílico en Tizimín, Yucatán.
- Determinar la presencia de paratión metílico en suelo a través de la inhibición de acetilcolinesterasa.
- Evaluar la degradación del paratión metílico en suelo, con respecto al tiempo.
- Identificar si el paratión metílico usado en el control para la Langosta Centroamericana, representa un riesgo para la producción de miel en Tizimín.

## **CAPITULO 1. GESTIÓN DE LOS PLAGUICIDAS**

### **1.1 HISTORIA DE LOS PLAGUICIDAS**

Para poder abordar el tema de los plaguicidas es necesario recordar la historia de la agricultura pues estos dos van de la mano, el descubrimiento de la agricultura se dio por medio de la técnica, no se produjo *per se* sino que requirió las manos de la sociedad, es decir, fue creada por el trabajo humano, y actualmente no se puede explicar sin el desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas (González, 2006).

La agricultura y su tecnificación se presentó más contundente y homogénea desde la llegada de los españoles, pues anterior a este suceso la técnica que se había desarrollado para los cultivos agrícolas prehispánicos se basan en el sistema de milpa (policultivo) (Aguilar y Catherine, 2003), Durante esta época la producción agrícola no representaba en sí misma una obtención de productos para la mercantilización, con la llegada de los españoles se presenta una introducción de la técnicas europeas empleadas en la agricultura basadas principalmente en el monocultivo y en herramientas de metal entre otras técnicas que favorecieron el cambio espacial de la agricultura, también se introdujo la ganadería teniendo un alto impacto en la transformación del espacio hasta el punto de terminar con la fertilidad del suelo por la erosión y la pérdida de la cubierta vegetal por el sobrepastoreo (González, 2006).

Con el desarrollo de la agricultura surge la presencia de organismos considerados como plaga definidos como “cualquier organismo que a determinado nivel de población o inóculo, compite y puede causar daño económico sobre otra especie animal o vegetal cultivada en cualquiera de las etapas de crecimiento, desarrollo, producción o manejo posterior” (Lopez-Avila, 1993), constituyéndose una guerra, dada por el hombre ya de más de 4000 años contra una gran variedad de a menudo pequeños pero temibles enemigos (Conway, 1976).

Los daños ocasionados por las plagas y las enfermedades han asolado a los agricultores, entre los cuales pueden ser económicos (pérdida de productividad, ingresos e inversiones) y psicológicos (conmoción y pánico) (SINAVEF, 2009).

Para el siglo XX, fueron de uso común las sustancias químicas inorgánicas como el arseniato de plomo y acetoarsenito de cobre, para controlar plagas de insectos. Autores como Hartley y Kidd coinciden en que los plaguicidas no son un fenómeno del siglo XX, pues la primera mezcla de fungicida sintético usado fue el caldo de bordelés, en 1895 (Carrero, 1996).

Hasta la década de los 40's empezó la época de los insecticidas organoclorados y organofosforados, estos y algunos herbicidas hormonales sintéticos que se desarrollaron subsecuentemente, parecieron ser tan exitosos en el control de las plagas que fueron adoptados rápidamente para su uso, e impulsaron el surgimiento de una industria agroquímica multimillonaria (Rodríguez *et al*, 2000).

Por ejemplo el DDT, plaguicida organoclorado que en 1930 se reconocen sus propiedades insecticidas, aunque este ya se utilizaba para el control de mosquitos y piojos durante la segunda guerra mundial, poco después se empezó a usar en la agricultura (López, 1993).

Con la introducción del DDT y de otros plaguicidas organoclorados, para 1948 se inició la aplicación intensiva de plaguicidas sintéticos (Albert, 2005). De esta manera, el combate de plagas se convierte en la acción estratégica más importante para lograr altas cosechas, y la aplicación de plaguicidas como la medida más rentable para los intereses económicos del productor. Esto facilitó la introducción en la agricultura mexicana de un número creciente de plaguicidas, siendo no solo la importación de los insumos sino también la fabricación y formulación local de numerosos compuestos para su uso generalizado en extensas regiones de agricultura comercial y de temporal (Rodríguez *et al*, 2000).

Tras este periodo de modernización y tecnificación de la agricultura mexicana viene lo que se conoce como la Revolución Verde.

### **1.1.1 LA REVOLUCIÓN VERDE**

La revolución verde se refiere a un modelo implementado en la agricultura a fin de obtener mayores rendimientos, echada andar en la década de los cincuenta impulsado por Estados Unidos con la finalidad de generar altas tasas de productividad agrícola sobre la base de una producción extensiva de gran escala y el uso de alta tecnología (Ceaccon, 2008). La

búsqueda de altos rendimientos implicó el monocultivo, con la consecuente erosión genética de las principales variedades agrícolas. Porque tras la Revolución Industrial el requerimiento de la producción de alimento para sustentar la industrialización y la presencia tanto de eventos climáticos como escasez o inundaciones así como de enfermedades hizo resaltar la importancia de la producción alimentaria (González, 2006), esta tenía como principal soporte la selección genética de nuevas variedades de cultivo de alto rendimiento asociada a la explotación intensiva permitida por el riego y el uso masivo de fertilizantes químicos, plaguicidas y herbicidas, tractores y otra maquinaria pesada (Esteva, 2003).

En México, se pone en marcha la Revolución verde en 1943 cuando inicia su programa mexicano de agricultura, concentrado principalmente en el mejoramiento del maíz y trigo, estableciendo en México el Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) con resultados sorprendentes en la producción, por ejemplo de trigo que paso de producirse 750 kg por hectárea en 1950, a 3200 kg en la misma superficie en 1970 (Mier y García de León, 2003).

Sin embargo, todo ese avance tecnológico en la agricultura trajo consigo también consecuencias, el número de plagas aumentó mientras que el consumo de plaguicidas se incrementaba, pareciendo una relación directa entre el consumo de plaguicidas y el surgimiento de plagas pasando a consumir entre 10 y 20% más de los plaguicidas y su consumo tendía aumentar rápidamente, con ello se vertieron agroquímicos sin medida al suelo y al agua hasta niveles peligrosos, al mismo tiempo el consumo de fertilizantes aumentó mientras que la productividad no era tan considerable (González, 2000).

Para regular las importaciones y proteger a la industria nacional de plaguicidas base y de la formulación contra la importación excesiva de materiales formulados, en el año de 1956, se creó por acuerdo presidencial el Comité Consultivo en materia de Importación y Distribución de Fertilizantes y Parasiticidas (Velez, 1988) y tres años más tarde, en 1959 se crea la Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes (AMIPFAC).

Esta tecnología contó con fuertes inversiones internacionales, para convencer a las autoridades de que era un cambio rápido y seguro para modernizar la agricultura mexicana.

Entre estos apoyos destacan el que dio la Fundación Rockefeller para que las principales escuelas de agronomía del país hicieran énfasis en los principios básicos de esta Revolución como base de la productividad agrícola, entre ellos, el monocultivo (Sarmiento, 1999). El gobierno mexicano contribuyó otorgando fuertes subsidios a los insumos para convencer a los grandes agricultores que las variedades de alto rendimiento y la tecnificación de los distritos de riego les darían más ganancias que aumentar el área bajo producción (Barrera, 1988).

A principios de la década de los 60's se introdujeron comercialmente los carbamatos y a finales los piretroides. Con la síntesis de la permetrina, en 1972 se abre la posibilidad de usar piretroides sintéticos para el control de plagas. Para la década de los 70's los comerciantes y procesadores de frutas y hortalizas aumentaron sus estándares cosméticos, lo cual precisó mayor número de aplicaciones de plaguicidas (Bejarano, 1993).

Los fertilizantes, herbicidas y plaguicidas se difundieron durante los años setentas y ochentas en casi todos los sistemas de milpa de todas las regiones de todo el país hasta en los más recónditos (Sarmiento, 1999). La política oficial le declaró la guerra a la milpa: los apoyos estaban condicionados a los paquetes tecnológicos, que incluían semillas mejoradas, fertilizantes, herbicidas y plaguicidas y demandaban monocultivo, en aras de un mayor rendimiento, sin considerar los efectos ambientales, ni las tradiciones gastronómicas de cada país (Aguilar *et al*, 1998).

Después de muchos años de la Revolución Verde, se podía observar una transformación de los suelos agrícolas en simples sustratos de sustentación de plantas que exigían técnicas artificiales cada vez más caras además de encontrarse erosionados muchos de estos sustratos (Carrere, 2004). La investigadora en manejo ecológico de suelos Ana Primavesi, sustentó que la erosión es el fruto de un manejo inadecuado del suelo (Primavesi, 1984), aunque la declividad del terreno y la intensidad y la duración de las lluvias intensifican la erosión.

Por otro lado, tanto empíricamente como conceptualmente el Manejo Integrado de Plagas (MIP), entendido como la combinación de varios métodos de control para mantener las plagas a niveles que no causen pérdidas de importancia económica, sin provocar serios

perjuicios ambientales ni humanos (Fundora e Izquierdo, 2000), tuvo su origen a comienzos de la década de los años 70's como reacción a la crisis ambiental generada por el uso de plaguicidas en la revolución verde, este plantea el uso racional de métodos culturales, biológicos y químicos para el control de insectos, ácaros y otras plagas, el control biológico es el componente principal pero se puede integrar el uso adecuado de productos químicos solo cuando la densidad de la plaga es de tal magnitud que sobrepasa el umbral de daño económico y a la vez, la presencia de enemigos naturales es escasa (Restrepo, 1988).

Sin embargo, no es sino hasta que se presenta una crisis en el cultivo de algodón en varios países latinoamericanos que se implementan los primeros programas de MIP, aunque con un enfoque integral en el sentido de la utilización de varios métodos de represión, todavía con los conceptos radicales de control y erradicación de la plaga como objetivo y con poca o ninguna preocupación por la conservación del equilibrio y la sostenibilidad de los procesos biológicos dentro de los ecosistemas (Andrews y Quezada, 1989). Además durante más de dos décadas después de los intentos para su implementación en la agricultura la mayoría de los casos terminaban en fracaso, por una parte porque se tenía una interpretación demasiado teórica y a veces utópica que pretendía conciliar y hacer compatibles los conceptos de desarrollo tecnológico y de alta productividad, vigentes en el modelo de la revolución verde, con un modelo ecológico, entendido bajo un concepto conservacionista que no tenía ningún soporte técnico-científico (Hilje y Saunders, 2008).

Durante esta época, empieza a surgir la preocupación sobre los efectos en salud humana de los plaguicidas a nivel mundial creando convenios que promovían la responsabilidad y los esfuerzos de diversos países con el objetivo de proteger la salud humana y el ambiente, de los posibles daños que pudieran ocasionar estas sustancias, como es el caso del Convenio de Estocolmo (ONU, 2009).

Para 1979 México se convierte en signatario de la Convención de Protección de las Plantas (CIPF) dependiente de la FAO este es un acuerdo internacional cuya finalidad es proteger las plantas cultivadas y silvestres previniendo la introducción y propagación de plagas (FAO, 2010); con Canadá y EUA de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO); así como el organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria

(OIRSA) enfocándose principalmente en los daños que podrían ocasionar las plagas en los cultivos y buscando alternativas para su control (Zazueta, 1988), además de participar en las reuniones del Codex Alimentarius, programa mixto de FAO/OMS, que tiene por objeto proteger la salud de los consumidores. Estableciendo límites máximos de residuos en alimentos, para garantizar prácticas equitativas en el comercio de alimentos y promover la coordinación del conjunto de trabajos sobre normas alimentarias emprendidos por Organizaciones Gubernamentales e Internacionales (Sarmiento, 1999).

El 21 de Junio de 1983, nace la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina (RAP-AL) en el marco del "Seminario Latinoamericano sobre Uso de Plaguicidas" realizado en Santa Cruz de Tlaxcala, México, organizado por la Asociación Mexicana de Estudios para la Defensa del Consumidor y la Organización Internacional de Asociaciones de Consumidores. El encuentro fundacional tuvo como objetivo aunar fuerzas para luchar contra el uso y abuso de los plaguicidas y sustituirlos por eficaces métodos alternativos de control de plagas (RAP-AL, 2010).

En 1985, la FAO adoptó el "Código de conducta sobre la distribución y uso de plaguicidas" en respuesta a la creciente evidencia sobre los riesgos asociados al uso de plaguicidas, en el sentido de que la industria debe detener la venta y retirar los productos cuando la manipulación y el uso presenten un riesgo inaceptable bajo cualquier instrucción y restricción de uso (RAP-AL, 2009).

Fue así que, entre los miles de plaguicidas que se venían usando en la actividad agrícola, destacaron en forma negativa los más tóxicos, los de extrema peligrosidad, que a partir de 1985 motivaron el inicio de una campaña mundial impulsada por la PAN Internacional (Pesticide Action Network International) contra esos plaguicidas extremadamente peligrosos, que luego serían conocidos a nivel internacional como la famosa "Docena Sucia": DDT, lindano, los drines, clordano Heptacloro, Clordimeformo, paraquat, 2,4, 5-T, pentaclorofenol, DBCP, EDB, canfecloro y paration. Sin embargo, este último en México se sigue comercializando con productos que lo contienen como ingrediente activo (Pestizid Aktions-Netzwerk, 2009).

En 1986 México ingresa al GATT, hoy la Organización Mundial de Comercio (OMC), con la condición de reducir su nivel promedio de tarifas de importación de alrededor del 80 % a un 50%, pero el país redujo el nivel promedio de tarifas hasta entre 10 y 20% (Ortíz, 1996), además que los miembros que forman parte de él se ven obligados a reducir los obstáculos del comercio derivados de reglamentos técnicos, normas, procedimientos de ensayo y sistemas de certificación, que incluyen a las medidas sanitarias y fitosanitarias que se realizan para la inspección, detección temporal o cuarentenaria para evitar la presencia de plagas y enfermedades, así como los límites tolerables de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas para garantizar la seguridad de los alimentos y la sanidad animal y vegetal (Eicher, 1987), todo esto fue el antecedente del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) (Ortíz, 1996).

En ese mismo año en Uruguay, los países de América Latina acordaron iniciar una nueva ronda de negociaciones, a la que se llamo Ronda de Uruguay, durante este proceso se formó el “grupo de trabajo de las Reglamentaciones y Barreras Sanitarias y Fitosanitarias” que planteó como objetivo el establecer un marco multilateral de normas y disciplinas para reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el comercio. Finalmente se llegó a la propuesta de dos acuerdos para ser incorporados en el borrador del GATT: el acuerdo Sanitario y Fitosanitario y el Código de Barreras Técnicas al Comercio. Estos establecen como acuerdos que:

- A) Las medidas nacionales de seguridad alimentaria estén basadas en principios científicos y no sean mantenidos en contra de la evidencia científica disponible. Esto buscando la armonización a largo plazo de las medidas sanitarias y fitosanitarias entre las partes contratantes siempre que esto sea posible, sobre la base de las normas, directrices y recomendaciones internacionales establecidas por las organizaciones internacionales competentes (Bejarano, 1993).
- B) Los organismos que deberían sentar las bases para un armonización Internacional de las medidas sanitarias y fitosanitarias relacionadas con el comercio agrícola son: la Oficina Internacional de Epizootias en Materia de Sanidad animal, el Codex Alimentarius en materia de residuos de plaguicidas, y la Convención Internacional

de Protección Fitosanitaria de la FAO (IPCC) en lo referente a la protección contra plagas y enfermedades de plantas y productos vegetales en el comercio internacional relacionado a las medidas cuarentenarias. México está suscrito a cada uno de estos organismos y participa además en la Organización de Protección de Plantas (NAPPO) (Gutiérrez, 1992). Siendo el IPCC la base fundamental sobre normas fitosanitarias en los Tratados de Libre Comercio promoviendo el uso de medidas regulatorias fitosanitarias y a la vez impide la entrada de plagas al país.

En 1987, se creó la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) coordinado por la SAGARPA, SEMARNAT y SSA (SEMARNAT, 2004) para llevar a cabo la gestión de las sustancias tóxicas incluidos los plaguicidas y facilitar el cumplimiento con las leyes de salud, salubridad y protección ambiental en México. Pese a los esfuerzos por parte de la CICOPLAFEST para controlar el uso de plaguicidas, (Albert, 2005; SEMARNAT, 2004), pero a finales de los 90's se decía que se consumían alrededor de 50 000 toneladas anuales de ingrediente activo. En octubre de 1987, se decretan las bases de coordinación entre las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) actualmente es la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural y Pesca (SAGARPA), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y de Salubridad y de Asistencia (SSA) actualmente Secretaría de Salud para el ejercicio de las atribuciones respecto a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas confiriéndose las leyes de: Ley de Sanidad Vegetal; Ley General de Equilibrio Ecológico y la Ley de Protección al Ambiente (CICOPLAFEST, 1994).

Tras la firma del TLCAN entre México, Estados Unidos y Canadá se tuvieron varias repercusiones en el uso y manejo de los plaguicidas; se tuvo un mayor acceso al mercado mexicano de plaguicidas importados, debido a la eliminación de aranceles; se incrementó la inversión nacional y extranjera en cultivos de exportación en los que se adoptaron paquetes tecnológicos con un uso intensivo de plaguicidas. (Organización de los Estados Americanos, 2002).

Dado que las barreras comerciales de los Estados Unidos en productos agrícolas y alimentos eran mínimas, relativamente quedaron pocas barreras comerciales agrícolas entre los dos países para que se eliminaran cuando se implementara el TLCAN, las barreras comerciales que quedaban, se fueron eliminando lentamente a los 5, 10 o 15 años, dependiendo del producto (Ceaccon, 2008). Finalmente, aunque el TLCAN con el tiempo elimina la mayoría de los aranceles, incluyendo tarifas y licencias de importación, y muchas de las barreras no arancelarias del comercio agrícola entre México y Estados Unidos las políticas que podrían disturbar el comercio incluyen, los apoyos internos a los precios del productor y subsidios, las diferencias entre los estándares y grados de los productos, regulaciones en el uso de sustancias químicas y sus residuos, estándares en el control de plagas y enfermedades, regulaciones sanitarias y fitosanitarias, y regulaciones similares y su forzoso cumplimiento entre los países (González, 2006; Ortiz, 1996).

Dentro del TLCAN, el capítulo relativo al sector Agropecuario contiene una sección referente a las medidas fitosanitarias. Se establecen reglas específicas que permitan lograr la protección de la vida y la salud humana (Rodríguez et al, 2000). También se establecen los criterios para que las medidas sanitarias y fitosanitarias adoptadas por los países obedezcan a principios científicos, promoviendo un trato no discriminatorio, eliminando obstáculos innecesarios y restricciones encubiertas, para que se tomen como base las normas internacionales y organismos de normalización, se busque entre los países del TLC la equivalencia de sus respectivas medidas y sean el resultado de un proceso de Evaluación de riesgo (que incluye la probabilidad de efectos adversos a la vida y salud humana por presencia de residuos de plaguicidas) y de un nivel de protección adecuado (Organización de los Estados Americanos, 2002).

En los años noventas se anunció una nueva revolución verde: la Revolución genética que uniría a la biotecnología con la ingeniería genética promoviendo de esta manera transformaciones significativas en la productividad de la agricultura mundial. Teniendo como objetivo la creación de organismos genéticamente modificados (OGM) mejor conocidos como transgénicos. (Freebairn, 1995).

### **1.1.2 REVOLUCIÓN GENÉTICA**

El avance revolucionario de la agricultura transgénica tendría que convertirse en el nuevo patrón tecnológico dominante al estilo de la revolución verde, lo cual no ha sucedido, menciona Buiatti “que los resultados están muy por debajo de lo que se había esperado y que las plantas obtenidas hasta ahora no contribuirán de una manera significativa a la solución del problema del hambre”. (Buiatti, 2005).

Los efectos de la agricultura industrializada, provenientes del modelo de la Revolución Verde, fueron catastróficos para el ambiente. Ante ello, la industria biotecnológica ha esgrimido el argumento de que los cultivos transgénicos representan un avance, sobre todo la resistencia a insectos, que puede llevar a la disminución de la aplicación de insecticidas (RAP-AL, 2009), es por ello que se pensó que esta nueva tecnología ofrecería mayor desarrollo al sector agroalimentario, a partir de la generación de productos con nuevas propiedades nutricionales, sin riesgo para la salud, con capacidad de contribuir de manera decidida al abastecimiento de alimentos y disminuir los efectos negativos de la producción agrícola ocasionados por la Revolución Verde (Buttel, 1995). Además incrementaría la eficiencia, al llevar a la investigación a resolver algunos problemas ecológicos agrarios de los países en desarrollo, ofrecería nuevas oportunidades para desarrollar sistemas de producción agrícola fundados en el uso reducido de insumos petroquímicos, permitiría incorporar variedades de semillas tolerantes a herbicidas y plaguicidas por lo que debería ser posible utilizarla para mejorar la agricultura de zonas marginales, mucho más de lo que pudieron las tecnologías de la revolución verde (Shiva, 1997).

Sin embargo, el alto grado de monopolización de la biotecnología y la ingeniería genética por parte de grandes corporaciones "5 de los más importantes gigantes genéticos: Monsanto y DuPont (USA), Novartis (Suiza), Aventis (Francia) y AstraZeneca (Inglaterra y Países Bajos), que tienen a la venta de semillas transgénicas y también agroquímicos (insecticidas, fungicidas, herbicidas) y que controlan aproximadamente el 23% del mercado mundial de semillas, el 60% de plaguicidas y el 100% de las semillas transgénicas" (Steinbrecher y Mooney, 1998), afecta gravemente a la competencia mundial. Esto aparece como un problema para la realización de los estudios de riesgo e

impacto de los transgénicos liberados, en un contexto de escasos fondos públicos en la investigación y poder económico creciente de las corporaciones, porque estas evaluaciones resultan costosas (Cuevas, 2003).

Una de las ventajas como ya se mencionó es la reducción del uso de plaguicidas, desarrollando plantas transgénicas resistentes a plagas específicas (Cohen, 1994), pero esto queda en entredicho, pues las corporaciones venden las semillas transgénicas en lo que se conoce como paquete tecnológico que contiene además de semillas transgénicas, plaguicidas y herbicidas que deben ser aplicados aún cuando no se tenga plaga, como en el caso del algodón Syngenta que vende un paquete llamado AVICTA Complete Cotton que es una combinación del nematicida para tratar sus semillas AVICTA, el insecticida Cruiser y el fungicida Dinastía (Solleiro, 2004). Por otra parte estos paquetes tecnológicos resultan ser muy caros y para los pequeños agricultores resulta casi imposible acceder a ello, de esa manera, se combina la venta de semillas transgénicas con los plaguicidas que producen las empresas productoras de Organismos transgénicos u Organismos genéticamente modificados (OGM's) (Grain, 2001).

Actualmente existen en el mercado cuatro cultivos: maíz, algodón, soya y canola, que se siembran a nivel comercial en varios países: Estados Unidos, Argentina, Brasil, Canadá, India, China, Paraguay y Sudáfrica, las transformaciones genéticas presentes en estas variedades son básicamente resistencia a herbicidas y resistencia a insectos (Soto y Zinn, 2001). Se aprecia que contienen genes que le dan a la planta tolerancia al glifosato y al glufosinato de amonio, lo que en la práctica significa un incremento en el uso de estos plaguicidas.

México se encuentra entre los países que han hecho pruebas de campo y pre-comerciales de los cultivos transgénicos según datos de la SAGARPA y de la COFEPRIS, son aproximadamente 20 los cultivos transgénicos autorizados en México hasta el 2005 entre los que se encuentran: maíz, trigo, tomate, algodón, canola, soya, papa, jitomate, tabaco, alfalfa, remolacha, calabaza, calabacita, melón, papaya, chile, plátano, limón, clavel y lino, sembrados en diferentes partes del país (SAGARPA, 2011). También se ha dado la

introducción de granos mediante importaciones de maíz (Sociedad Latinoamericana de Agroecología, 2009).

Entre las empresas privadas involucradas se encuentran Monsanto, Dow Agrosiences, Syngenta, Aventis y Bayer de México, y de los Centros de Investigación y Universidades están el CINVESTAV y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), CIBIOGEM, así como la UNAM, que lograron en conjunto alrededor del 20% de los permisos destinados más a la experimentación que a la comercialización (Terán, 2008).

En el marco normativo que regulan a los transgénicos se encuentran el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola formado en 1989 por la DGSV como una institución de consulta sobre el análisis que presenten las empresas para justificar la solicitud de liberación de un producto transgénico al ambiente y al campo mexicano; y para establecer políticas y regulaciones sobre los OGM's (Soto y Zinn, 2001); el Convenio de la Diversidad Biológica de la Organización de la ONU (1992) como en el Protocolo de Bioseguridad de Cartagena (PSCB-CDB, 2005). Ambos acuerdos internacionales han sido firmados por México, de manera que afectan las acciones que el gobierno mexicano tome respecto a la bioseguridad y en sus respuestas a la situación de fuga de transgenes en el Centro de Origen del Maíz (Tapia y Raño, 2002) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) que regula los cultivos transgénicos o modificados genéticamente para producir toxinas plaguicidas, como cualquier plaguicida.

Finalmente, en el 2000 se logra un protocolo consensado, el cual combina una visión más restrictiva hacia los Organismos Vivos Modificados (así llamados en el protocolo), pues se reconoce el principio precautorio, con una visión más liberal, en la que se considera que el protocolo no puede estar por encima de los acuerdos comerciales (PSCB-CDB, 2005).

En diciembre de 2005 se aprueba la Ley de Bioseguridad, en ese mismo año se dan las primeras solicitudes para pruebas de campo en el marco de la nueva Ley de Bioseguridad, para Dow Jones y Monsanto, aunque las solicita CINVESTAV (*El Universal*, 2006).

También en ese mismo año el consejo de la FAO, discutió y aprobó SAICM, el enfoque estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional, entre la

principales actividades incluirían la reducción de riesgos, incluyendo la prohibición progresiva de los plaguicidas altamente peligrosos (HHP, por sus siglas en ingles), promoviendo las buenas prácticas agrícolas, garantizando la eliminación racional de las existencias de plaguicidas obsoletos y el desarrollo de capacidades mediante la creación de Laboratorios Nacionales y Regionales (Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para America Latina, 1983).

De acuerdo a Brookes, esta tecnología tiene beneficios globales de la adopción de cultivos transgénicos como: que después de nueve años de comercializar cultivos transgénicos se han dejado de aplicar 172 millones de kilogramos de plaguicidas, lo que represento una disminución de 6% en el consumo total hasta 2004. El impacto ambiental de los cuatro cultivos (maíz, soya, trigo y canola) estudiados, se redujo en un 14% debido a la sustitución de variedades convencionales por variedades transgénicas. Los cultivos transgénicos permitieron una reducción en el uso de agroquímicos y en la labranza del suelo, lo que ha reducido el consumo de combustible y la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en más de mil millones de kilogramos. Desde 1996, los ingresos agrícolas mundiales para los productores aumentaron en un total acumulado de 27 mil millones de dólares americanos, gracias a la combinación de una mayor productividad y una reducción en el uso de insumos y en los costos de los ciclos agrícolas (Brookes, 2006 ).

Sin embargo, uno de los retos más importantes que enfrenta el sector agroalimentario mexicano actualmente, es hacerse más productivo y rentable, lo que implica impulsar estrategias como la innovación tecnológica en los procesos productivos en las unidades agrícolas (SINAVEF, 2009), para asegurar el abasto suficiente de alimentos para la población, esto ante el crecimiento de la población mundial que será de 9,300 millones de habitantes para el año 2050 lo que llevaría a un aumento del 70% en la demanda mundial de alimentos (SAGARPA, 2011), garantizar la calidad e inocuidad de los alimentos y a su vez acelerar la innovación tecnológica que permitan mayor rendimiento en las cosechas en los próximos años lo que significaría hacer esto de manera sostenible y con un impacto mínimo en la biodiversidad.

Como se ha visto, esta no es una situación nueva, el mundo ha estado en situaciones similares, en aquel momento, “la revolución verde” ofreció una respuesta tecnológica exitosa y permitió incrementar la producción de cultivos alimenticios, atender la demanda de alimentos y evitar una posible crisis alimentaria (Echeverría y Trigo, 2008).

### **1.1.3 SITUACIÓN ACTUAL**

Hasta el momento la respuesta sigue siendo el uso de la biotecnología que ofrece una salida alternativa de esta actual crisis a nivel mundial. Estas tecnologías si bien no han perdido su relevancia, pero si presentan limitantes como, que la expansión de la tierra cultivable está prácticamente agotada, los recursos naturales como suelo y agua se encuentran deteriorados, los impactos de los fenómenos climatológicos son más severos, y bajo estas características se prevé el incremento en los volúmenes de productos agrícolas para usos no alimentarios (fibras y combustibles) (IICA, 2011). Aunado a eso los daños que causan las plagas y enfermedades de los animales y las plantas pueden plantear la máxima amenaza inmediata, en el caso de invasión o cuando recién se introducen en condiciones ecológicamente favorables (SAGARPA, 2011), constituyendo serios problemas para la salud del hombre y los animales, además de que las pérdidas económicas que pueden causar las plagas como: productos arruinados, potenciales demandas por alimentos contaminados y los productos mal utilizados para su control (Mier y García de León, 2003), para ello las barreras sanitarias y el MIP constituyen una alternativa en México, pero cabe señalar que el uso de plaguicidas sigue siendo la solución que se usa de manera inmediata y de un efecto más rápido (Fundora e Izquierdo, 2000).

Para obtener la mayor productividad, la ciencia evoluciona constantemente en la búsqueda de mejoras genéticas de las especies; el desarrollo de una moderna agrotecnia, el empleo de niveles altos de fertilizantes y plaguicidas, y la aplicación intensiva de novedosas tecnologías de riego y mecanización, entre otras (Brookes, 2006 ). Muchos de estos esfuerzos, encaminados al logro de altos potenciales productivos, constituyen factores de alto impacto, que propician el desarrollo de plagas y enfermedades y a su vez, la necesidad de implementar medidas eficaces para controlarlas, que su utilización sistemática origina trastornos notables en el ambiente, y sobre todo, al hombre y los animales (Buiatti, 2005).

El rendimiento de las cosechas agrícolas en México depende cada día más del uso de sustancias químicas y debido a la resistencia desarrollada por algunas plagas, cada vez se necesita aplicar mayores cantidades de plaguicidas para mantener los rendimientos promedio de cada cultivo (Cuevas, 2003).

## **1.2 MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL, NACIONAL Y ESTATAL**

### **1.2.1 INTERNACIONAL**

Existe un fuerte debate sobre los plaguicidas, que involucra conflicto de intereses, ideologías opuestas y contradicción en los datos de las ciencias sociales y exactas. Por un lado las partes que basan su posición considerándolos como una tecnología que ha permitido asegurar una mejor y mayor producción de alimentos y otros productos, en beneficio de la supervivencia y bienestar de la humanidad y por el otro los que reclaman que estas sustancias químicas provocan daño ambiental y daño a la salud humana trayendo consigo consecuencias como: pérdida de los enemigos naturales de las plagas; aumento de la resistencia de las plagas, Intoxicaciones humanas y de animales; contaminación de cuerpos de agua, del suelo y de alimentos.

Esta preocupación a hecho que a nivel mundial existan convenios que promuevan la responsabilidad y los esfuerzos de diversos países con el objetivo de proteger la salud humana y el ambiente, de los posibles daños que pudieran ocasionar estas sustancias.

México ha firmado varios instrumentos internacionales que han contribuido a que las autoridades reconozcan, al menos teóricamente, la peligrosidad de los plaguicidas. Sin embargo solo algunos de ellos son de carácter obligatorio. Entre estos convenios destacan el Protocolo de Montreal, relativo a sustancias que agotan la capa de ozono, entre las cuales se encuentran los plaguicidas, firmado por México en 1987 y puesto en marcha en 1989, en este se obliga a los países miembros a reducir la producción y el consumo de sustancias que reaccionan con la capa de ozono (SEMARNAT, 2010).

El Tratado de Libre Comercio de América Latina (TLCAN), firmado en 1992 y aplicado en 1994, este permite que, en 1993 se realice el Acuerdo para la Cooperación Ambiental de América del Norte, entre lo que se pretendía promover medidas ambientales efectivas y económicamente eficientes, además de promover políticas y prácticas para prevenir la

contaminación en los tres países integrantes del acuerdo. Más tarde, para aplicar este convenio en 1995 se crea la Comisión para la Cooperación Ambiental (Organización de los Estados Americanos, 2002).

En materia de Inocuidad alimentaria, México se integra al Codex Alimentarius hasta 1994, este es un programa mixto de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), que fija las normas de seguridad alimentaria de referencia para el comercio internacional de productos alimenticios. Tiene como objetivo principal proteger la salud de los consumidores y garantizar buenas prácticas en el comercio internacional de los productos alimenticios, en particular mediante el establecimiento de las normas recopiladas en el seno del Codex Alimentarius. Dentro de estas se encuentran establecidos los Límites Máximos de Residuos de Sustancias Tóxicas, entre ellas los plaguicidas, en este también se lleva a cabo una regulación en el etiquetado de alimentos, aditivos alimenticios y contaminantes, nutrición y alimentos dietéticos especiales, y de residuos de drogas veterinarias en alimentos (Bejarano, 1993).

Otro es el Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea (TLCUEM), en relación con el comercio de sustancias tóxicas, en el cual se obliga a los diferentes países a adoptar medidas necesarias para proteger la vida o la salud humana, animal, vegetal, del medio ambiente o la moral pública, este se firma en 1997 y se pone en marcha en el año 2000 (SE, 2010).

El Convenio de Estocolmo es el más reciente de todos firmado en el 2001 y aplicado en el 2004 en México, este trata sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's), regula el tratamiento de sustancias tóxicas específicamente 12 productos químicos sobre los que se deben emprender acciones de forma prioritaria debido a sus efectos dañinos y sus presencia en el ambiente (SEMARNAT, 2009).

### **1.2.2 NACIONAL**

La gestión de los plaguicidas involucra a varias dependencias del gobierno, entre las que se encuentra la CICOPLAFEST en un principio era el órgano que se encargaba de la gestión y

regulación de las sustancias químicas como los plaguicidas, coordinado por diferentes secretarías como la Secretaría de Economía, Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo Social, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Secretaría de Salud (SSA) a través de la Comisión Federal de Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (SEMARNAT, 2004). Pero actualmente la CICOPLAFEST ya no cumple esa función, ahora cada Secretaría involucrada en alguna fase del ciclo de vida de los plaguicidas se encarga de hacer cumplir la normativa en la materia de su injerencia, pero no existe una coordinación entre estas ya que cada una se basa en su propio enfoque.

La SAGARPA dependencia que se encuentra facultada para la formulación, conducción y evaluación de la política general de desarrollo rural, incluyendo los programas de sanidad vegetal y animal, esta Secretaría cuenta con el SENASICA el cual desarrolla actividades de regulación, inspección, vigilancia y certificación de la sanidad, inocuidad y calidad agrícola, acuícola y pecuaria en beneficio del valor de las cadenas agroalimentarias, incluyendo la determinación de los niveles de contaminantes como los Compuestos Orgánicos Persistentes (SAGARPA, 2010).

La SEMARNAT es la Secretaría responsable de formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de ecología y protección del ambiente, para fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales. Esta tiene la obligación de regular y llevar a cabo la gestión de materiales y residuos peligrosos entre ellos los plaguicidas y promover medidas para evitar que residuos, materiales y sustancias tóxicas producto de las actividades humanas causen un deterioro ambiental (INE, 2007).

La Secretaría encargada de conducir la política nacional en materia de salud es la SSA, tiene la responsabilidad de promover la protección de la salud ambiental y ocupacional mediante la prevención y control de los efectos nocivos de factores ambientales en la salud humana, como los derivados del manejo de sustancias y materiales tóxicos o peligrosos (Lozoya, 1986). Esta institución cuenta con la COFEPRIS que tiene la responsabilidad de

regular la producción, comercialización, importación, publicidad o exposición involuntaria a sustancias tóxicas y peligrosas (COFEPRIS, 2001).

La STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social) estudia y ordena las medidas de seguridad e higiene industriales para la protección de los trabajadores, promoviendo la mejoría de las condiciones físicas y ambientales en que se desempeña el trabajo, esto incluye el control y regulación de sustancias químicas presentes en el ambiente laboral (SEMARNAT, 2004; STPS, 2012).

La encargada de planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares, incluidos la regulación del transporte de materiales, residuos, remanentes y desechos peligrosos que circulan en vías generales de comunicación es la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT, 2010).

A la Secretaría de Economía SE, le corresponde formular y conducir la política general de industria y de comercio exterior; estudiar, proyectar, establecer y modificar medidas de regulación y restricción no arancelaria a la exportación, importación, circulación y tránsito de mercancías (SE, 2012)

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) determina los criterios para el establecimiento de los estímulos fiscales y financieros necesarios para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente (SEMARNAT, 2004).

Los plaguicidas se encuentran regulados por instrumentos jurídicos en materia de salud, ambiente, sanidad animal y vegetal; laboral, de transporte, de comercio, entre las que se encuentran las siguientes leyes y reglamentos que inciden en la gestión de los plaguicidas en México (tabla 1).

**Tabla 1. Leyes y reglamentos en materia de gestión de plaguicidas.**

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>RELATIVO A</b>
<b>SAGARPA</b>	
<b>Ley Federal de Sanidad Vegetal</b>	Importación, proceso y uso de agroquímicos en agricultura.
<b>SEMARNAT</b>	
<b>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</b>	Regulación y control de la evaluación del impacto ambiental, calidad del aire y emisiones a la atmosfera por fuentes de competencia federal, así como la generación, importación, exportación y manejo integral de materiales y residuos peligrosos y de las actividades altamente riesgosas en las que se generan y manejan estos.
<b>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.</b>	Regulación y control de la generación y manejo de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligroso, incluyendo los que son contaminantes orgánicos persistentes, los procesos de incineración y los sitios contaminados con ellos.
<b>SSA</b>	
<b>Ley General de Salud</b>	Regulación y control sanitarios de la importación, proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas y de los establecimientos en los que se manejan: así como de las condiciones sanitarias del agua y del manejo de los residuos sólidos.
<b>STPS</b>	
<b>Ley Federal del Trabajo</b>	Seguridad e higiene en el ambiente laboral, incluyendo la relacionada con sustancias tóxicas y peligrosas.
<b>SCT</b>	
<b>Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal</b>	Regulación y control del transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
<b>SHCP</b>	
<b>Ley Aduanera</b>	Comercio exterior
<b>Ley General de Derechos</b>	Pago de derechos relacionados con el comercio de sustancias peligrosas y contaminantes de alimentos.
<b>SE</b>	
<b>Ley de Comercio Exterior</b>	Establece las medidas de regulación y restricción no arancelaria a la exportación, importación, circulación o tránsito de mercancías.
<b>SSA-SEMARNAT-SAGARPA</b>	
<b>Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos.</b>	Regula el ingreso al comercio de estos productos y sienta las bases para la aplicación de las disposiciones del Convenio de Rotterdam.

En el caso del Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos, es el único instrumento en las que se establecen las bases para reglamentar las atribuciones que sus respectivas leyes les confieren a las tres Secretarías de Estado que tienen mayor injerencia en la gestión de los plaguicidas, en el se regula el ingreso al comercio de los plaguicidas y se sientan las bases para la aplicación de las disposiciones del Convenio de Rotterdam. De acuerdo a este reglamento la SEMARNAT y la SSA son las instituciones que tienen injerencia en la autorización de la importación y exportación de plaguicidas y sustancias reglamentadas, aun cuando la SSA sólo otorga certificados de exportación o libre venta de plaguicidas y la SAGARPA se encarga de emitir opinión acerca de la efectividad biológica de los plaguicidas y nutrientes vegetales y establecer los límites máximos de residuos de plaguicidas.

Con la publicación de este reglamento, la CICOPLAFEST tuvo una serie de cambios en los que se considera que ya no es el encargado de regular estas sustancias, ahora la mayor responsabilidad recae en la COFEPRIS y de manera aislada cada una de las Secretarías realiza lo concerniente a su área, pero cada una bajo su perspectiva sin tener una conexión entre sí.

En cuanto a las Normas Oficiales Mexicanas que se relacionan con la gestión de los plaguicidas, se encuentran las siguientes (Tabla 2, 3, 4, 5 y 6):

**Tabla 2. Normas oficiales mexicanas de la SAGARPA relacionadas con la gestión de plaguicidas.**

<b>NORMA</b>	<b>RELACIONADA CON</b>
NOM-021-ZOO-1995	Análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados en grasa de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases.
NOM-028-ZOO-1995	Determinación de plaguicidas organofosforados en hígado y músculo de bovinos, equinos, porcinos, ovinos, caprinos, cérvidos y análisis por cromatografía de gases.
NOM-032-FITO-1995	Requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico.
NOM-033-FITO-1995	Requisitos y especificaciones fitosanitarias para aviso de inicio de funcionamiento que deberán

	cumplir las personas físicas o morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas.
NOM-036-FITO-1995	Criterios para la aprobación de personas morales interesadas en fungir como laboratorios de diagnóstico fitosanitario y análisis de plaguicidas.
NOM-052-FITO-1995	Condiciones para el uso de plaguicidas en agricultura.

**Tabla 3. Normas Oficiales Mexicanas de la SEMARNAT relacionadas con la gestión de plaguicidas.**

NORMA	RELACIONADA CON
NOM-098-SEMARNAT-2002	Protección ambiental. Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.
NOM-053-ECOL-1993	Procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y listados de los residuos peligrosos.

**Tabla 4. Normas Oficiales Mexicanas de la SSA relacionadas con la gestión de los plaguicidas.**

NORMA	RELACIONADA CON
NOM-044-SSA1-1993	Envase y embalaje. Requisitos para contener plaguicidas.
NOM-045-SSA1-1993	Etiquetado de Plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial.
NOM-046-SSA1-1993	Etiquetado de plaguicidas. Productos para uso doméstico.
NOM-048-SSA1-1993	Método normalizado para la Evaluación de Riesgos a la Salud como Consecuencia de Agentes Ambientales.

**Tabla 5. Normas Oficiales Mexicanas de la STPS relacionadas con la gestión de plaguicidas.**

NORMA	RELACIONADA CON
NOM-003-STPS-1999	Uso de insumos fitosanitarios y químicos.
NOM-005-STPS-1998	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
NOM-010-STPS-1999	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

**Tabla 6. Normas Oficiales Mexicanas de la SCT relacionadas con la gestión de los plaguicidas.**

NORMA	RELACIONADA CON
NOM-003-SCT-2000	Características de las etiquetas de envases y embalajes para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-004-SCT-2000	Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
NOM-006-SCT2-2000	Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
NOM-011-SCT2-1994	Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.

### **1.2.3 YUCATÁN**

En lo referente al Estado de Yucatán, en la gestión de los plaguicidas solo se encontraron tres leyes que de alguna manera tratan sobre el uso de sustancias tóxicas, en este caso en 1883, se establece la “Ley y reglamento para la extinción de la plaga de la langosta en el Estado de Yucatán”, es esta se da la orden precisa de acabar de cualquier forma con esta plaga en el Estado, ya que los daños económico ocasionados por esta, son muy grandes (Magaña, 2010)

Para 1999 se establece la “Ley del medio ambiente del Estado”, dentro de esta existe un apartado en materia de Prevención y control de la contaminación del suelo. Donde se menciona que la utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas y considerar sus efectos en salud humana a fin de prevenir los daños que pudieran ocasionar (DOF, 1999).

Ya para el año del 2007 se establece la “Ley de salud del estado de Yucatán”, en esta se hace mención sobre el control sanitario enfocado al proceso, uso, importación, exportación, aplicación y disposición final de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas o peligrosas para la salud así como de las materias primas que intervengan en su elaboración (Gobierno del Estado de Yucatán, 2007).

### **1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS**

Debido a la gran variedad de estas sustancias existen diferentes clasificaciones entre ellas, la del Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación, y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales

Tóxicos y Peligrosos los plaguicidas donde se menciona su clasificación de la siguiente forma (Tabla 7).

Tabla 7. Clasificación de plaguicidas.

<b>PLAGUICIDAS</b>	<b>QUIMICOS</b>	FORMULADOS PARA SU USO	Agrícola
			Doméstico
			Forestal
			Industrial
			Jardinería
			Pecuario
			Urbano
	<b>BIOQUIMICOS</b>	SEMIOQUÍMICOS O INFOQUÍMICOS	Feromonas
			Aleloquímicos
	<b>MICROBIALES</b>		Bacteria
			Hongos
			Virus
			Nemátodos
Protozoarios			
<b>BOTÁNICOS</b>			
<b>MISCELANEOS</b>			

En esta clasificación se toman en cuenta a todos aquellos productos que pueden controlar a organismos considerados plaga, incluyendo a otros organismos que son considerados como el control biológico. Otros tipos de clasificaciones consideran la estructura química de los plaguicidas, su formulación, modo de acción, organismos a los que afecta y toxicidad (Anexo 2).

De acuerdo a esta última, la Organización mundial de la Salud (OMS) y la CICOPLAFEST, han recomendado una clasificación de plaguicidas según el grado de peligrosidad, mostradas en las siguientes tablas (tabla 8 y 9).

Tabla 8. Clasificación de la OMS de plaguicidas de acuerdo al grado de toxicidad.

<i>CLASE</i>		<i>EJEMPLO</i>
I a	Extremadamente peligrosos	Paratión, dieldrín
I b	Altamente peligrosos	Aldrin, diclorvos
II	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
III	Ligeramente peligrosos	malatión

Tabla 9. Clasificación de la CICOPLAFEST de plaguicidas de acuerdo al grado de toxicidad.

<i>CLASE</i>	<i>TOXICIDAD</i>	<i>EJEMPLO</i>
I	Extremadamente tóxico	Aldicarb, paratión metílico, monocrotofós
II	Altamente tóxico	Metamidofós, metomilo, carbofuran, diclorvos, ometoato
III	Moderadamente tóxico	Carbarilo, etión, clorpirifos etil
IV	Ligeramente tóxico	Malatión

#### 1.4 INDICADORES PARA EL USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS

Considerando la importancia que tienen los plaguicidas tanto por su efecto en la actividad agrícola, como en el sector salud, ambiente, economía y en el campo social, se hacen uso de diferentes indicadores, estos abarcan diferentes temáticas, entre las que se tienen gestión ambiental, agricultura, comercio, impacto ambiental y salud (tabla 10), estos dependen en gran medida del enfoque que se tenga sobre estos agroquímicos.

Tabla 10. Indicadores para evaluar el impacto por el uso de plaguicidas.

ÁREA	INDICADOR	PERIODO	COBERTURA
<b>GESTIÓN AMBIENTAL</b>	• Estudios realizados sobre los efectos de plaguicidas en salud.	Anual	Nacional
	• Existencia de normas para el adecuado manejo y control de plaguicidas en México.		Nacional
<b>COMERCIO</b>	• Plaguicidas usados en el país.	Anual	Nacional
<b>AGRICULTURA</b>	• Producción de cultivos.	Anual	Nacional
	• Grupos químicos recomendados para aplicación.	Anual	Nacional
	• Plaguicidas aplicados.	Anual	Nacional
	• Labores utilizadas para reducir el uso de plaguicidas.	Anual	Nacional
	• Incremento de la producción con el uso de plaguicidas.	Anual	Nacional
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	• Costos de producción con el uso de plaguicidas.		
	• Calidad del agua • Calidad del suelo • Calidad del aire • Especies animales afectadas (no blanco)		
<b>SALUD</b>	• Muertes por intoxicación • Costos de tratamiento por intoxicación	Anual	Nacional

## Gestión ambiental

Actualmente en el país existe una vasta legislación en materia de gestión de los plaguicidas, con la existencia de 10 leyes, 20 normas y 1 reglamento, involucrados a lo largo de todo el ciclo de vida de los plaguicidas, entendido este como las etapas consecutivas de un producto, que abarcan desde la adquisición de la materia prima o generación de recursos hasta su disposición final (Hueco, 2006). Sin embargo en el Estado de Yucatán es muy limitada la existencia de instrumentos jurídicos que permitan realizar un uso y manejo adecuado de los agroquímicos, existiendo solo 3 leyes que tocan de manera muy somera el tema del uso adecuado de los plaguicidas (Figura 1).

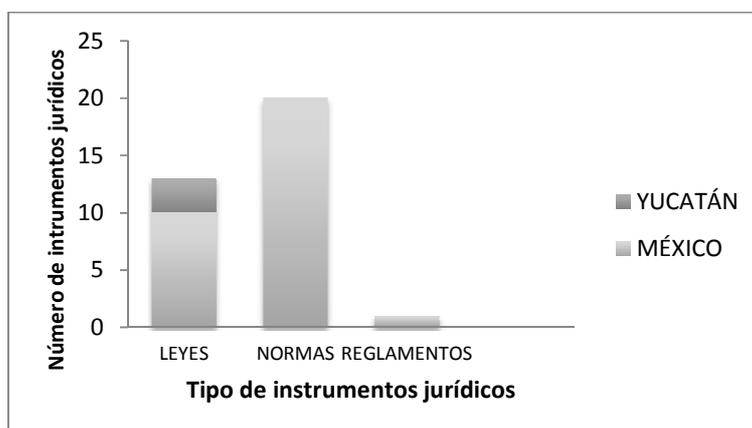


Figura 1. Número de instrumentos jurídicos en materia de gestión de plaguicidas en México y Yucatán.

## Comercio

Un indicador del empleo de agroquímicos en México, es la existencia en el país de 1462 plaguicidas registrados de los cuales 795 son insecticidas, 311 herbicidas y 395 fungicidas (Varelas, 2003). Entre los insecticidas los de mayor venta en México, destacan los organofosforados, de 95 insecticidas que se comercializan en México, 45 son organofosforados (OF), desplazando a los organoclorados por su menor persistencia en el ambiente (Pose *et al* , 2000), entre los que se encuentran el paratión metílico, metamidofos y malatión (Albert, 2005). Debido a que estos compuestos son muy variados en su uso (Badii y Varela, 2008).

La producción en México de agroquímicos en los últimos 6 años, básicamente está destinada a producir herbicidas e insecticidas superando en volumen los herbicidas como se muestra en la siguiente figura, a lo largo de 2005 a 2011 (INEGI, 2011).

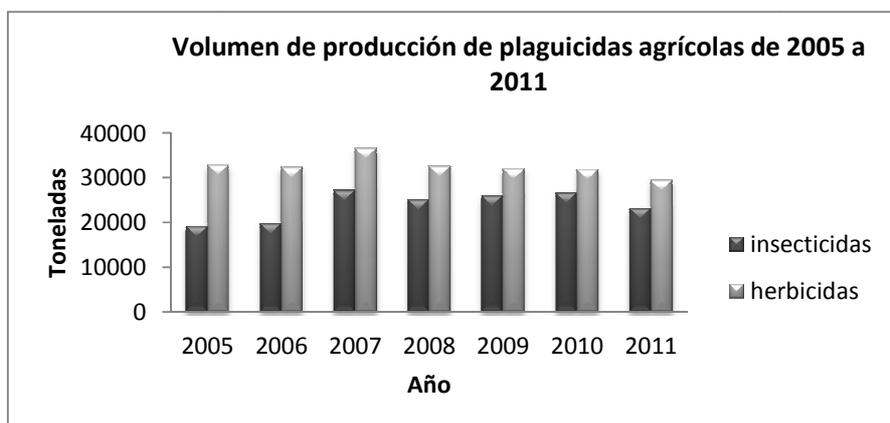


Figura 2. Volumen de producción de plaguicidas químicos de 2005 a 2011, en México.  
Fuente: INEGI 2011

Sin embargo, no todos los agroquímicos son comercializados en el país, actualmente México destina parte de estos productos a el país del Norte, casi un 90 % de las exportaciones mexicanas se destinan a este, siendo el tercer mercado más importante para la venta de productos agrícolas estadounidenses. En menos de una década las exportaciones mexicanas a Estados Unidos pasaron de un muy alto 70% a un muy abrumador 90%, y un 75% de las importaciones vienen de allí (SAGARPA, 2009).

Estas sustancias son causa de un fuerte debate, que involucra conflicto de intereses, ideologías opuestas y contradicción en los datos de las ciencias sociales y exactas (Buttel, 1995). Por un lado las partes que basan su posición considerándolos como una tecnología que ha permitido asegurar una mejor y mayor producción de alimentos y otros productos, en beneficio de la supervivencia y bienestar de la humanidad y por el otro los que reclaman que estas sustancias químicas provocan daño ambiental y daño a la salud humana trayendo consigo consecuencias como: pérdida de los enemigos naturales de las plagas; aumento de la resistencia de las plagas, intoxicaciones humanas y de animales; contaminación de cuerpos de agua, del suelo y de alimentos.

## **Impacto ambiental**

Los impactos en los ecosistemas pueden variar mucho dependiendo del tipo de plaguicida y la población afectada (Devine *et al*, 2008), llegando a contaminar cuerpos de agua, suelo, aire y alimentos.

### Contaminación del agua

Los residuos de plaguicidas pueden desplazarse a través de los cuerpos de agua a grandes distancias, constituyendo un grave peligro para el abastecimiento de agua potable y agua para riego. Esto contribuye a que los peces puedan acumular plaguicidas que los hacen no aptos para el consumo humano.

### Contaminación de suelos

La contaminación de los suelos por plaguicidas resulta importante cuantificarla debido a que se considera que el 50% de los plaguicidas utilizados se asienta en los suelos, impidiendo su proceso natural de fertilización (Márquez, 1999). El movimiento del plaguicida se relaciona estrechamente con la forma de aplicación siendo una de ellas la aplicación directa con la cual llegan las más altas concentraciones al suelo (PNUMA; OMS; INHEM, 2002). Entre los factores que condicionan en forma directa el destino de los plaguicidas se encuentran:

- Tipo de Suelo. Influye sobre el equilibrio de absorción de los plaguicidas, debido al papel de las arcillas y la materia orgánica por ser coloidales y tener altas cantidades de intercambio catiónico.
- Naturaleza del Plaguicida: La estructura química determina su índice de absorción, influye en la solubilidad o afinidad por la solución del suelo. Influye la formulación del plaguicida en su persistencia en el suelo, ya que el tipo granular son usualmente más persistentes.

- Contenido de humedad: Para suelos moderadamente ligeros o muy ligeros (arenosos), es más probable que un plaguicida se adsorba cuando los suelos están secos, que húmedos.
- pH: La adsorción es más alta en suelos ácidos, cuando existe variación en la acidez del suelo el plaguicida puede convertirse de un anión cargado negativamente sobre las moléculas no cargadas o planas en cationes cargados positivamente y así incrementar su adsorción, lo cual origina que en suelos en extremo ácidos sean ocupados los sitios de intercambio por cationes hidrogenados, y por lo tanto, la adsorción sea baja debido a la falta de sitios negativos por ocupar.
- Temperatura del suelo: La adsorción de plaguicidas es un proceso exotérmico, pues cuando los enlaces H o iónicos son formados, el calor se libera. Así cuando la temperatura se incrementa, el calor interno puede romper los enlaces y causar la desadsorción de moléculas de plaguicidas, por lo tanto, a altas temperaturas se pueden considerar más moléculas de plaguicidas disponibles en la disolución del suelo.

Pero de estos factores, la alta solubilidad de los plaguicidas, el alto contenido de humedad en suelos arenosos, el alto porcentaje de arena y el pH alcalino, provocan desorción en el suelo, ocasionando que se acumulen en él, moviéndose a través de volatilización del suelo, movimiento por lixiviado, movimiento lateral por agua superficial, degradación microbiana o absorción por plantas (Sánchez *et al*, 2005).

Al encontrarse residuos de plaguicidas en suelo es muy probable que estos puedan movilizarse hacia las plantas que se encuentran ahí, convirtiéndose estos en una fuente de exposición por los animales y/o humanos que los consumen (Waliszewski e Infanzón, 2003).

La regulación para la prevención y control de la contaminación de los suelos, así como su remediación, se aborda de manera muy general y sin proporcionar sustento para las

acciones de control y de limpieza, en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 1998), en los artículos: 134, 135 y 136.

#### Contaminación del aire

La aplicación aérea presenta muchos riesgos para el ambiente y para la salud humana, máxime cuando algunas de las pistas utilizadas para esta actividad no cumplen con las mínimas normas de seguridad en su ubicación, operación y manejo. Aunque no existen estudios acerca de las posibles concentraciones en este medio de plaguicidas.

#### Contaminación de alimentos

Los alimentos consumidos por el humano pueden verse contaminados por la presencia de residuos de plaguicidas en ellos, esto como desventaja de su uso en la agricultura, que data de muchos años, pero que se reavivó y se socializó, cuando la opinión pública de los países desarrollados o industrializados, que justamente son los principales productores de estas sustancias, se percataron de que los consumidores urbanos de los productos agrícolas, particularmente de frutas y hortalizas, no estaban a salvo de consumir dosis variables de los residuos tóxicos que en ellos quedaban después de las aplicaciones de insecticidas, en especial cuando estas sustancias se aplicaron poco antes de la época de cosecha. Con la aparición de “La primavera silenciosa” de R. Carson en 1962 y “Circulo de Veneno” de Weir y Schapiro 1982, los consumidores norteamericanos realmente se inquietaron, al darse cuenta que sin fabricar, manejar, formular o aplicar insecticidas, están expuestos a los agroquímicos a través de la exposición ambiental y del consumo de productos contaminados con sus residuos (Rodríguez *et al*, 2000).

Por ello, el análisis de residuos de contaminantes en los alimentos, es de vital importancia ya que puede ser una ruta importante de exposición a los plaguicidas, provocando, como ya se mencionó en líneas anteriores, intoxicaciones en los consumidores o bien en el ámbito económico resultar un freno para la exportación de productos, ya que en algunos países la legislación es muy estricta en este rubro, teniendo como consecuencia el que se regresen los

contaminados con estas sustancias químicas, como es el caso de la miel, alimento de interés ya que se ha observado un incremento en la presencia de estos agroquímicos en los últimos años. Desde 1995 esta contaminación ha causado una pérdida considerable de la población mundial de abejas, llegando en algunos casos a reducirse las colonias a la mitad (Devine, 2008). En 1994, apicultores franceses reportaron comportamientos inusuales y mortalidad entre las abejas, que se alimentaban de girasoles tratados con un insecticida. Se reportó que estos efectos se acentuaban año tras año y ocurrían inmediatamente después de la floración (Bonmantin *et al*, 2003).

### **Salud**

No solo la contaminación de alimentos por plaguicidas genera preocupación, también la intoxicación por el uso inadecuado de estas sustancias es tema de gran controversia. De esta manera, el programa de la OMS y el programa medioambiental de las Naciones Unidas, estimaron que a nivel mundial anualmente hay un millón de envenenamientos por plaguicidas y alrededor de 20,000 defunciones (Devine *et al*, 2008). Ocurriendo la mayoría de los decesos por la exposición a compuestos organofosforados (Juarez, 2009). El concepto de Intoxicación Aguda por Plaguicidas (IAP) se refiere a los efectos perjudiciales que puede provocar sobre la salud, después de una exposición solo por estos agentes químicos. Por lo tanto, se señala de especial preocupación a los problemas de salud crónicos asociados con los efectos de los plaguicidas organofosforados que en gran medida han reemplazado a los Organoclorados, prohibidos hoy en día. (Ecobichon *et al*, 1990).

En el caso particular de México, existen pocos datos sobre la epidemiología de las IAP (Durán y Collí, 1999). En general, los datos sobre daños derivados del uso de plaguicidas en nuestro país que se conocen y se registran en las Instituciones de atención a la Salud, son parciales y definitivamente insuficientes (Alvarado y González, 1997), son confusos, ya que suele ocurrir que algunos síntomas son confundidos con gripe, golpe de calor, postración, intoxicación alcohólica, hipoglucemia, asma, gastroenteritis, neumonía, epilepsia, cansancio y hemorragia cerebral (EXTOXNET, 1993), esto hace que solo se registren las intoxicaciones que requieren hospitalización, en tanto los casos con

sintomatología leve y moderada no se reportan en las estadísticas de las Instituciones de Salud. Tampoco hay estadísticas confiables de las intoxicaciones en las zonas rurales, mucho menos se han realizado estudios epidemiológicos para detectar los efectos por exposición crónica a los plaguicidas (Albert, 2005). Por otro lado se debe considerar, que la preparación del personal de salud, no es suficiente para diagnosticar y tratar los casos de intoxicación por la exposición a plaguicidas (Henao y Corey, 1986).

Datos del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, muestran que en el 2010 se presentaron en el país un total de 1, 876 casos de intoxicación por plaguicidas (SSA, 2011). Si se realiza una comparación con los casos reportados por el Servicio de Información Toxicológica (SINTOX) de 1999 a 2009 en México (AMIFAC, 2009). Se puede observar que son contradictorios, en caso de SSA el número de intoxicados va en aumento y para el caso de SINTOX, menciona que los casos en el periodo de años mencionados, van disminuyendo (Figura 3). Lo que nos muestra que hay un sesgo muy grande en la información entre Instituciones, ya que la SSA es una Institución gubernamental, mientras que la Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria (AMIFAC), es una asociación de carácter privado que sus miembros principalmente son empresarios dedicados a la venta de estos agroquímicos.

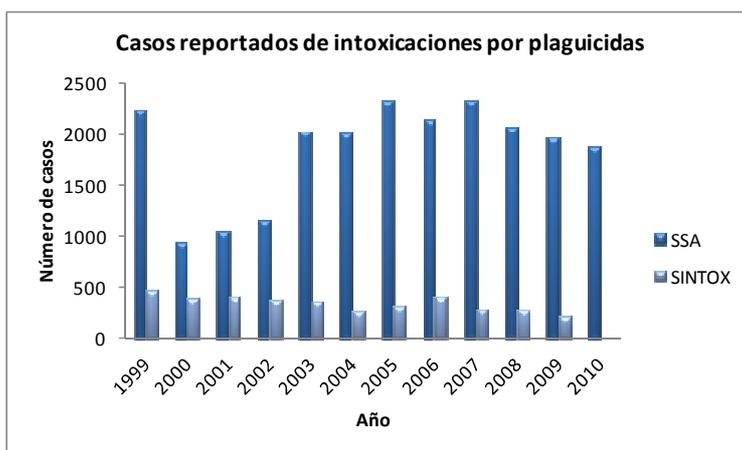


Figura 3. Casos de intoxicaciones por plaguicidas en México periodo 1999-2009. Fuente: SINTOX, AMIFAC, 200; SSA, 2011.

De los casos de intoxicación reportados por AMIFAC, no todos resultan por exposición de manera accidental, también se da en mayor o menor grado, la exposición de manera intencional (suicidios y homicidios) (Tabla 11) (OMS, PNUMA, 1992).

**Tabla 11. Casos reportados por tipo de intoxicación por plaguicidas.**

TIPO DE INTOXICACIÓN	TIPO DE PRODUCTO	FEMENINO	MASCULINO	TOTAL	DEFUNCIONES
ACCIDENTAL	AGRICOLA	26	68	94	2
	URBANO	22	14	36	0
LABORAL	AGRICOLA	4	25	29	0
	URBANO	0	1	1	0
INTENTO SUICIDA	AGRICOLA	26	30	56	0
	URBANO	1	1	2	0
SUICIDIO	AGRICOLA	4	7	11	11
	URBANO	0	0	0	0

FUENTE: SINTOX, AMIFAC, 2009.

La casi totalidad de los casos de intoxicaciones agudas se deben a los insecticidas inhibidores de la acetilcolinesterasa (organofosforados y carbamatos) (Figura 4), plaguicidas usados a gran escala mundial, que remplazaron a los plaguicidas organoclorados.

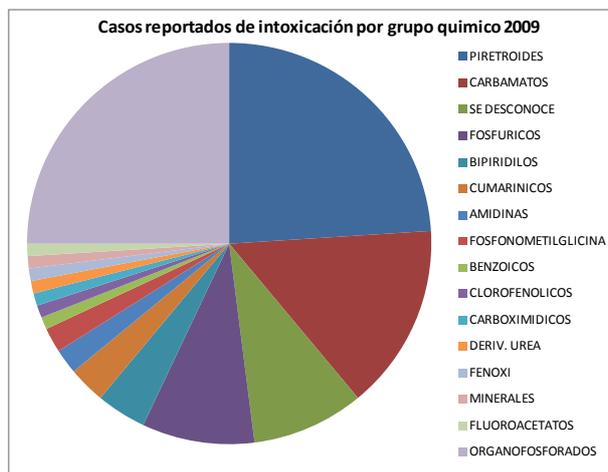


Figura 4. Casos reportados por intoxicación por grupo químico en México 2009. Fuente: SINTOX, AMIFAC, 2009.

Las principales rutas de exposición a estos plaguicidas son oral, inhalatoria, cutánea y ocular, siendo las tres primeras las de mayor frecuencia, como se muestra en la siguiente gráfica (Figura 5) (Henaó y Corey, 1986).

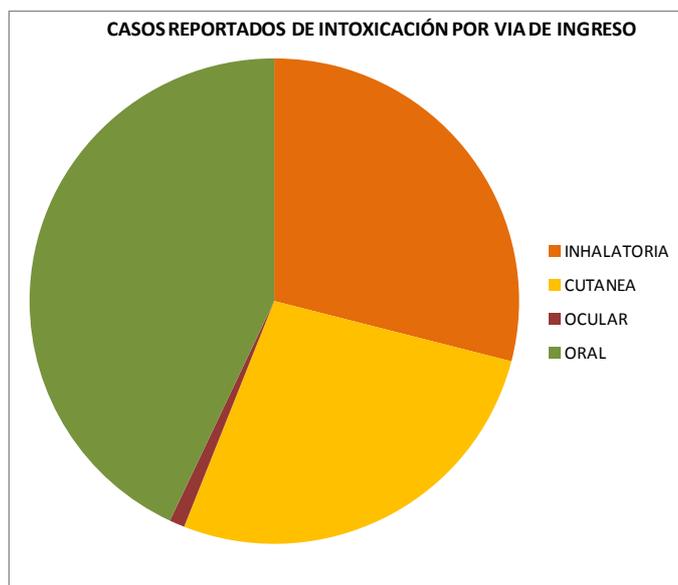


Figura 5. Casos reportados de intoxicación en México por ruta de exposición en 2009. Fuente: SINTOX, AMIFAC, 2009.

El primer efecto bioquímico asociado con la toxicidad de los plaguicidas organofosforados, es la inhibición de la acetilcolinesterasa, actuando sobre el sistema nervioso central, inhibiendo la enzima que modula la cantidad y los niveles del neurotransmisor acetilcolina, interrumpiendo el impulso nervioso por fosforilación del grupo hidroxilo de serina en el sitio activo de la enzima, produciendo funciones anormales del sistema nervioso, llegando a producir inclusive, la muerte (Martínez y Gómez, 1997).

Entre los signos y síntomas debido a la exposición a plaguicidas organofosforados se encuentran: cansancio, debilidad, vértigo, náuseas y visión borrosa o pérdida de la visión, falta de coordinación, confusión, opresión en el pecho, tos que produce flema, dolor de cabeza, diaforesis, vómito, visión de túnel y contracciones musculares, calambres abdominales, diarrea, temblores musculares, pasos tambaleantes, hipotensión, bradicardia, disnea, incontinencia, síncope, convulsiones, sialorrea, epifora, miosis y posiblemente la muerte si no se trata rápidamente (Allsop *et al*, 1995).

SINTOX perteneciente a la AMIFAC, menciona que los estados que mayor número de casos de intoxicaciones por organofosforados reportados en el 2009 son Chiapas, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Puebla, Estado de México y Morelos (Figura 6).



Figura 6. Casos reportados por Estado en México en 2009. Fuente: SINTOX, AMIFAC, 2009.

Aún cuando Yucatán no es de los principales Estados de la Republica Mexicana donde se reportan intoxicaciones por agroquímicos, es uno de los principales estados agrícolas, en el cual los casos de intoxicación por plaguicidas sintéticos han aumentado. En este Estado, en la parte sur, se emplean los plaguicidas desde finales de los años cincuenta, de acuerdo al Programa “*Plan Chacc*”, para la erradicación de plagas y enfermedades, que abarcó aproximadamente 4, 000 hectáreas, con esto se presionó a los agricultores a utilizar la tecnología moderna que incluye injertos, fertilizantes, riego intensivo y uso de agroquímicos (Navarrete y Mejía, 2000).

De acuerdo con datos de SAGARPA se consumieron tan solo en el 2005, alrededor de 4, 800 toneladas de diversos plaguicidas en Yucatán. En Mérida, capital del Estado, la Secretaría de Salud reconoció la existencia de más de 60 agroquímicos en el mercado (SSA, 1988), que se venden sin control, de los cuales la mayoría están restringidos en otros países, tal es el caso de los organofosforados metamidofos, clorpirifos, dimetoato, fesulfotión, paratión y paratión metílico, restringidos en los E.U.A por su alta toxicidad (Alvarado y González, 1995).

## CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 YUCATÁN

El Estado de Yucatán, tiene una extensión territorial de 39, 612 Km<sup>2</sup>, 2 % de la superficie continental de México, se encuentra ubicado en la provincia fisiográfica denominado Península de Yucatán, la totalidad de su territorio se encuentra inmerso en las regiones naturales del Trópico seco y Trópico húmedo (INEGI, 2010), está dividido en 106 municipios, de los cuales la mayoría se encuentran con un índice de marginación medio (Figura 7) (CONAPO, 2010). Con un total de 955, 577 habitantes (INEGI, 2010), de los cuales 796, 386 son económicamente activos, equivalente al 52.5% de la población, 88% de esta población ocupada se dedica a las actividades agropecuarias y 12% a otros sectores (SAGARPA, 2010).

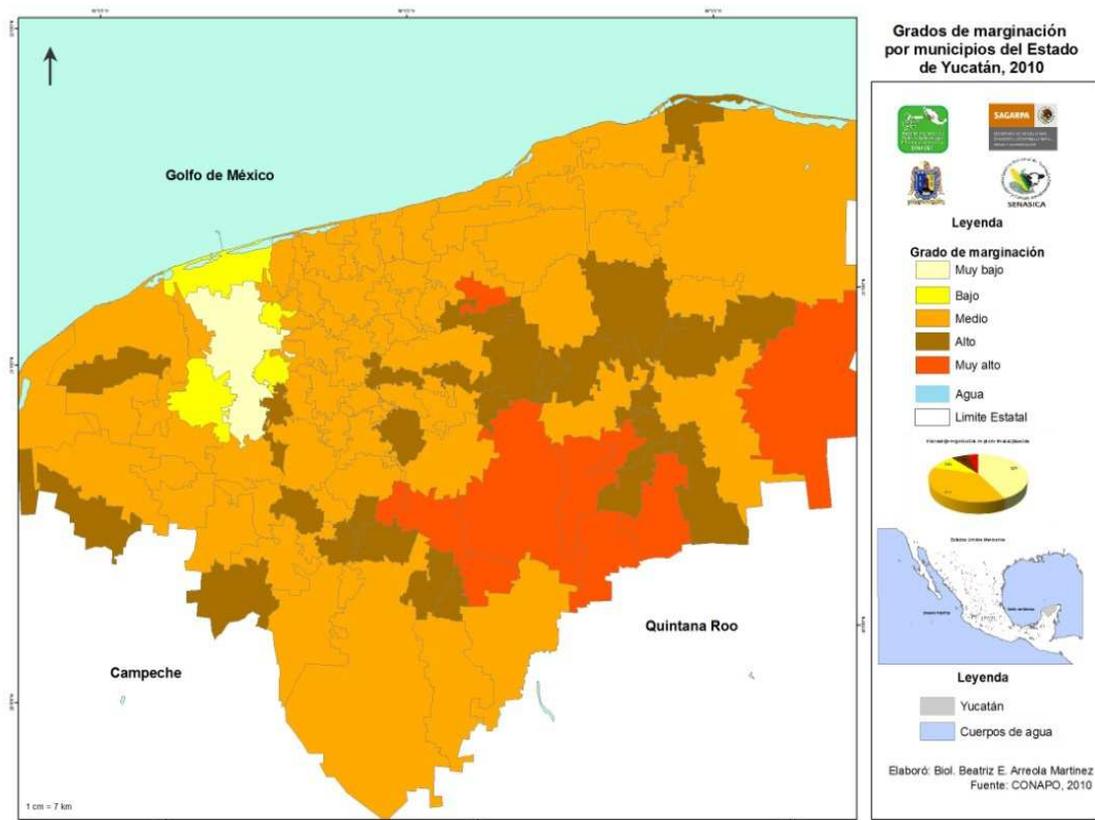


Figura 7. Mapa de índice de marginación de Municipios de Yucatán.

### **2.1.1 CLIMA**

El tipo de clima que predomina es cálido AW<sub>0</sub> (sub-húmedo o tropical) en la mayor parte del territorio y BS (seco) al noroeste (Figura 8), la temperatura es elevada para la porción este y oeste, puede ser de 26°C o mas y para el centro y norte tiende a ser de 22 a 26°C, la precipitación va en asenso de noroeste a sur, así se tiene una franja que va de 300 a 600 mm y bajo esta franja se tiene otra que atraviesa que va de 600 a 1000 mm, una característica inherente al clima es su variabilidad que puede ser alta o baja (Gobierno del Estado de Yucatán, 2011), aunque el clima del la región este caracterizado, en esta se presentan cambios que se conocen como fluctuaciones que pueden ser secos o húmedos, fríos o calientes de duración de meses a años. Esta región al ser una zona de transición entre ambos climas, además de ser una zona de altas presiones, puede presentar procesos de desertización, lo que la hace sensible a sufrir consecuencias relacionadas con el cambio climático lo que implica el no retorno a las condiciones promedio a la atmosfera, de manera irreversible.

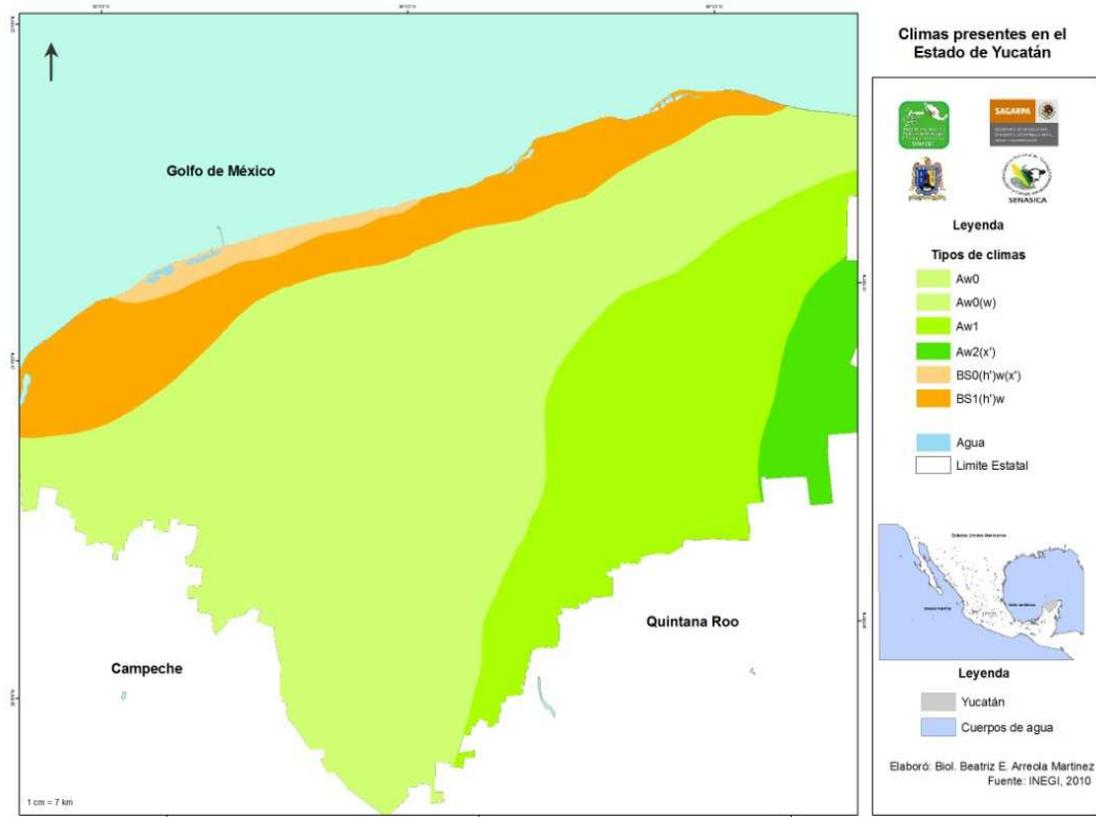


Figura 8. Mapa de climas del Estado de Yucatán. Fuente: SINAVEF, 2011.

### 2.1.2 RELIEVE

La morfología de su relieve es principalmente de grandes planicies (inclinadas, onduladas y escalonadas) y lomeríos que no son mayores a los 400 metros, es decir no existen grandes elevaciones en la región (Duch, 1988). Muy a pesar de la elevada precipitación registrada en la zona, no se cuenta con una importante existencia de ríos.

La mayor parte de la península de Yucatán se caracteriza por ser una superficie cárstica. Este término se refiere a todos aquellos fenómenos que se desarrollan por el paso o percolación de agua rica en  $\text{CO}_2$  a través de rocas solubles, en especial las calizas. Los resultados de la carstificación son la formación escasa de suelos (ya que las calizas al disolverse prácticamente no dejan residuos) y la ausencia de corrientes superficiales (casi toda el agua que llueve se infiltra debido a la elevada permeabilidad de las calizas). Esto

Unido al bajo relieve de la zona da como resultado la formación de un acuífero cárstico regional (Doehring y Butler, 1974). Yucatán se caracteriza por una diversidad edáfica, en la cual predominan los suelos del tipo Leptosoles, Rendzinas y Cambisoles, ubicados en la región centro y norte del estado. Estos suelos son someros, de colores que van del rojo al negro, pasando por diversas tonalidades de café con abundante contenido de piedras y frecuentes afloramientos de coraza calcárea. Hacia el sur y oriente del estado, se encuentran los suelos profundos (Luvisoles, Nitosoles, Vertisoles y Gleysoles), libres de afloramientos rocosos y piedras. Otros suelos son los asociados geográficamente con el litoral marino (Regosoles, Histosoles y Solonchács) (Figura 9), los cuales se caracterizan por ser profundos, sin rocas, de color ligeramente amarillento o grisáceo, y con textura arenosa (Wilson, 1980; Duch, 1988), y el tipo de roca caliza, hace del tipo de suelo de la región un factor particular para el desarrollo de la agricultura (Gómez *et al*, 2005).

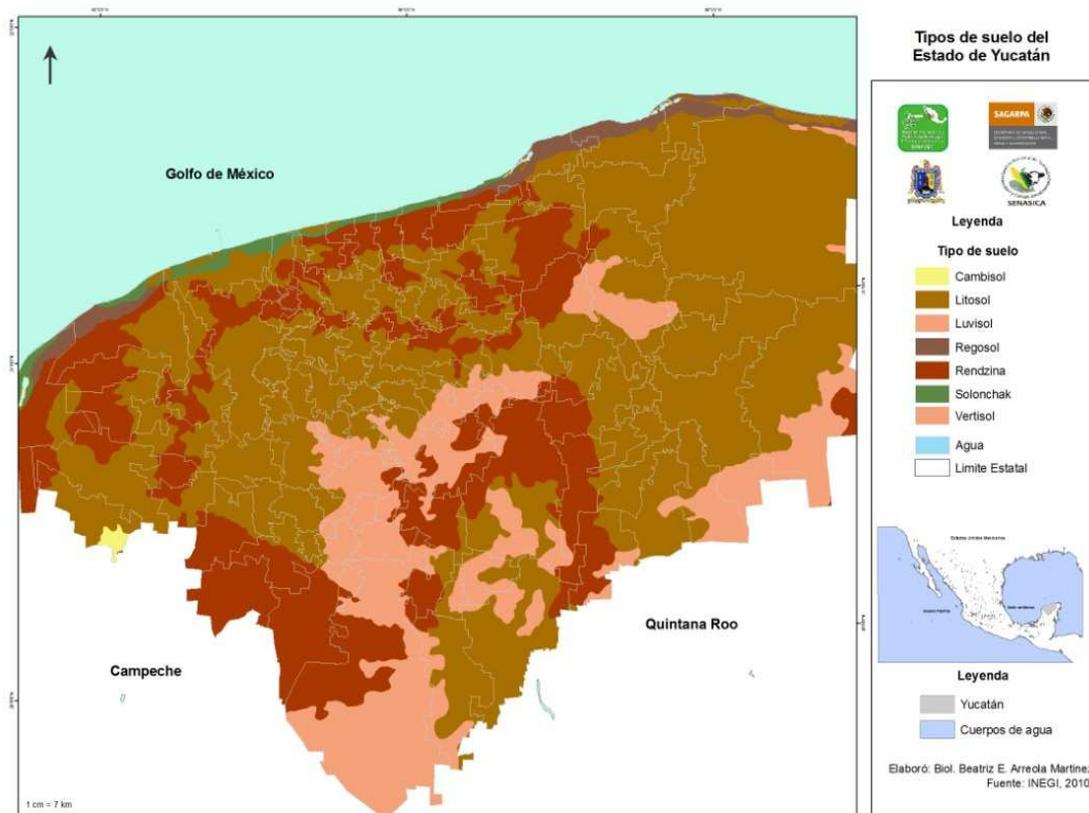


Figura 9. Mapa de unidades de suelo del Estado de Yucatán, México.

### **2.1.3 USO DE SUELO**

Se entiende al uso de suelo como la manera en la que el ser humano hace uso de los recursos naturales del espacio que le rodea para poder obtener bienes y servicios (Magaña, 2010). En Yucatán el principal uso de suelo es el pastizal, selva y agricultura (Figura 10).

La superficie sembrada en la Entidad en el 2009 fue de 780, 170 hectáreas, los principales cultivos sembrados son: chile verde, tomate, calabacita, sandía, pepino, maíz y cultivos perennes como toronja, naranja, limón, aguacate, papaya y pastos (Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, 2011). Destaca el hecho de que gran parte de la superficie se destina a pastos (sustento de la ganadería bovina, principal actividad rural), con una superficie de 92.59% del total del territorio del Estado, ocupando a nivel nacional el cuarto lugar en la producción de estos, siendo Tizimín el municipio que más aporta (SAGARPA, 2011). Sin embargo, su valor comercial es reducido, ya que se obtienen apenas el 11.23% del total de su valor. Caso contrario ocurre con los cítricos, que apenas con poco más del 3% de la superficie sembrada genera más del 30% del valor de cultivos (INEGI, 2010), ocupando Yucatán, el quinto lugar en producción de limón y séptimo lugar en producción de naranja (SAGARPA, 2011).

La ganadería es la principal vocación del campo yucateco. El principal producto es la carne en canal de ave (décimo primer lugar nacional) con una producción de 117, 378 toneladas, seguida de la de porcina (quinto lugar nacional) con una producción de 98, 444 toneladas. También sobresale la producción de huevo para plato (séptimo lugar nacional) con una producción de 68, 245 toneladas, de carne en canal de bovino (vigésimo tercero) produciendo 27 016 toneladas y la producción de miel de abeja (primer lugar nacional) con un valor de 228 millones 764 mil pesos (SAGARPA, 2011; Gobierno del Estado de Yucatán, 2011). Este último producto obtenido a través de la apicultura (Ayala, 2001).

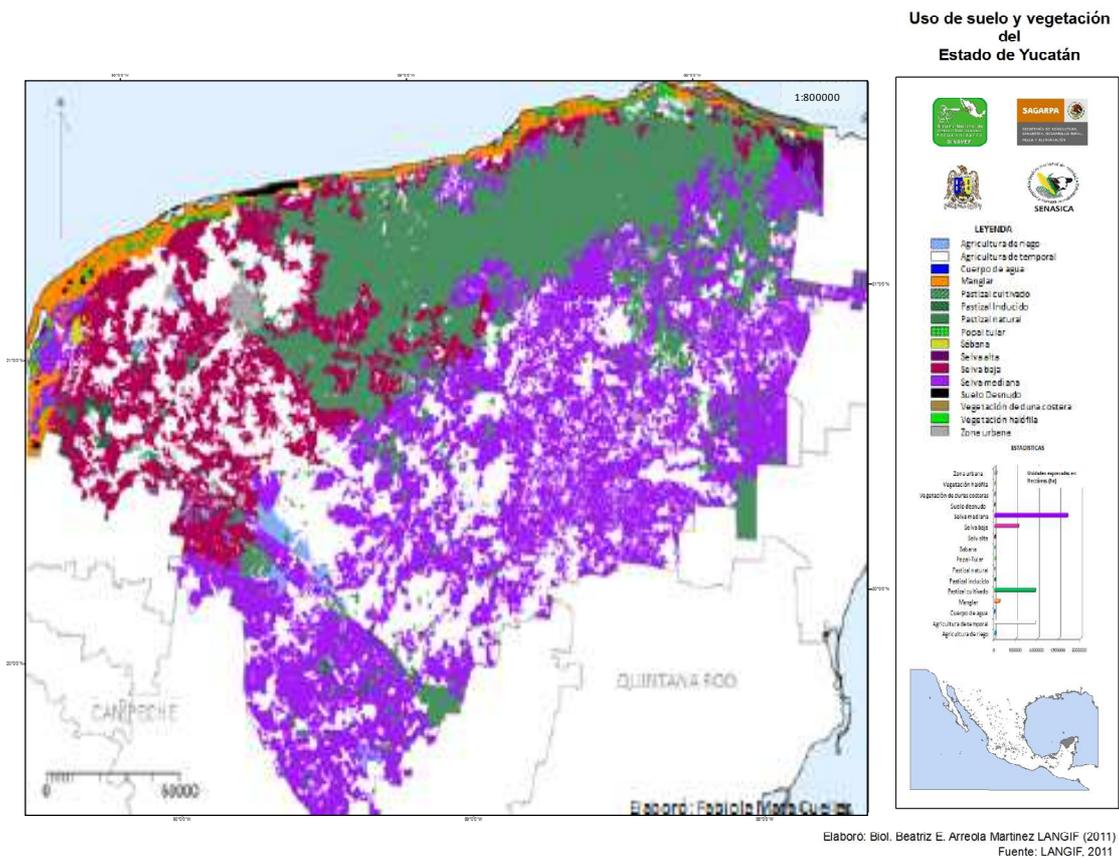


Figura 10. Mapa de uso de suelo de Yucatán.

### 2.1.3.1 IMPORTANCIA DE LA ACTIVIDAD APÍCOLA EN YUCATÁN

La apicultura es una actividad que resulta ser compatible con el ambiente pues aprovecha los recursos florísticos presentes en el sitio y ayuda a la conservación de la biodiversidad, favoreciendo la reproducción de las plantas angiospermas (Ayala, 2001). Como se mencionó en líneas anteriores la obtención de miel, para el Estado de Yucatán es de gran importancia, ya que ocupa el primer lugar en la producción de este alimento, alcanzando su aportación hasta el 30% del total de la producción nacional. Posee importantes cualidades, como acción bacteriana y puede ser empleada como agente terapéutico en algunas afecciones y desequilibrios nutricionales del organismo (SAGARPA, 2011). Este alimento se exporta a países como Alemania, Inglaterra y Estados Unidos entre un entre 40 y 50 % aproximadamente (SAGARPA, 2011).

## **RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN MIEL**

Al ser este un alimento, debe de cubrir ciertas especificaciones relacionadas con su composición y al ser un producto de exportación, debe cubrir las exigencias de países consumidores a los que va a ser destinada, fundamentalmente basadas en la inocuidad, es decir, que se encuentren libres de contaminantes que pudieran perjudicar la salud, centrándose en residuos de medicamentos usados en el control de enfermedades de las abejas o de agroquímicos utilizados en la agricultura. Esto porque actualmente, los consumidores muestran una creciente preocupación y demandan ser bien informados sobre la naturaleza de lo que adquieren a través de prácticas adecuadas de etiquetado y trazabilidad. Esto se concreta en una presión sobre la industria alimentaria, la cual responde estableciendo sistemas de aseguramiento tales como las Buenas Prácticas de Agricultura (BPA) y análisis de residuos en alimentos (SAGARPA, 2011).

En México la SAGARPA desarrolló el Manual de Buenas Prácticas, en el que se establecen una serie de criterios para el establecimiento y manejo de apiarios entre los que se incluyen la higiene de la miel, pero este programa es de carácter voluntario, es decir, no existe una sanción como tal, pero aquellos que cumplan con los lineamientos, recibirán una certificación que les facilitará que su producto sea considerado para exportación (SAGARPA, 2011).

Además se lleva a cabo el Programa de Monitoreo y Control de Residuos Tóxicos y Contaminantes en Alimentos, específicamente los de origen animal, el cual es coordinado por SAGARPA a través de SENASICA, este programa permite diagnosticar, prevenir y controlar los residuos tóxicos, biológicos y contaminantes en alimentos de origen animal, a través de la inspección y vigilancia y certificación de la sanidad, inocuidad y calidad agrícola, estableciendo pautas para determinar los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas en alimentos y disminuir el riesgo para la salud humana (SENASICA, 2001). Este programa se enfoca principalmente a productos de exportación que tienen que cubrir ciertos estándares, como ya se mencionó anteriormente y toma como bases diversas normas entre las que destacan en relación con plaguicidas en alimentos las siguientes (Tabla 12).

Tabla 12. Normas relacionadas con plaguicidas en alimentos.

NORMA	REFERENTE A
NOM-004-ZOO-1994	Residuos tóxicos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo.
NOM-012-ZOO-1993	Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para su uso en animales.

El Comité Intersecretarial para la Evaluación y Seguimiento de los programas Nacional de Residuos Tóxicos y Contaminante en Productos y Subproductos de Origen Animal, es el que lleva a cabo la ejecución del programa, realizando muestreos de alimentos y enviando estas muestras al Laboratorio Oficial de Referencia “Centro Nacional de Servicios en Constatación de Salud Animal” (CENAPA), en el cual se realizan las determinaciones, en caso de estar libre de contaminantes se expide un certificado de inocuidad y en caso de presentar residuos por encima de los límites establecidos se notifica al productor para que se tomen las medidas necesarias para asegurar el retiro de la cadena alimentaria del producto (SAGARPA, 2011).

Pero no todos los productores realizan las Buenas Prácticas, ya que como se mencionó son de carácter voluntario, además de que muchos de los productores comercializan sus productos en mercados locales, regionales y nacionales que no siempre son monitoreados para determinar si cumplen con las características de calidad, en el caso de la miel o si llevan residuos de algún contaminante como plaguicidas.

Entre los plaguicidas que pudieran encontrarse como residuo en miel, están los organoclorados como: lindano, endulsofán, aldrin, heptacloro, etc.; carbamatos como carbuforano, aldicarb, methomil, metiocarb y oxamil; organofosforados como: dimetoato, diclorvos, coumaphos (Maeso *et al*, 1994), diazinon, malatión, clorpirifos, y paratión metílico (Blasco *et al* 2003).

Sin embargo, este producto también se destinada al autoconsumo, los mercados locales y nacionales, que pueden no cubrir los estándares de inocuidad que se marcan para productos de exportación (SAGARPA, 2011). Lo que se hace evidente ya que en México, no existe

una normativa que regule estos niveles como en otros países, por lo que se emplean los valores establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

Además otras actividades agropecuarias como la ganadería bovina extensiva y la agricultura de carácter comercial que requieren de grandes extensiones territoriales, han provocado que los ecosistemas naturales sufran distintos grados de perturbación, esto porque se transforman ecosistemas naturales en pastizales o monocultivos agrícolas (Valdovinos-Núñez, 2003), ocasionando no solo la pérdida de recursos florísticos, también la compactación de suelo y trayendo como consecuencias la erosión, pérdida de flora y fauna, pérdida de potencial productivo, escasez de lluvias, todo esto puede favorecer la presencia o incremento de algunas plagas (Aguilera, 2009).

Estas mismas actividades agropecuarias que afectan a la apicultura, hacen que el Estado sea susceptible a la presencia de plagas, además de que forma parte de una de las Regiones Epidemiológicas del País, la Región Península de Yucatán (Figura 11), está es de gran importancia, ya que es la puerta de entrada de plagas provenientes de Centroamérica y el Caribe por acción de los Huracanes. Entre los tipos de plagas presentes se tienen registrados bacterias, ácaros, maleza, hongos, virus e insectos (SENASICA, 2011).

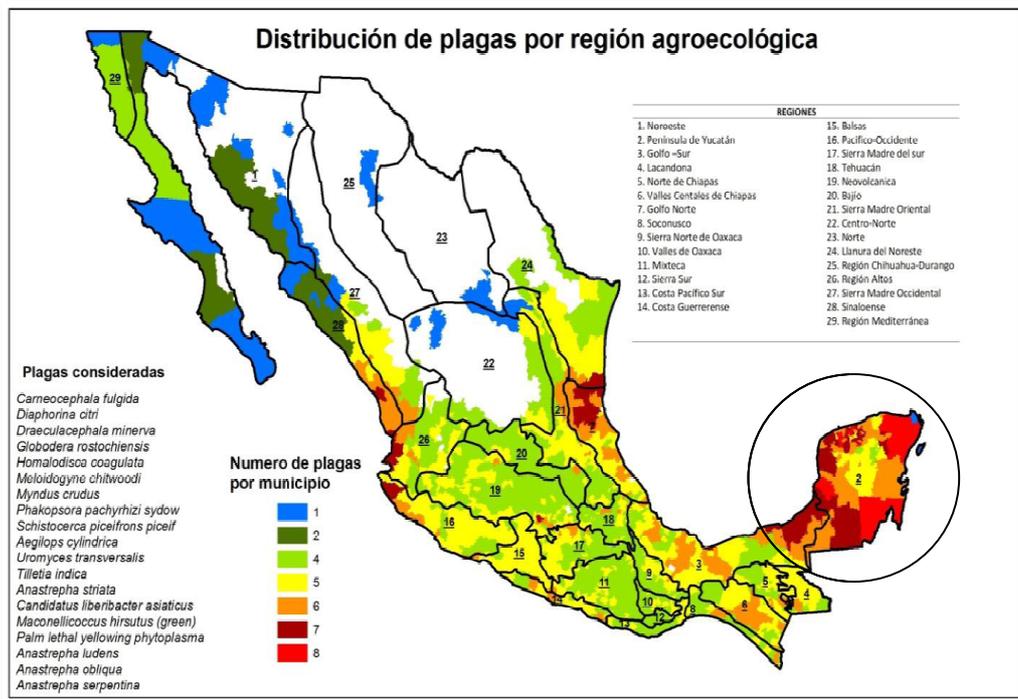


Figura 11. Mapa de distribución de plagas por región agroecológica en la República Mexicana. Fuente: SENASICA, 2010.

Del listado del grupo de insectos que se encuentran en la Región, la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*), es considerada una plaga de importancia económica, presente en el Estado desde la Época prehispánica.

## 2.2 LANGOSTA CENTROAMERICANA (*SCHISTOCERCA PICEIFRONS PICEIFRONS*)

El término de langosta se refiere genéticamente a un grupo de chapulines, que pueden formar densas agrupaciones de individuos llamadas mangas, capaces de viajar grandes distancias y que son capaces de cambiar su morfología, dependiendo de las densidades de individuos concentradas en un sitio (Song, 2005).

Esta plaga, es una de las principales que ha afectado a la humanidad en distintos aspectos como: pérdidas de cosechas que sirven de alimento para el hombre y de pastizales para la ganadería (Parker y Connin, 1967), y en el área de la salud este insecto es causa indirecta de enfermedades que tienen que ver con raquitismo, anemia y defunciones por hambre (Zurita, 1943).

En la actualidad existen diferentes especies de langostas que siguen afectando la alimentación, la economía y la salud de la población de diferentes países (Trujillo, 1975). Entre las más importantes están, Langosta del desierto, Langosta roja, Langosta migratoria, Langosta sudamericana, Langosta marroquí, Langosta italiana y Langosta Centroamericana (FAO, 2001).

En caso específico de la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*), está distribuida en varios países del Continente Americano, a lo largo de varios países de Centroamérica hasta llegar a México, lo que hace que la FAO la considere una plaga transfronteriza (Aceves, 2009, citados por Magaña, 2010), es decir, “una plaga que se encuentra presente en diferentes países y que ocasiona un desastre fitosanitario”, pues genera grandes pérdidas económicas en zonas agropecuarias, especialmente cuando se maneja un modelo de producción extensivo (monocultivo) y se ha arrasado completamente con la vegetación primaria (Galindo, 2006; Manilla, 1996; Mass-Krey, 1993, citados por Galindo, 2008). Lo que enfatiza la necesidad de la participación de los países afectados cooperando con recursos para protegerse, establecer medidas, convenios, y acuerdos para el estudio y control de dicha plaga constituida como un problema Internacional (Trujillo, 1975, citado por Magaña, 2010).

En México, la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*), se encuentra en zonas o terrenos con condiciones ideales para su reproducción, lo que se conoce como “zonas gregarígenas” las cuales presentan una temperatura promedio de 27°C, una precipitación pluvial promedio menor a 1000 mm anuales, terrenos descubiertos o con escasa cobertura vegetal y cercanos a las zonas cultivadas (Garza, 2005). Este insecto toma mayor importancia económica cuando se desplaza de las zonas gregarígenas a las zonas cultivadas, su comportamiento es cíclico, presentándose cada 3 ó 4 años poblaciones altas, ligadas esencialmente a las condiciones meteorológicas, físicas y bióticas que regulan su población, en ocasiones llegan a perderse miles de hectáreas reflejadas en millones de pesos (Márquez, 1963). Garza, menciona que se considera la existencia de 5 zonas gregarígenas principales de esta plaga en nuestro país: Tabasco, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Garza, 2005).

La zona gregarígena en la Península de Yucatán, específicamente el área de pastizales es donde se presentan densidades más altas de este insecto; esta zona es la más importante ya que de ella han provenido las mangas que han causado mayores daños en los cultivos agrícolas y de importancia pecuaria (Song, 2005). Su presencia se ha registrado desde los años 80's, más de 20 municipios están clasificados con categoría de riesgo (SENASICA, 2010).

Este organismo es considerado como especie indicadora de impacto ambiental, pues la menos en las últimas décadas, se ha presentado en áreas donde se ha cambiado la vegetación, en especial de selva por áreas de agricultura y de pastizal (Magaña, 2010) (Figura 12).

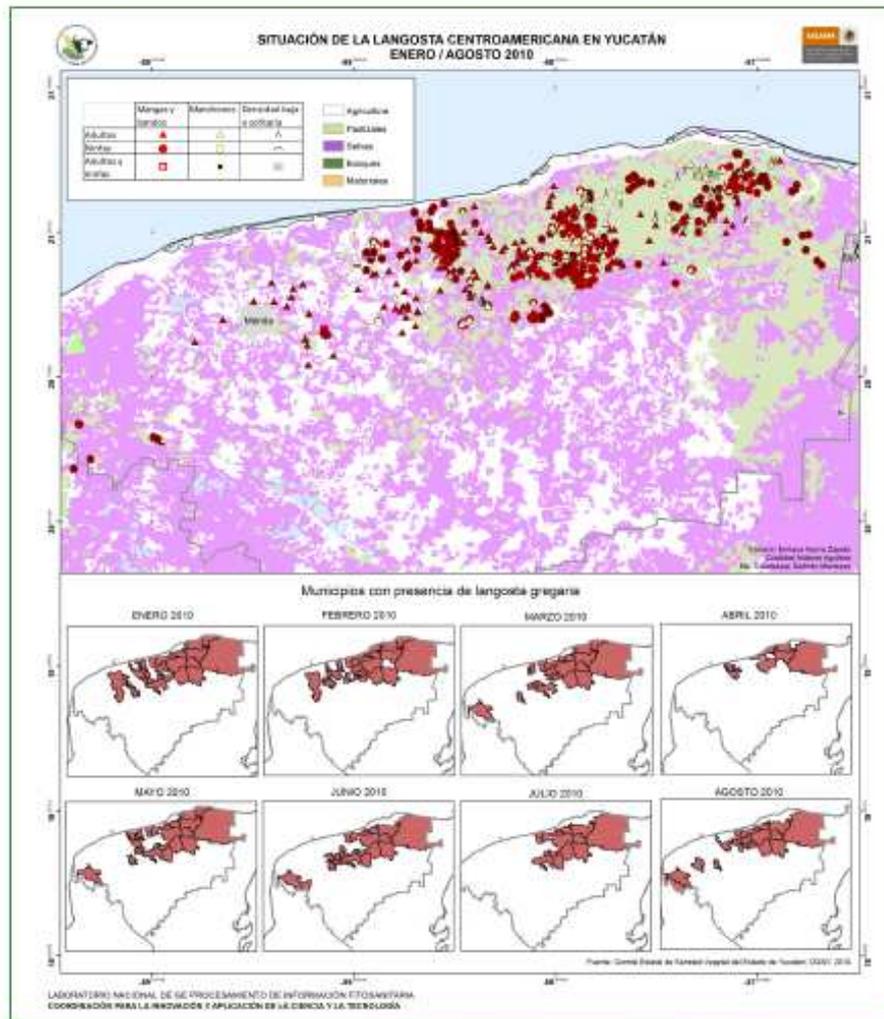


Figura 12. Situación de la langosta centroamericana en Yucatán en el periodo de Enero – Agosto 2010.

### 2.2.1 FACTORES QUE FAVORECEN LA PRESENCIA DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA EN YUCATÁN

La causa por la que la langosta se hace presente en esta zona de manera continua, es porque en estas se presentan las condiciones climáticas adecuadas para que estos insectos ovipositen.

#### Ciclo de Vida

La Langosta Centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons*, presenta dos generaciones por año y experimenta cambio de fases (solitaria y gregaria) que las hace ser

un peligro potencial de plaga, son influenciados por elementos meteorológicos como la temperatura, precipitación y radiación solar que inciden en su distribución, tasa de crecimiento, reproducción, que afectan su comportamiento poblacional, transformándose eventualmente en plagas peligrosas (Barrientos, 2003).

Primera Generación. El periodo de cópula inicia en Abril y termina hasta Julio, lo cual, va de acuerdo al periodo de lluvias. La oviposición inicia en Mayo y termina en Julio, el número de posturas por hembra varía de 1 a 4. El periodo de saltones se inicia en Mayo, dando fin en Agosto. Los adultos se presentan durante Julio a Septiembre. Esta generación dura de 60 a 80 días y es la que ocasiona los mayores daños a los cultivos (Figura 13) (Barrientos, 2003).

Segunda generación. El periodo de cópula inicia a finales de Agosto y concluye en Noviembre. El periodo de la oviposición va de Septiembre a Noviembre. La muerte del adulto se produce aproximadamente a los 22 días posteriores. El periodo de saltones inicia a fines de Septiembre y se prolonga hasta principios de Enero, siendo Octubre el de mayor incidencia. Los adultos se presentan de Noviembre a Abril, ya que entran a diapausa imaginal, debido a la falta de humedad, condiciones desfavorables para continuar con el desarrollo sexual, esta generación tarda aproximadamente 155 días (Figura 13) (Barrientos, 2003).

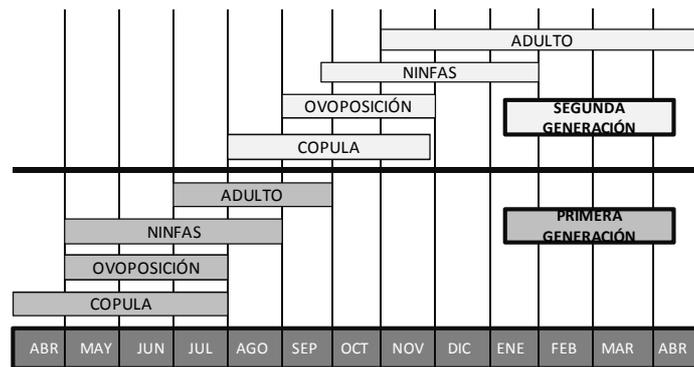


Figura 13. Ciclo de vida de *Schistocerca piceifrons piceifrons*.

Estos organismos se reproducen (cópula) en el suelo en lugares abiertos, desprovistos de vegetación, aunque también se ha observado en cultivo o arbustos, se lleva a cabo durante el día, en tiempo seco y caliente. Las hembras chapulín entierran sus huevecillos a una

profundidad de 1.5 a 5.0 cm. del suelo, en praderas y agostaderos, terrenos baldíos, orillas de caminos, canales y drenes. Los huevecillos comienzan a eclosionar al iniciar la temporada de lluvias, aunque pueden retrasar el tiempo de eclosión en años secos (INIFAP, SAGARPA 2005). Tanto la temperatura como la humedad del suelo son importantes, dado que, afectan el crecimiento de la vegetación y por ende la disponibilidad de alimento, estimulando la maduración y reproducción del insecto.

Las elevaciones en la temperatura ambiental y una irregular distribución de las precipitaciones, pueden catalizar periodos de cópula y ovispostura, así como contribuir al agrupamiento (densación), que es el detonante para la gregarización. La gregarización es el mecanismo por medio del cual cambian de fase. Así mismo el incremento en las densidades de población es influenciado por una diversidad de factores, entre otros, los cambios en el uso y manejo de la tierra, la introducción de nuevos cultivos, el abandono de cultivos tradicionales y áreas de cultivo, la falta de monitoreo y vigilancia y, en algunos casos, a condiciones climáticas muy favorables (Garza, 2003; citado por Contreras, 2010).

La concentración se realiza por el reagrupamiento de alados reproductores debido al efecto de vientos convergentes u otros factores de diversa naturaleza como quemas, inundaciones, etc. La multiplicación es favorecida por el mantenimiento de las condiciones ecológicas óptimas para la especie durante la época de maduración sexual de los padres y el desarrollo de los huevos y ninfas que se originan, tales como, suelo de textura dominante arenarcillosa, temperatura media de 27°C, humedad relativa alta (50 a 85%) y vegetación constituida de matorrales en mosaico (Contreras, 2010).

La gregarización da inicio cuando la densidad crítica es alcanzada esta se manifiesta por la formación de manchones y luego de bandos, en el caso de ninfas siendo la existencia de estas formaciones una condición indispensable en la formación de una manga, los imagos originados de ninfas agrupadas tienen tendencia a cohesionarse con sus congéneres (Barrientos, 2003; citado de Contreras).

La temperatura actúa de dos formas sobre el comportamiento de las mangas de langosta con relación a su migración: actúa como un estimulador de la excitabilidad de la manga ya que al contacto con la superficie caliente del suelo, se produce un estímulo suplementario que hace aumentar la tensión nerviosa del grupo y que continua alimentándose por la mutua excitación de los individuos (Ávila *et al*, 2005). Por otro lado la precipitación es uno de los elementos más influyentes en la determinación de las temporadas de cópula y oviposición. Se requiere cierto nivel de humedad en el suelo para asegurar la eclosión de los huevos y luego satisfacer las necesidades hídricas de las ninfas (Rainey, 1963).

En lo que se refiere al clima, durante los eventos de “El Niño”, la precipitación se reduce de Enero a Julio, con una recuperación en el mes de Septiembre y un máximo en Diciembre. Este hecho refuerza la hipótesis de que lluvias anormales y posteriormente una época de sequía prolongada, son las condiciones propicias para el desarrollo de mangas de langosta y como resultado de una sequía prolongada las temperaturas aumentan. En teoría ese aumento de la temperatura ambiental, puede acelerar no solo el tiempo de eclosión, de los huevos en la tierra, sino a demás procesos de cambio de estado de las langostas (Contreras, 2009).

Se ha podido establecer que los climas que se presentan en Yucatán como el tropical cálido subhúmedo (Aw0, Aw1, Aw3), se presentan en regiones de transición tropicales húmedas y las áridas, con precipitaciones entre 600 y 1500 mm, temperaturas promedio superiores a los 20°C, un periodo de sequía de cinco a nueve meses, particularmente el clima Aw0 , considerado como el clima más seco de los climas tropicales, con una precipitación anual de 900 mm, es el clima ideal que permite las condiciones ambientales para el desarrollo biológico de la langosta (Contreras, 2008, 2009)

Se sabe que con altas temperaturas la langosta sufre irritabilidad y su comportamiento cambia al de una fase gregaria con mayores requerimientos de energía y por tanto de alimento, lo que resulta perjudicial para el hombre por implicar además de cultivos poco desarrollados, que lo poco logrado sirva de alimento para esta plaga (SENASICA, 2012).

Cuando este insecto se encuentra en su fase gregaria, es cuando puede llegar a formar mangas, cambiando su forma, color y comportamiento, con mayores requerimientos de energía y por tanto de alimento, convirtiéndose en altamente voraces y desplazándose con rapidez, características que dificultan su control (SENASICA, 2012).

El Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF), realiza el monitoreo y vigilancia de las plagas en México, para el caso de la Langosta Centroamericana reporta que los municipios de Yucatán con una mayor superficie en riesgo son Tizimín, Panabá, Buctzotz y Dzilam González. Algunos de estos municipios además de ser históricamente los que han presentado más presencia de mangas de langosta, son los que abarcan mayor superficie en riesgo (Figura 12) (Magaña, 2010). Para el periodo de el mes de Diciembre del 2010, que la zona Norte del Estado de Yucatán presentó un alto riesgo y con un alto potencial para la gregarización de langosta. La zona Este del estado también presenta un riesgo alto, debido a que hasta finales de Diciembre del 2010 existía la presencia de mangas de langosta en Tizimín, que pueden dar origen a los brotes o cobijo a las mangas detectadas en ese municipio, ya que existen condiciones que pueden hacer posible la migración hacia esa zona del Estado (Figura 14)., incluso en ese año se tuvo la mayor superficie controlada por la presencia de brotes de langosta en el Estado con 10, 883 ha, y para el 2011 la superficie controlada fue de 961 ha (SENASICA, 2010).

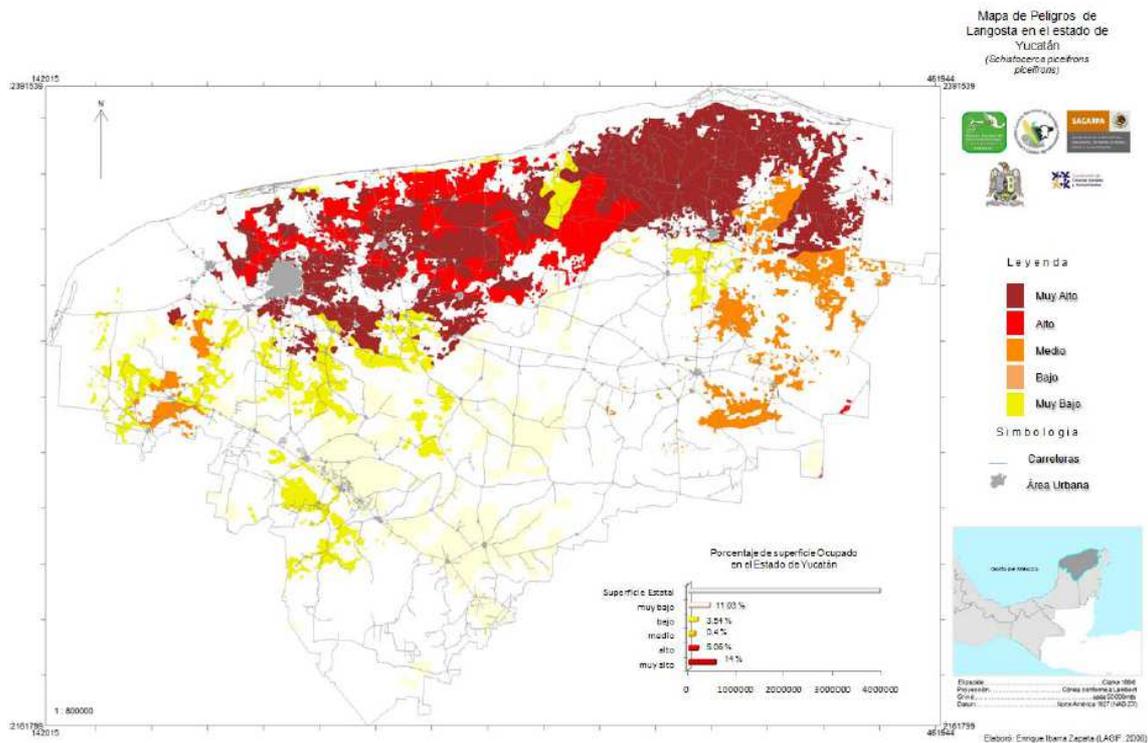


Figura 14. Mapa de peligros de *Schistocerca piceifrons piceifrons*, en el estado de Yucatán.

## 2.2.2 TIPOS DE CONTROL DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA

Como se mencionó anteriormente la langosta es considerada una plaga transfronteriza, afectando a diversos países y ocasionando desastres, ante lo cual se han establecido normas y reglamentos a nivel nacional e internacional, los primeros fueron elaborados en 1593. Lo que significa que los problemas por la langosta han sido importantes desde sus primeros registros en el siglo XV, con el objetivo de destruir a este insecto (Márquez, 1963, Citado por Magaña, 2010).

A partir del establecimiento de Leyes y Reglamentos, se da por entendido que ya existe una campaña fitosanitaria (Conjunto de medidas para la prevención, combate y erradicación de plagas que afectan a los vegetales en un área geográfica determinada).

En Yucatán para 1883, se establece la “Ley de Reglamento para la extinción de la langosta en el Estado de Yucatán”, en esta se obligaba a los hombres de edades entre los 14 y 60

años a entregar dos arrobas de langosta vivas o muertas y a quienes no hicieran este pago se les multaba con cincuenta centavos (Magaña, 2010).

Para 1924, se crea la Junta Nacional Directora de la Campaña contra la Langosta, donde se faculta la reglamentación interna, creación de juntas locales, Regionales y Organismos locales, se organiza al personal necesario para el control de la plaga, se designa el manejo de los fondos y la libertad para actuar según el plan más adecuado para dicho control. Estas campañas y programas fitosanitarios llevan más de 100 años aplicándose y son de carácter oficial, transformándose con el paso del tiempo de acuerdo a las necesidades y exigencias que se van presentando. En ellas se establece:

1. Asegurar presupuesto con la intención de prevenir la introducción y dispersión de plagas cuarentenarias en nuestro País.
2. Confinar y prevenir dispersión de plagas cuarentenarias o reglamentadas en nuestro País.
3. Aplicación de programas de vigilancia epidemiológica sobre plagas que amenazan cultivos de sistema producto, determinar y actualizar permanentemente el estatus fitosanitario de las plagas reguladas en los diferentes niveles, que son: local, estatal, regional y nacional.
4. Fortalecer los procesos de evaluación de los programas que son apoyados por la Dirección General de Sanidad Vegetal.

En los inicios de las campañas los métodos que se utilizaban iban desde rezos hasta control cultural, como buitrones y recogedores, fosas, lanzallamas y recolección manual por pago de servicios, procedimientos mecánicos y el uso de cebos envenenados con arsénico blanco o arseniato de sodio líquido, posteriormente se utilizaban métodos culturales, muy poco se empleaban los insecticidas (Márquez, 1963). El que propuso el emplear agroquímicos como medio de control fue el Ing. Quim. Biol. Enrique Vélez Luna, el propone el uso del insecticida Effusan 34-36 (Dinitro-compuesto) espolvoreado con bombas manuales, al principio los resultados fueron promisorios, sin embargo, las siguientes aplicaciones fueron

inciertas por la falta de calidad del insecticida, lo que provocó que se dejara de usar (Vélez, 1972).

Para Yucatán, hasta la segunda mitad del siglo XX, se utilizan de manera indiscriminada los plaguicidas, aplicándolos de forma manual o asperjada con apoyo de avionetas (Herrera, 1943; Zurita, 1943, Márquez, 1963). En 1942 se empieza a utilizar como control químico, el isómero gama del Hexacloruro de Benceno a concentraciones de 2.5, 3 y 5%, en espolvoreos aéreos o manuales. Este insecticida funcionó como un control muy efectivo y económico. También se usó clordano a concentraciones de 5 y 10%. En la actualidad y de acuerdo a la NOM-049-FITO-1995, se recomienda el uso del control biológico con el hongo *Metarhizium anisopliae* (Garza, 2005), este tipo de control resulta difícil ya que es determinante que se presenten las condiciones ambientales favorables para las relaciones langosta - agente biótico (Márquez, 1963). Esta misma norma también recomienda el uso de control químico específicamente fipronil, malatión y paratión metílico (Pérez y Sánchez, 2005).

Sin embargo, el control químico es a la fecha la manera más rápida, económica y efectiva de reducir las poblaciones de esta plaga cuando ocurre una explosión poblacional, entre los más empleados está el paratión metílico en polvo con una dosis de 25 kg/ha, y de acuerdo a la literatura los costos ambientales y daño a los ecosistemas pueden ser muy altos, sobre todo cuando se asperja en áreas extensas (Trujillo, 1975), ya que está considerado como extremadamente tóxico y se reporta su uso de manera constante en el combate a la langosta en Yucatán.

### **2.2.3 PARATIÓN METÍLICO**

El paratión metílico pertenece al grupo de los plaguicidas organofosforados, por lo que como ya se menciona en el capítulo anterior, su mecanismo de toxicidad se basa en la inhibición de la AChE. Es un insecticida de amplio espectro, es decir, que no es específico de un organismo y se utiliza para el control de plagas de insectos en diversos cultivos. Se considera no persistente ya que se degrada rápidamente por ser fotolábil y termolábil (EPA,

1987). Sin embargo si se usa de manera constante o es derramado en grandes cantidades, existe la posibilidad de que persista por más tiempo en el ambiente (EPA, 2011).

Clasificado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), OMS y la Unión Europea (UE) como extremadamente tóxico para el ser humano (tabla 13).

**Tabla 13. Clasificación de la toxicidad del paratión metílico (FAO, 1997; Ortiz, 2003).**

		<b>Toxicidad Oral</b>	<b>Toxicidad dérmica</b>	<b>Toxicidad oral</b>	<b>Toxicidad dérmica</b>
	presentación	% i.a (ingrediente activo)	Clase de peligro	% i.a (ingrediente activo)	Clase de peligro
<b>OMS</b>	Líquida	>15	Ia	>90	Ia
	Sólida	>50	Ia	>40	Ib
<b>EPA</b>	I (extremadamente Tóxico)				
<b>UE</b>	T+ (muy tóxico)				

Nota: Ia: extremadamente peligroso; Ib: extremadamente riesgoso

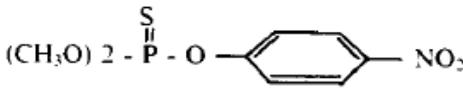
Pero para otros organismos muestra una toxicidad distinta; en peces y zooplancton es de ligera a extremadamente alta, en anfibios y moluscos de ligera a moderada y en anélidos, para aves, nematodos y gusanos planos, de moderada a alta (Ineau, 1991); es ligeramente tóxico para plantas acuáticas y en crustáceos e insectos varía de alta a extremadamente alta, de estos últimos, las abejas son especialmente sensibles; mortandades de estos insectos han sido registradas incluso bajo dosis recomendadas (EPA, 1987).

La complejidad y la cantidad de datos que se requieren para predecir exactamente donde se pueden encontrar o depositar las partículas de los plaguicidas cuando estas entran en contacto con el ambiente, además del hecho de que los datos de las investigaciones son obtenidos bajo condiciones controladas de laboratorio y con cantidades conocidas de plaguicida, lo que no ocurre en la naturaleza (INE, 2007). Hacen que muchas veces no se tenga idea de donde realizar estudios sobre determinación de residuos de estas sustancias. A pesar de esto se ha logrado determinar ciertas características físico-químicas cuantificables para el paratión metílico.

### 2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL PARATIÓN METÍLICO

Las características fisicoquímicas de las sustancias, nos pueden dar una idea de que comportamiento tendrán estas, es decir, si estas se pueden volatilizar más fácilmente, si se transportan por agua, suelo o aire, que tanto de estas sustancias pueden permanecer en los diferentes medios, etc. Para el caso del paratión metílico se tienen ya determinadas sus características fisicoquímicas expresadas en la siguiente tabla.

**Tabla 14. Propiedades fisicoquímicas del paratión metílico.**

Estructura	
Fórmula molecular	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> NO <sub>5</sub> PS
Peso molecular	263.2
Punto de fusión	35 a 36°C
Densidad relativa a 20°C	1.358
Solubilidad en agua a 25°C	55-60mg/L
Presión de vapor a 20°C	9.7 x 10 <sup>-6</sup> mm Hg
Kow	2.86
Koc	2.7

Fuente: INE, 2009.

Debido a que es aplicado en polvo, puede asociarse gran parte de este plaguicida a otras partículas presentes en el aire. Estas partículas pueden ser removidas por precipitación húmeda y seca, depositándose en la vegetación, el suelo o en cuerpos de agua (Sethunathan, 1993). Pero considerando que el Estado de Yucatán carece de cuerpos de agua superficiales no resulta ser un riesgo la contaminación por este plaguicida en agua por deposición. Las características fisicoquímicas, la forma de aplicación y el mecanismo de transporte del paratión metílico, así como las características ambientales y la geografía del lugar en el que se aplica, hace que uno de los lugares en donde se puede encontrar este plaguicida sea el suelo, en este se determina de acuerdo a las características fisicoquímicas, que su movilidad es prácticamente nula, por lo que ni la sustancia original ni los productos de su degradación alcanzarán las aguas subterráneas, lo que hace posible encontrarlo en suelo superficial y bajo condiciones de desecho, en grandes volúmenes la degradación se retarda significativamente. Y tomando en cuenta que el 50% de los plaguicidas utilizados se asienta en los suelos y que éstos pueden llegar a impedir el proceso natural de fertilización y que en

algunos casos los niveles de contaminación presentes en éstos pueden resultar peligrosos para la salud (Márquez, 1999), hace que sea importante determinar si existen residuos de este plaguicida aplicado para el control de la langosta.

Al ser un plaguicida con un Kow de 2.86 es difícil que se biomagnifique, es decir que se transporte a través de la cadena trófica (Tabla 14). Esto hace que se descarte la posibilidad de que del suelo pase a la planta y de ésta a los herbívoros y carnívoros y así sucesivamente hasta llegar al humano (Waliszewski e Infanzon, 2003). Por lo que, la presencia de esta sustancia en alimentos puede deberse a la aplicación directa durante el crecimiento, transporte o almacenamiento (Lagunes y Villanueva, 1994).

Par al presente trabajo se encontraron investigaciones realizadas en el mundo, que determinan residuos de plaguicidas organofosforados en suelo, sin embargo la mayoría de ellos son en sitios con temperaturas bajas como Canadá, lo que hace más probable que existan residuos de estos y otros estudios realizados para países ubicados bajo la misma latitud a la que se encuentra México (Tabla 15).

**Tabla 15. Estudios relacionados con paratión metílico en suelo.**

<b>AUTOR Y AÑO</b>	<b>TEMA</b>	<b>CONCLUSIONES</b>
Sharmila, 2002	Persistencia de methyl parathion en suelo ( <i>in vitro</i> ) (Israel)	La persistencia de methyl paratión (MP) en un suelo inundado aluvial disminuyó al aumentar la temperatura.
Hernández <i>et al</i> , 2003	Residualidad de insecticidas en suelo de cultivos de arroz. (Cuba)	Los insecticidas encontrados deltametrin, carbarilo y paratión metílico, no rebasaron el límite de detección del método cromatográfico.
Masís <i>et al</i> , 2008	Residuos de agroquímicos en suelo (Cuba)	21 plaguicidas organoclorados y organofosforados analizados entre ellos methyl parathion, solo 3 organoclorados detectados y un organofosforado
Belanger (1998)	Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en suelos de Canadá.	Se encontraron residuos altos de plaguicidas organoclorados (aldrin, dieldrin, endulsofan, endrin, heptacloro y y-clordano) y de organofosforados (diazinon, leptofos, Etión, diclorofention y paratión).
Sethunathan (1993)	Residuos de paratión en 5 suelos ácidos.	En suelos con mayor cantidad de materia orgánica era menor la

		cantidad de paratión.
Yoshioko <i>et al</i> (1991)	Residuos y degradación de plaguicidas organofosforados en suelo.	Se encontraron residuos de Clorpirifos, Fenitrotion, Foxim, Tetraclorvinfos y Piridaphention en suelo, pero se observó que en suelos con mayor contenido de materia orgánica la degradación era más rápida.
Wahid (1978)	Adsorción y desorción de paratión en suelos de la India.	Observaron que la relación entre la absorción del plaguicida es y el contenido de materia orgánica es logarítmico.

En México la SEMARNAT es la encargada de monitorear los residuos de plaguicidas en el ambiente (SEMARNAT, 2004), aunque esta carece de estudios que indiquen los niveles de residuos de plaguicidas en suelos con actividades agropecuarias. Algunos investigadores de diversas Instituciones Educativas han generado información acerca de este rubro pero enfocados a zonas donde se almacena o fabrica este o en donde han ocurrido derrames, a continuación se presentan algunos de ellos en la tabla 16. Sin embargo, en el Sitio de Estudio del presente trabajo no se encontró ningún reporte que cuantificara paratión metílico en suelo.

**Tabla 16. Estudios en México relacionados con paratión metílico en suelo.**

<b>AUTOR</b>	<b>TEMA</b>	<b>CONCLUSIONES</b>
Ortiz y Sánchez, 2010	Biodegradación de organofosforados en suelos de México.	Las bacterias son importantes organismos que intervienen en la degradación del plaguicida paratión metílico, recomendándose usar como método de remediación.
Rojas <i>et al</i> , 2012	Efecto de paratión metílico sobre la producción de oxido en suelo.	El plaguicida paratión metílico afectó las emisiones de N <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub> , lo que disminuye la actividad microbiana del suelo.

Aún cuando el paratión metílico está clasificado como extremadamente tóxico, no se especifica un límite máximo permisible en suelo a pesar de que se reconoce como residuo peligroso para el ambiente (NOM -052- SEMARNAT – 1993, Diario Oficial de la Federación del 22 de octubre 1993).

El aire es otro medio en el cual puede estar presente este plaguicida, afectando a organismos no blanco como las abejas, importantes para la producción de miel en el

Estado. La Dosis Letal media (DL50) de paratión metílico para las abejas se encuentra establecida por exposición vía tópica en 0,04 µg/abeja y por exposición vía oral en 0,013 µg/abeja, observándose que a muy bajas concentraciones de este plaguicida estos organismos pueden morir (Margalef, 1995). Entre los efectos que causa este plaguicida en las abejas están problemas de regurgitación, abdomen distendido, comportamientos agresivos, movimientos erráticos, inhabilidad para volar, desorientación, letargo, parálisis e incluso la muerte (Devillers *et al*, 2002).

Se ha reportado también que los productos de las abejas (miel, polen, propóleo y cera) son sensibles a los más variados contaminantes, como los plaguicidas (Ponikvar *et al*, 2005), estos contaminan la miel de manera directa con su uso para combatir enfermedades propias de las abejas o de manera indirecta ya que la abeja puede transportar el plaguicida a la colmena, contaminando polen y miel (Devillers *et al*, 2002). Pero para paratión metílico en miel, no existe un LMR dentro del Codex Alimentarius. Solo en la comunidad europea se establecen como las concentraciones máximas admisibles de 0.1 µg/L para productos individuales, y de 0.5 µg/L para el total de plaguicidas, que es la cantidad de sustancia tóxica a la cual no se presenta un efecto en el humano.

De las investigaciones encontrados que analizan la presencia organofosforados en miel solo 3 de ellos detectaron la presencia de paratión metílico en está (tabla 17).

Tabla 17. Estudios relacionados con paratión metílico en miel.

AUTOR	TEMA	CONCLUSIONES
Maeso <i>et al</i> , 1994	Estudios de residuos de metales y plaguicidas en miel de España.	Concluye que la abeja y la miel son un indicador ambiental válido, cumple con varios de los requisitos exigidos y presenta ventajas como el fácil manejo y obtención, bajo coste y muestreo selectivo limitado a un área de varios km <sup>2</sup> .
Fléche <i>et al</i> , 1997	Residuos de plaguicidas en miel de Francia y sus efectos en la salud.	Se encontraron residuos de 0.02 mg/Kg que caen dentro de los límites aceptados de residuos para este alimento, sin embargo el investigador menciona que resulta poco calculando la ingesta diaria

		de miel en la población.
Blasco <i>et al</i> , 2003	Análisis de residuos de plaguicidas en miel de mercados locales de Portugal y España.	Los resultados indican que las mieles portuguesas están más contaminadas que las mieles de España, 50 % de las muestras presentaba organoclorados, 10% presentaron carbamatos y 16% de las muestras presentaron organofosforados entre ellos el paratión metílico.

## **CAPITULO 3. DETECCIÓN DE RESIDUOS DE ORGANOFOSFORADOS POR UN MÉTODO COLOMÉTRICO**

### **3.1 METODOLOGÍA**

#### **3.1.1 NORMATIVA EN MÉXICO Y YUCATÁN**

Para lograr el objetivo número uno, se recolectó información sobre el marco regulatorio en materia de plaguicidas a nivel Nacional y Estatal, se identificaron a los diferentes actores involucrados a lo largo del ciclo de vida de los plaguicidas, y se determinaron las funciones de cada una de estos, para ver la posible relación entre ellos.

#### **3.1.2 VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO**

Antes de realizar el muestreo en el área de estudio se validó el método analítico seleccionado, se empleó un método espectrofotométrico ya que éste ofrece grandes ventajas sobre el cromatográfico. Es sencillo, relativamente rápido, la muestra no requiere pre tratamiento y es económico. Mientras que el pre-tratamiento de la muestra para ser analizada por cromatografía de gases es complejo y tardado, muy caro y requiere equipo sofisticado.

El método espectrofotométrico seleccionado se fundamenta en la reacción de Ellman, para determinar la actividad colinesterásica, modificado por Sánchez Meza-Yáñez (comunicación personal), método usado por otros investigadores para fines similares en muestras de agua de lluvia (Hamers *et al*, 2000), utilizando un volumen de suero de ratón, el cual contiene la pseudocolinesterasa e incubado con acetilcolina (sustrato). La reacción consiste en que la pseudocolinesterasa cataliza la hidrólisis de la acetilcolina, formando tiocolina y ácido acético. La tiocolina liberada reacciona con el ácido 5,5 ditiobis-2-nitrobenzoico (DTNB) produciendo un compuesto de color amarillo, el ditiobisnitrobenzoato, el cual en medio alcalino (pH=8.0) genera compuestos de color amarillo, los cuales absorben a 405 nm. La velocidad de aparición del color amarillo es proporcional a la actividad enzimática. La reacción se lleva a cabo a una temperatura de 25°C, Cuando el suero se incuba con un extracto de suelo contaminado con plaguicidas

organofosforados (OF) o carbamatos (CA), éstos inhiben la enzima del ratón, por lo que no se lleva a cabo, o se ve disminuida la reacción de hidrólisis, por lo tanto no se genera tiocolina y como consecuencia no hay formación de complejo amarillo. La cantidad de luz absorbida a 405 nm es inversamente proporcional a la concentración del plaguicida, es decir, entre mayor sea la concentración de éste, menor será la actividad de la enzima y por lo tanto menor formación de complejo amarillo.

El suelo utilizado para la validación del método fue de un jardín al que no se le aplica ningún plaguicida de este tipo. Se empleó paratión metílico comercial, al 3% en polvo (el mismo que se utiliza en el combate de la langosta en Yucatán).

**Método de extracción.** En matraces erlenmeyer se colocaron 20 g de suelo y se fortificaron con diferentes cantidades de MP al 3% en polvo para observar el porcentaje de inhibición (0.0175, 0.035, 0.31, 1.25, 2.5 y 10 g), cada concentración se incubó a 25°C y en obscuridad durante 0, 24, 48, 72 horas y 7 días, con la finalidad de permitir la adsorción del plaguicida al suelo y tratar de simular lo sucedido en un campo agrícola. A cada una se le agregaron 50 ml de acetona; se agitó con ayuda de un agitador LAB ROTATOR modelo 1345, durante 10 min, al final de este tiempo se filtró el suelo a través de un papel wattman n° 1 (Figura 15), el filtrado se recolectó en un vaso de precipitado, se colocó en un baño maría y se evaporó el solvente a una temperatura entre 35 y 40°C, hasta sequedad.



Figura 15. Pesado y filtrado de muestras.

El residuo obtenido en el vaso de precipitado se resuspendió con 2.5 ml de agua desionizada y de esta suspensión se tomaron 50 µl, para colocarlos en el tubo de la reacción de Ellman e incubarlos con 40 µl de suero de ratón, durante 10 minutos. La reacción se leyó en un espectrofotómetro a 405 nm, ajustando primero a cero con el blanco de reactivo (testigo). Una vez ajustado se leyó cada muestra tomando la lectura cada minuto durante tres minutos.

Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se obtuvo el promedio y desviación estándar de las mismas. Primero se obtuvo la actividad de la acetilcolinesterasa determinada en el suero sin extracto del suelo utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad de la acetilcolinesterasa (U/mL)} = (\text{Apm})(\text{VT})(10\text{E}3)/(\text{e})(\text{LCO})(\text{VM})$$

**Donde:**

Apm = Promedio de las diferencias de absorbancia obtenidas a cada minuto

U = Cantidad de enzima que convierte un micromol de sustrato (acetiltiocolina) por minuto en condiciones normales

e = Coeficiente de absortividad molar del 5 tio-2 nitrobenzoato equivalente a 3.162 a 405 nm

10E3 = Factor de corrección para pasar de milimol a micromol

VT = Volumen total de la reacción

VM = Volumen de la muestra sin diluir

LCO = Longitud del camino óptico (1 cm)

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se obtiene un factor de 5, 869.17 para determinar la actividad enzimática de las muestras de suero y un factor de 5, 964.14 para las muestras en las que se determina la actividad enzimática en el extracto de suelo.

Con estos factores se realizó el cálculo de la actividad colinesterásica:

$$\text{Actividad de acetilcolinesterasa (U/mL)} = (\text{Apm})(5, 869.17)$$

$$\text{Actividad de acetilcolinesterasa (U/mL)} = (\text{Apm})(5, 964.17)$$

Para determinar el porcentaje de inhibición, se utilizó la siguiente fórmula, donde a la actividad colinesterásica determinada en el suero que representa el 100% de la actividad

enzimática registrada se le resta la actividad enzimática del extracto del suelo y se divide entre la actividad enzimática del suero de rata utilizado.

**% de inhibición** =  $100 - \frac{\text{Actividad enzimática en el extracto de suelo}}{\text{Actividad enzimática en el suero}} \times 100$

Sin embargo las condiciones controladas pueden diferir de las condiciones *in situ* en la degradación de los plaguicidas. Por lo que se procedió a colocar charolas de aluminio con suelo control fortificado con 0.035, 2.5 y 10 g de MP al 3% en polvo, durante 60 días en condiciones ambientales reales en San Luis Potosí, en donde se vieron expuestas a lluvia, sol, viento, altas y bajas temperaturas durante este periodo.

**Construcción de las curvas de calibración.** Se colocaron 20 g de suelo mas diferentes cantidades de paratión metílico (0.0175, 0.035, 0.31, 1.25, 2.5 y 10 g), se incubaron por un tiempo de 24, 48, 72 horas y 7 días en obscuridad, se les agregó acetona y se procedió a realizar la extracción ya descrita en líneas anteriores, para poder realizar el análisis del porcentaje de inhibición de la enzima. Con cada lote de muestras se corrió un control de calidad interno, que consistía en una muestra fortificada con 2.5g de MP.

### **3.1.3 ÁREAS SUSCEPTIBLES POR DEPOSICIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN TIZIMÍN, YUCATÁN**

#### **CONSTRUCCIÓN DE MAPAS**

De acuerdo a la información proporcionada por el SINAVEF, de los meses de Enero a Diciembre de 2010, de los municipios de Yucatán reportados, Tizimín presentó continuamente alto riesgo por la presencia de la langosta, razón por la que se decidió hacer las determinaciones de suelo en este municipio. Una vez obtenida esta información, se procedió a revisar los tipos de control utilizados, tanto biológico como químico (plaguicidas), enfocándose a éste último; con esta información se realizó un mapa con el software Arc gis 9.3, en donde se ubicaron los puntos de aplicación de paratión metílico, la

ubicación de las localidades del municipio y la ubicación de los apiarios, así como de los cuerpos de agua.

Por otro lado con ayuda del modelo Hysplit del Laboratorio de Recursos Atmosféricos (Air Resources Laboratory – ARL) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Atmospheric and Oceanic Administration – NOAA) de Estados Unidos, que modela el transporte de masas de aire y estima la trayectoria progresiva o regresiva de una masa de aire de acuerdo a los datos meteorológicos registrados en la NOAA, se determinó la dispersión posible del plaguicida, específicamente bajo las condiciones meteorológicas de los días en que se realizaron las aplicaciones, las trayectorias obtenidas se sobrepusieron en el mapa donde se ubicaron los puntos de aplicación, ubicación de localidades, apiarios y cuerpos de agua, obteniendo el mapa de la figura .

En otro mapa, se sobrepusieron las capas con las localidades del municipio y la ubicación de los apiarios, a cada uno se les generó un área de influencia (buffer), esto a razón de que el Reglamento sobre aplicación de plaguicidas, menciona que éstos no deben de ser aplicados en un área menor de 200 m, por considerándose ésta un área sensible (DOF, 2010). Solo para el caso de los apiarios se generaron tres buffer de 2000 m, la primera distancia determinada por el reglamento, la segunda y tercera porque las abejas realizan la búsqueda de alimento en un radio de 2000 m. Una vez sobrepuestas las capas se realizó una intersección entre cada una de las áreas de influencia y las parcelas donde se llevo a cabo la aplicación de paratión metílico, con esto se obtuvo un mapa con la áreas susceptibles por deposición de paratión metílico, que se muestra en la figura .

### **3.1.4 RESIDUOS DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO**

Una vez validado el método analítico, se realizó la colecta de 19 muestras de suelo de un total de 163 parcelas en el municipio de Tizimín. Las muestras fueron compuestas, tomando los cuatro extremos y el centro de cada sitio, esto con el objetivo de determinar la presencia de este plaguicida en toda el área, se colectaron empleando una pala de plástico, de la parte superficial del suelo (5 cm de profundidad), se almacenaron en bolsas de

plástico etiquetándolas con los datos correspondientes al sitio de muestreo (Figura 16). Se transportaron al laboratorio en hieleras con bolsas de gel congelado a 20°C y en obscuridad para su conservación, esto por el largo trayecto, una vez en el laboratorio se homogenizaron por cuarteo y se secaron a temperatura ambiente (25°C).



Figura 16. Toma de muestras de suelo de Tizimín.

Posteriormente, se tamizaron y se tomó una alícuota de 20 g de cada muestra, para realizar el análisis a través de la medición de la actividad de acetilcolinesterasa empleando la reacción modificada de Ellman por Sánchez Meza-Yáñez, previamente descrita.

Se determinaron las características fisicoquímicas de las muestras de suelo utilizando el método de Bouyoucus para la textura, materia orgánica por el método de Walkley – Black modificado, conductividad y pH (Figura 17) (Lopez R. G., 1982).



Figura 17. Determinación de pH y conductividad.

Es importante señalar que durante los muestreos realizados en los meses de agosto y diciembre del 2011, no se registró ninguna aplicación de MP, esto debido a la baja población de langosta en este periodo, la fecha de la última aplicación fue en Febrero de ese mismo año.

### **3.1.5 DEGRADACIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO**

Para cumplir el objetivo de la degradación en suelo y bajo las circunstancias mencionadas en el párrafo anterior, se tomó la decisión de realizar un experimento en un área de la Facultad de Agronomía el cual consistió en:

En un área de 2500 m<sup>2</sup> carente de vegetación se dividió en 25 partes iguales (100 m<sup>2</sup>), se aplicaron 7 kg de MP en polvo al 3% equivalente a la cantidad que se aplica en Yucatán (Figura 18), se dejó transcurrir el periodo de seguridad de 24 horas, como lo marcan las guías de buenas prácticas para la aplicación de plaguicidas de la FAO, posteriormente se colectaron muestras a los 7, 15, 21, 30 y 60 días, de suelo superficial (5 cm de profundidad) bajo las mismas condiciones que se tomaron las de Yucatán, fueron transportadas protegidas de la luz y a 25°C, al laboratorio para procesarlas y analizarlas. Una vez en el laboratorio se realizó el procedimiento antes descrito y se procedió al análisis de porcentaje de inhibición de la enzima y el análisis de los parámetros fisicoquímicos (textura, materia orgánica, conductividad y pH).



Figura 18. Parcela de la Facultad de Agronomía de la UASLP, donde se aplicó el paratión metílico.

### 3.1.6 RESIDUOS DE PARATIÓN METÁLICO EN MIEL

Para el caso de la miel se realizó un mapa de la ubicación de los apiarios en el municipio de Tizimín, con la información de SAGARPA Delegación Yucatán.

Una vez ubicados los apiarios en el mapa, se visitaron 7 de ellos durante el muestreo en suelo, esto permitió visualizar las características del ambiente en varios de los apiarios de cada apicultor. Sin embargo no se pudo encontrar ningún responsable de los apiarios. Se hizo una búsqueda bibliográfica de los datos reportados por SAGARPA sobre plaguicidas en miel y de factores que afectan la producción apícola, en diferentes fuentes.

## 3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.2.1 NORMATIVA EN MÉXICO

Aún cuando existen otras tecnologías para erradicar o controlar las plagas en la agricultura como control biológico, cultural e incluso OGM. La continua presencia de éstas por modificaciones en el ambiente, cambio climático o por el comercio han hecho que se haga un mayor uso de plaguicidas, al hacer un análisis FODA de los plaguicidas organofosforados (Tabla 18) se obtuvo que se hace mayor uso de estas sustancias por ser de fácil uso, bajo costo, amplio espectro y rápida eficacia, para evitar que estas arrasen con los cultivos provocando pérdidas económicas. Sin esta defensa es indudable que se produciría una disminución drástica de los rendimientos. No obstante, el uso de plaguicidas no está exento de riesgos, es por ello que existe una regulación en torno a su gestión.

**Tabla 18. Análisis FODA de plaguicidas organofosforados.**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
Control y erradicación de plagas	Alta demanda	Contaminación ambiental	Monopolio de su producción
Incremento de la producción agrícola	Creciente demanda en el mercado Nacional e Internacional	Residuos en alimentos	Falta de coordinación de las instituciones que gestionan su ciclo de vida
Efectividad Biológica	Certificación de productos	Intoxicaciones	Resistencia de algunas plagas
Amplio espectro	Fácil adquisición	Amplio espectro	Uso inadecuado
Fácil uso			
Bajo costo			
Baja persistencia			

Si bien, los instrumentos jurídicos que existen en México abarcan un amplio espectro de la gestión de los plaguicidas en las fases del ciclo de vida de éstos, el hecho que diferentes instituciones tengan competencia en la materia hace más difícil la aplicación de esta legislación. Esto resulta una desventaja, pues cada una de ellas tiene diferente enfoque y no muestran una coordinación con las otras instituciones en cuestión, además de que resulta difícil ver de quién es la responsabilidad por el mal uso de estas sustancias convirtiéndose en formas de evadir su cumplimiento.

El *Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos*, es una herramienta jurídica que pretende que se integren las tres Secretarías con principal responsabilidad en materia de residuos Tóxicos: SEMARNAT, SAGARPA y SSA.

Un punto sensible en el terreno institucional de la gestión y control de los plaguicidas, pero que de hecho es aplicable a las sustancias químicas en general, es la capacidad de las instituciones para vigilar el cumplimiento de las diversas disposiciones jurídicas, la cual normalmente es muy reducida si la comparamos con la realidad nacional; el universo de entes a verificar es desmesuradamente grande para lo reducido del aparato gubernamental dedicado a la inspección y vigilancia de la normatividad aplicable en la materia. Esto significa que hay una urgente necesidad a nivel nacional y en los tres órdenes de gobierno, de fortalecer la capacidad de las instituciones para la vigilancia del cumplimiento jurídico.

Otra de las faltas en la gestión de los plaguicidas es la actualización del Catálogo Oficial de Plaguicidas, el cual no ha sido actualizado desde 1998, pues en él se encuentran plaguicidas que ya fueron restringidos en el país como el DDT.

Aún cuando hay regulación de estas sustancias todavía existe un vacío legal importante, empezando en el área ambiental coordinada por SEMARNAT, ya que no se cuenta con parámetros, criterios o medidas para determinar los niveles máximos de plaguicidas en los ecosistemas, a partir de los cuales el equilibrio ecológico se pone en riesgo.

En la cuestión alimentaria, si bien, el SENASICA, en coordinación con la SSA, ha instrumentado algunas pautas para determinar los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas en algunos alimentos y para algunos plaguicidas, mediante un esquema de aplicación voluntaria de buena prácticas agrícolas y buenas prácticas de manejo en los procesos de producción de frutas y hortalizas para consumo humano en fresco, pero aún falta mucho que incluir y que dicho programa se vuelva obligatorio.

En el área de Salud la encargada es la SSA, no se cuenta con el personal capacitado para identificar las intoxicaciones ocurridas por plaguicidas y mucho menos se obliga al personal médico a realizar un registro indicando síntomas y el plaguicida al que se estuvo expuesto, lo que genera que la información solo sea estimada.

### 3.2.2 VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

Al fortificar los suelos y hacer las determinaciones en diferentes tiempos se pudo observar representado en la gráfica (Figura 19), que no hay variación en el porcentaje de inhibición con respecto al tiempo, de incubación. Lo que implica que después de un periodo de muestreo, si el suelo se conserva a 25°C y protegido de la luz, el paratión metílico no se degradará, al menos durante 7 días por lo que se podrían analizar en el laboratorio teniendo la certeza que el factor tiempo no afectará los resultados.

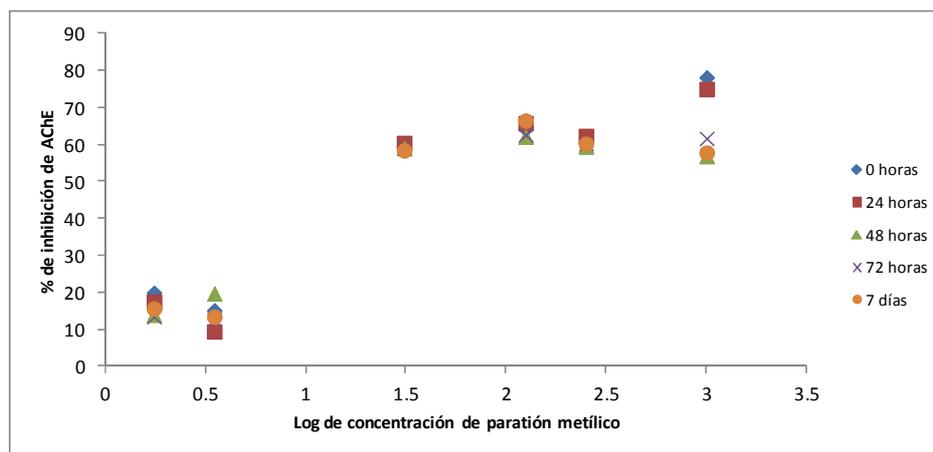


Figura 19. Porcentaje de inhibición de AChE por diferentes cantidades de paratión metílico, incubadas a diferentes tiempos. Muestras de suelo se fortificaron con diferentes cantidades de paratión metílico (0.0175, 0.035, 0.31, 1.25, 2.5 Y 10 G) y se incubaron a diferentes tiempos (0, 24, 48, 72 horas y 7 días), para después medir el porcentaje de inhibición de la enzima AChE.

Esto es importante porque como se mencionó párrafos anteriores los plaguicidas organofosforados se degradan por efecto de la temperatura, radiación solar y actividad microbiana, por lo que es de suma importancia conservar las muestras bajo las condiciones antes mencionadas.

**Curvas de calibración.** Para cada uno de los tiempos de fortificación se realizó una curva de calibración, en la figura 20 se muestra la curva de inhibición después de 24 horas de incubación a 25°C y oscuridad. Cada medición se realizó por triplicado se obtuvieron promedio, desviación estándar y coeficiente de variación (C.V) para cada uno de las cantidades de paratión metílico (Tabla 19).

Tabla 19. Medidas de tendencia central y de dispersión.

Paratión metílico (g)	Media	Desviación estándar	C.V
0.0175	17.49	0.72	4.12
0.035	9.42	2.66	28.28
0.31	60.45	1.02	1.69
1.25	65.76	0.09	0.15
2.5	62.27	3.38	5.43
10	74.99	5.96	7.95

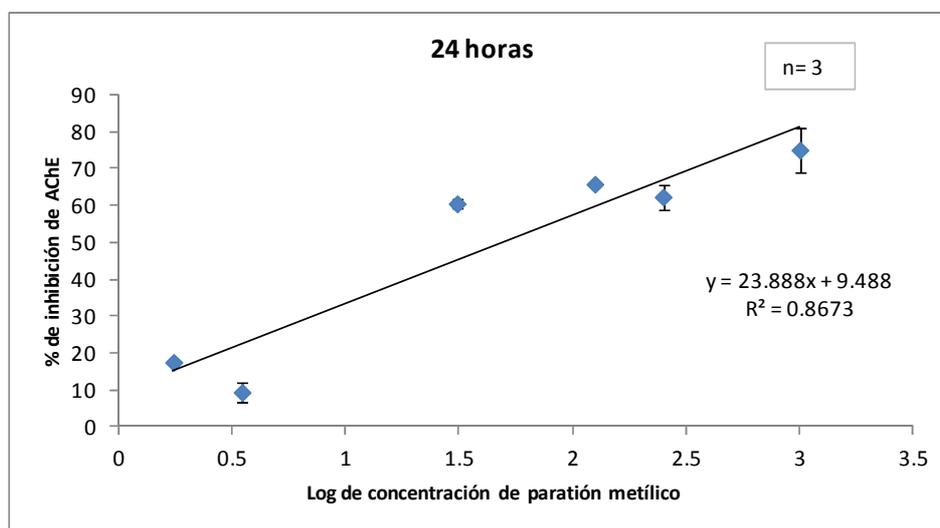


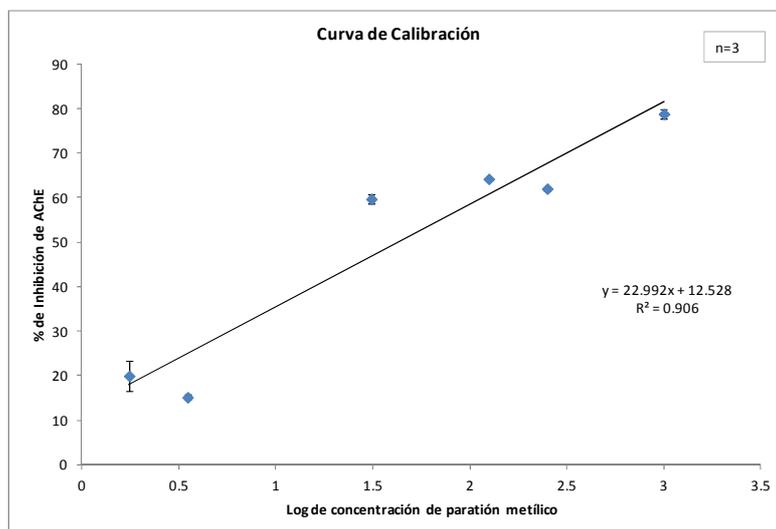
Figura 20. Porcentaje de inhibición de AChE medida 24 horas después de la fortificación.

Curva de calibración de muestras de suelo que se fortificaron con diferentes cantidades de paratión metílico (0.0175, 0.035, 0.31, 1.25, 2.5 y 10 g) y se incubaron 24 horas, para después medir el porcentaje de inhibición de la enzima AChE.

De las curvas obtenidas se seleccionó una de estas para presentarla en el presente trabajo (figura 21) en la que se observa una sensibilidad de 22.99, un coeficiente de determinación con un valor de 0.90, que indica que el modelo de regresión se ajusta en un 90% a los datos, un coeficiente de correlación de 0.94, repetibilidad de 1.62 entendida como la desviación estándar de una medición realizada varias veces con el mismo método, con el mismo equipo y por el mismo analista y un porcentaje de recobro del 86%. Para cada uno de las cantidades de paratión metílico se realizaron por triplicado las determinaciones, de los cuales se obtuvo una media, desviación estándar y un coeficiente de variación (Tabla 20). Con estos resultados se puede ver que el método empleado no es muy sensible pero es funcional si el objetivo es realizar un monitoreo rápido que permita detectar zonas de alto riesgo, contaminados con plaguicidas organofosforados.

**Tabla 20. Medidas de tendencia central y de dispersión.**

<b>Paratión metílico (g)</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>C. V</b>
0.0175	19.95	3.43	17.22
0.035	15.16	0.53	3.54
0.31	59.21	0.96	1.62
1.25	64.22	0.31	0.49
2.5	62.02	0.42	0.68
10	78.81	0.96	1.22



**Figura 21. Curva de calibración de paratión metílico en suelo.**

Curva de calibración de muestras de suelo que se fortificaron con diferentes cantidades de paratión metílico (0.0175, 0.035, 0.31, 1.25, 2.5 y 10 g) y se incubaron 7 días, para después medir el porcentaje de inhibición de la enzima AChE. La barra de error indica la desviación estándar de 3 muestras por cada una de las concentraciones.

Los valores de los controles de calidad de cada lote de muestras, estuvieron dentro de 2 desviaciones estándar por lo que los resultados obtenidos son reproducibles y confiables (Figura 22).

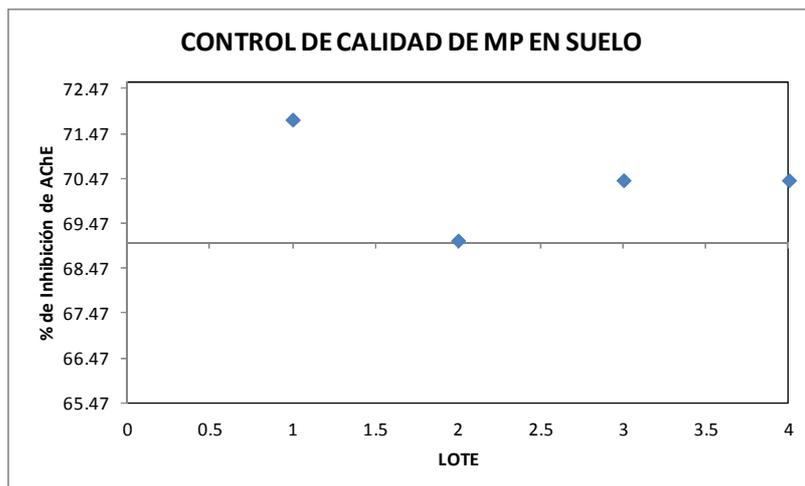


Figura 22. Control de calidad interno de paratión metílico en suelo.

Muestras de suelo fortificadas con 2.5 g de paratión metílico se tomaron como puntos control, en cada uno de los lotes que se analizó.

Para el experimento realizado en charolas de aluminio y bajo condiciones ambientales reales durante dos meses, en San Luis Potosí, en la figura 23 se observa que con la concentración más baja (0.035 g) no es tan notable la degradación con el paso de los días, en la lectura de 15 días se mostró un aumento en el porcentaje de inhibición esto se le atribuye a un error analítico. En las concentraciones altas de 2.5 y 10 g se observa que el porcentaje de inhibición no varía entre éstos posiblemente porque han sido ocupados todos los sitios activos de la enzima. En la gráfica también se puede observar que para las 3 concentraciones, la degradación del paratión metílico es más notoria a partir de los 10 días, disminuyendo por tanto el porcentaje de inhibición de la enzima, lo que se le atribuye a los factores ambientales, como exposición a lluvias, sol, viento, altas y bajas temperaturas (CONAGUA, 2011).

Tabla 21. Datos climatológicos en San Luis Potosí, 2010

Mes	Precipitación	Temperatura media	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Velocidad del viento	Radiación global
Septiembre	6.00	18.91	26.81	10.47	6.75	529.35
Octubre	2.30	15.90	25.47	5.44	6.68	494.90
Noviembre	1.60	14.22	24.78	2.98	6.06	469.81

Fuente: INIFAP, 2011

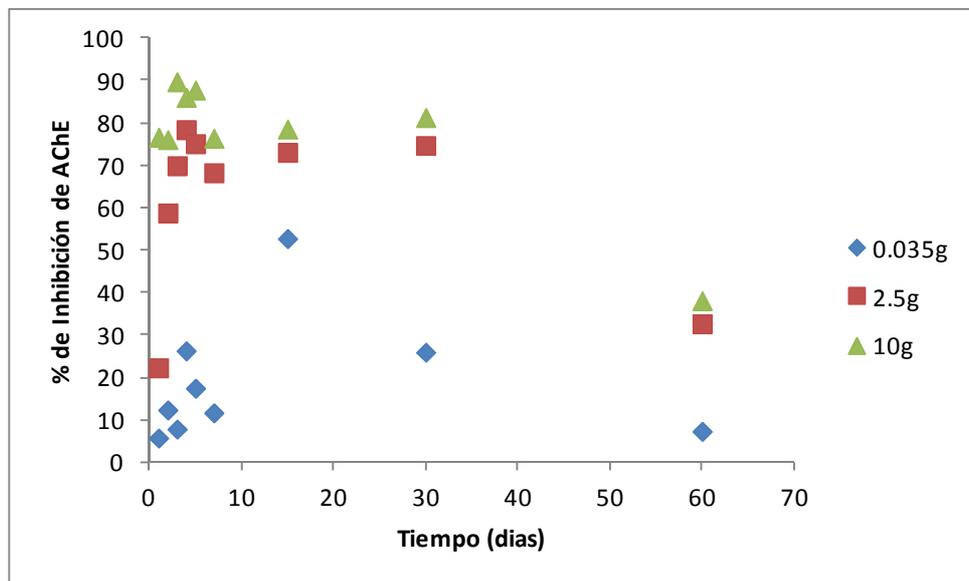


Figura 23. Degradación de paratión metílico en suelo, bajo condiciones ambientales de San Luis Potosí.

Muestras de suelo se fortificaron con 0.035, 2,5 y 10 g de paratión metílico y se incubaron durante 2 meses, para cada 24, 48, 72 horas, 7, 15, 30 y 60 días después medir el porcentaje de inhibición de la enzima AChE.

Con estos resultados se puede ver que el método empleado no es muy sensible esto porque concentraciones muy bajas de  $\mu\text{g}$  no logra detectarlas a diferencia del método cromatográfico, pero resulta muy eficiente para realizar un monitoreo rápido que permita detectar zonas de alto riesgo, contaminado con plaguicidas organofosforados y poder priorizar áreas que requieren de intervención por las cantidades de plaguicidas organofosforados que presentan, pues la DL50 vía oral es de 40 mg/Kg. Por lo que para fines de este estudio, resulta confiable el uso de este método espectrofotométrico para determinar la presencia de paratión metílico en suelo.

### 3.2.3 ÁREAS SUSCEPTIBLES POR DEPOSICIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN TIZIMÍN, YUCATÁN

#### CONSTRUCCIÓN DE MAPAS

En el mapa de dirección de los vientos se observa que la dirección predominante de los vientos de acuerdo a los días en que se realizaron las aplicaciones de paratión metílico es hacia el Noroeste, Oeste y Suroeste, lo que se observa en la figura 24, en esta área se encuentran un total de 99 apiarios y 130 localidades, además se ubicaron los centros de

salud presentes en el municipio sin embargo se observó que todos se encuentran en la cabecera municipal, es decir muy lejos de las otras localidades por los que las personas que habitan en estas se tienen que trasladar hasta la cabecera municipal para recibir atención en el caso de sufrir intoxicación por plaguicida. Cabe señalar que con el modelo hysplit que se utilizó solo se hizo la determinación de la dirección de los vientos de acuerdo a las condiciones climatológicas específicas de cada día de la aplicación, esto es recomendable porque las condiciones tienden a variar de un día a otro y sobre todo si hay algún evento o fenómeno climatológico, y la velocidad de los vientos o la dirección de los mismos no sería la misma, a lo largo de los meses o de los años. Además debe de considerarse las características del equipo de aplicación ya sea manual, con mochila o en avioneta.

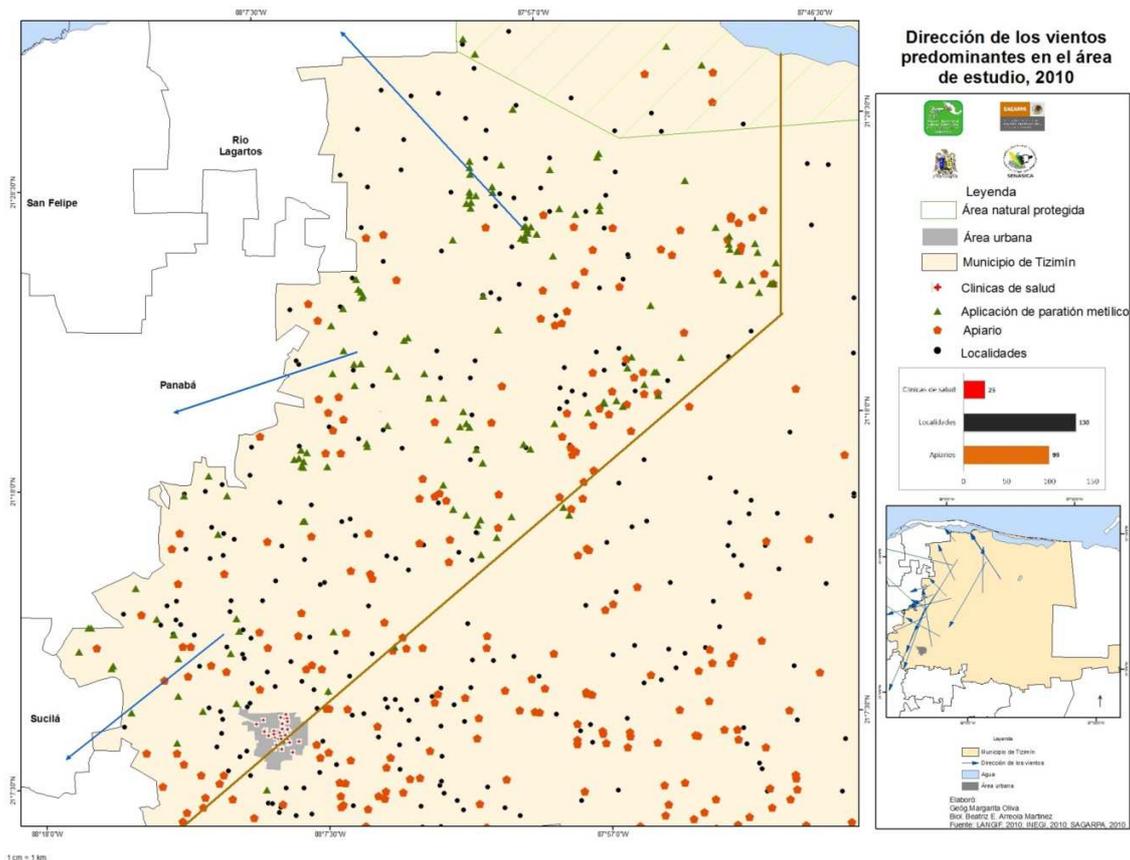
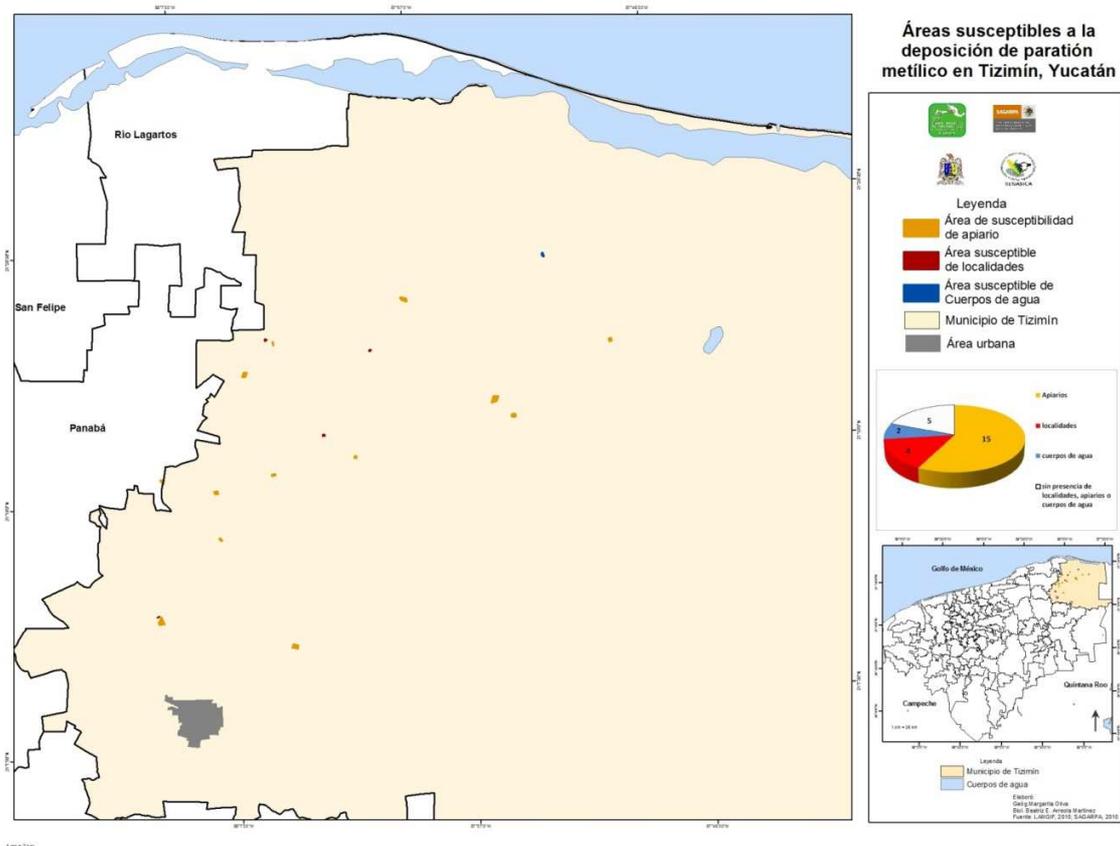


Figura 24. Mapa de dirección de los vientos predominantes en los puntos de aplicación de paratión metílico del Municipio de Tizimín.

En el mapa donde se interceptaron las áreas de ubicación de localidades, apíarios, cuerpos de agua y las parcelas de aplicación de paratión metílico, se obtuvo lo siguiente. Con un total de 25 aplicaciones, el mayor número de áreas que se interceptaron con las parcelas de aplicación que se consideran como susceptibles por deposición de paratión metílico son apíarios con un total de 13 intersecciones, 4 intersecciones con localidades y 2 con cuerpos de agua.



**Figura 25. Mapa de áreas susceptibles a la deposición de paratión metílico en el municipio de Tizimín.**

A este mapa se le colocó la capa de orto fotos de INEGI, para poder identificar el tipo de uso de suelo que se tiene en el área de estudio, encontrando que para el caso de las cuatro localidades que se intersectan con las parcelas de aplicación, una de ellas Kalax Yodzonot tiene un total de 81 habitantes, Onichen con 10 habitantes y San Carlos y San Miguel con 2 y 3 habitantes respectivamente, además de observar que en tres de ellas también se encontraban ubicados apíarios (Figura 26).

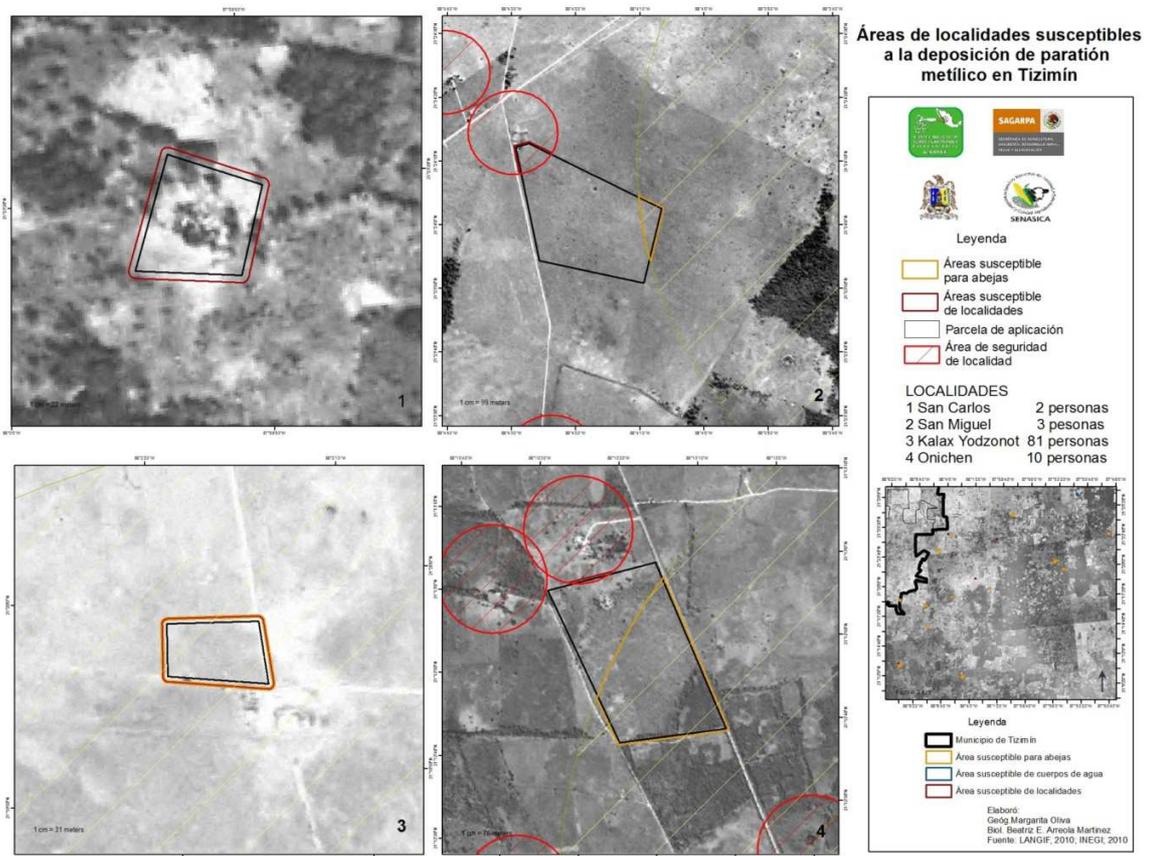


Figura 26. Áreas de localidades susceptibles a la deposición de paratión metílico en Tizimín, yucatán.

Para el caso de las áreas de susceptibilidad de los cuerpos de agua se encontró que solo dos se interceptaban con las parcelas de aplicación, observándose directamente en una el cenote en la orto foto, esto resulta importante porque a pesar de que el plaguicida se degrada más fácilmente en agua y por acción de la luz, el hecho de que estos cuerpos de agua (los cenotes), se encuentren conectados entre sí, hace posible que el plaguicida se disperse hacia otros cuerpos de agua, para este caso también una de las áreas de influencia de un apiario intersecta a su vez la parcela de aplicación (Figura 27).

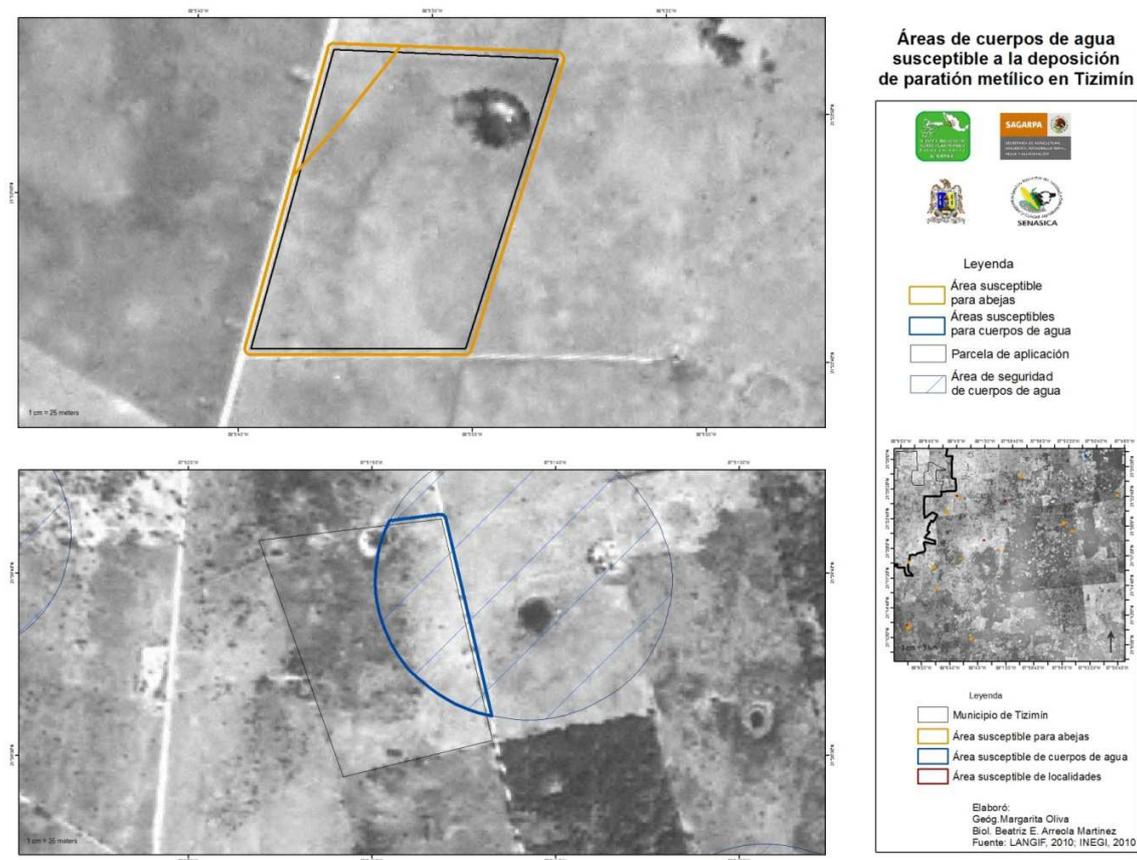


Figura 27. Áreas de cuerpos de agua susceptibles a la deposición de paratión metílico en Tizimín. Yucatán.

Para las áreas susceptibles por deposición de paratión metílico en donde se encontraban los apíarios se observó que 6 de ellas eran en pastizales, 5 en pastizales combinado con selva, 1 en selva y otro no se pudo determinar el tipo de vegetación, en este se observa que si bien las abejas pueden ser afectadas por la aplicación de este plaguicida también pueden ser afectadas por la transformación de los ecosistemas naturales a pastizales, ya que el área de influencia que se determinó para las abejas es el área que ellas recorren en busca de alimento, y el hecho de que se encuentre ubicados en parcelas destinadas a pastizales hace más difícil el que ellas se alimenten (Figura 28).

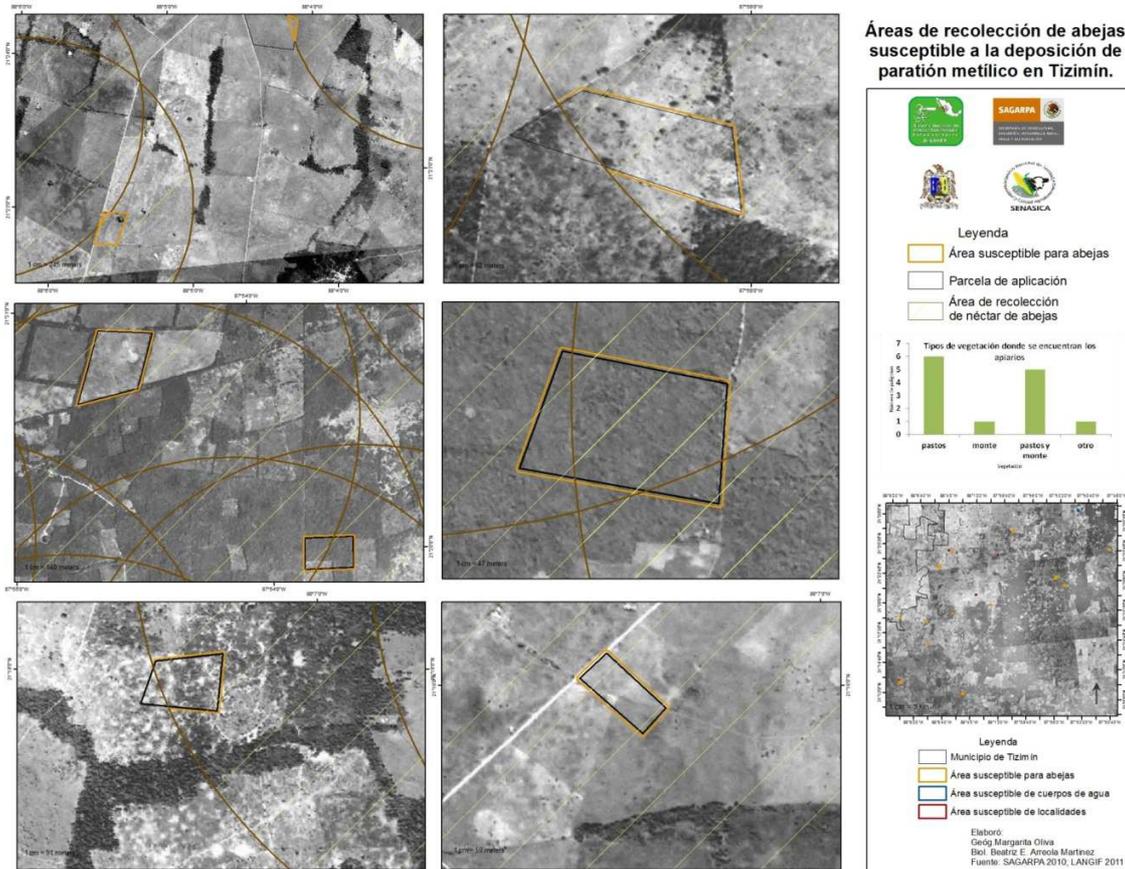


Figura 28. Áreas de recolección de alimento de las abejas susceptible a la deposición de paratión metílico en Tizimín, Yucatán.

### 3.2.4 RESIDUOS DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO.

Las 19 muestras colectadas en Tizimín, todas fueron en áreas de pastizal. Y aunque no todas son de las parcelas donde se aplicó paratión metílico si fueron de parcelas donde se pudo haber dispersado el plaguicida esto de acuerdo al mapa de dirección de los vientos. En la caracterización de estas, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000, el pH indica que son suelos neutros, el parámetro de conductividad eléctrica muestra suelos de moderadamente salinos a salinos a excepción de la muestra 10 que tiene un valor de 1,847  $\mu$ s considerándolo un suelo muy fuertemente salino, aún cuando en todos los sitios de muestreo los suelos son delgados, no había ningún cambio en la coloración de los suelos, pero en el caso del sitio donde se tomó la muestra 10 se encontraba cercano un cenote, por lo que pudo haber un arrastre de sales en el área, en la textura de los suelos predominan

suelos francos, franco arcillosos y franco arenosos, todas las muestras presentan un alto contenido de materia orgánica (Tabla 23).

**Tabla 22. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelo del municipio de Tizimín, Yucatán.**

<b>Muestra</b>	<b>Textura</b>	<b>% M.O</b>	<b>Conductividad (<math>\mu</math>S)</b>	<b>pH</b>
1	Franco arcilloso	14.26	294	7.59
2	Franco arenoso	37.43	380	7.2
3	Franco	42.36	677	7.12
4	franco arcilloso	12.68	281	7.64
5	franco arcilloso arenoso	13.16	334	7.1
6	franco arcilloso arenoso	36.45	332	7.1
7	franco arenoso	35.56	362	7.12
8	franco arcilloso arenoso	43.36	306	7.57
9	franco arenoso	37.02	360	7.2
10	Franco arcilloso arenoso	39.46	1847	6.87
11	franco arenoso	13.04	389	7.35
12	Franco	44.34	362	7.13
13	Franco	37.5	422	7.3
14	franco arcillo arenoso	36.04	360	7.01
15	franco arenoso	37.02	304	7.26
16	Franco	34.1	811	7.35
17	franco arenoso	37.5	365	7.23
18	Franco	13.34	557	7.19
19	Franco	38.98	668	7.02

Para la determinación de residuos de paratión metílico en las muestras se realizó la interpolación del porcentaje de inhibición de las muestras en la curva de inhibición realizada en el laboratorio como se describe en líneas anteriores.

Los resultados muestran que la cantidad de paratión metílico en las muestras es menor a 0.0175 g en todos los suelos (Tabla 24), después de 6 meses de su aplicación.

**Tabla 23. Porcentaje de inhibición de AChE en muestras de suelo del Municipio de Tizimín.**

<b>Muestra (número)</b>	<b>% de inhibición de AChE</b>	<b>Cantidad de paratión metílico (g)</b>
Control negativo	9.62	0
Control negativo	10.635	0
Control positivo	70.435	10
Control positivo	62.32	10
1	11.66	< 0.0175
2	13.39	< 0.0175
3	10.15	< 0.0175
4	10.805	< 0.0175
5	10.64	< 0.0175
6	11.81	< 0.0175
7	8.62	< 0.0175
8	10.63	< 0.0175
9	15.67	< 0.0175
10	16.18	< 0.0175
11	12.15	< 0.0175
12	10.86	< 0.0175
13	12.65	< 0.0175
14	6.77	< 0.0175
15	12.82	< 0.0175
16	20.54	< 0.0175
17	10.47	< 0.0175
18	4.09	< 0.0175
19	12.82	< 0.0175

En la siguiente tabla se muestran solo el promedio del porcentaje de inhibición de las muestras con un valor de 11.23% y una desviación estándar de 2,84 lo que significa que los valores obtenidos de los datos no fluctúan mucho con respecto a la media.

Tabla 24. Promedio y desviación estándar de porcentaje de inhibición de AChE en las muestras de suelo.

	% De inhibición de AChE	Cantidad de paratión metílico (g)
<b>Media</b>	11.23	< 0.0175
<b>Desviación estándar</b>	2.84	
<b>Error estándar</b>	1.34	
<b>Intervalo</b>	Limite inferior	9.88
	Limite superior	12.58

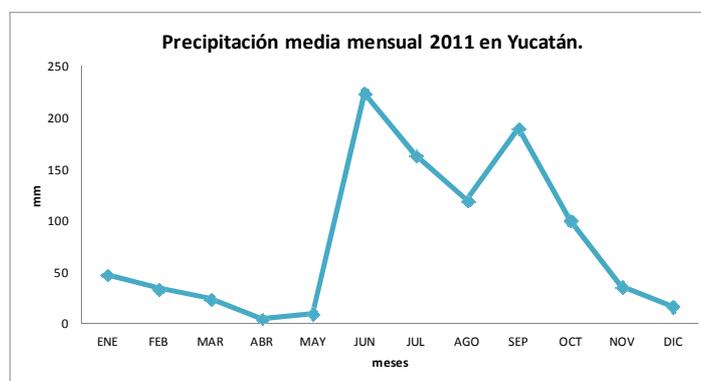
Cuando un plaguicida se aplica en campo depende de la formulación y del tipo de área en la que fue aplicado, en este caso los porcentajes de inhibición de la enzima AChE en suelo corresponden a niveles bajos de plaguicidas inhibidores de esta enzima, esto puede deberse a que al ser un plaguicida que se aplicó en polvo, la velocidad y el régimen de los vientos actúan favoreciendo las pérdidas de este compuesto, aumentando su dispersión en el ambiente, además la altura y densidad de la vegetación presente en el sitio pudo haber sido una barrera para que el plaguicida no se depositara directamente en el suelo, haciendo que las cantidades encontradas fueran bajas.

Un factor importante es la velocidad de degradación que a su vez depende de la presencia de fenómenos químicos, microbiológicos y físicos, ya que factores como la propia estructura química del compuesto, tipo de suelo, contenido en materia orgánica, contenido y naturaleza de los minerales de la arcilla presentes en el suelo, composición granulométrica, pH, humedad y temperatura pueden influir decisivamente en el grado de descomposición. Así como la presencia de microorganismos en el suelo puede dar origen a procesos bióticos importantes en la disipación de estos compuestos.

La velocidad de degradación se incrementa con la temperatura y la exposición a la luz solar, pues a temperaturas elevadas la actividad bacteriana incrementa, aumentando con ello la inactivación de los plaguicidas. En la zona de estudio la temperatura llega a alcanzar hasta 35 °C en suelo que de acuerdo a Spencer *et al*, 1996 menciona que en sitios con altas temperaturas entre 28 y 35°C este plaguicida se puede degradar más fácilmente, factor al que se le podría atribuir la baja presencia de este agroquímico.

Los suelos presentan un alto contenido de materia orgánica lo que también favorece la disminución de la concentración de este plaguicida en suelo, la materia orgánica es la fuente de energía de los microorganismos, estos ayudan a romper estas moléculas transformándolas en otras por lo que al aumentarse la materia orgánica aumenta la bioactividad y consecuentemente la degradación de los plaguicidas. El tiempo transcurrido entre la aplicación y la colecta de las muestras de suelo, pudo haber permitido que la microfauna del suelo degradara el plaguicida y los productos de desecho de esta degradación depositarse nuevamente en el suelo haciendo más ricos estos suelos en materia orgánica. Este proceso de degradación puede incrementarse por la presencia de oxígeno y otras sustancias húmicas que actúan como sensibilizadores naturales.

El transporte y la degradación del plaguicida también son afectados por el régimen de lluvias, ésta puede actuar eliminando el plaguicida del lugar donde fue aplicado en base a fenómenos de escorrentía superficial. El transporte de plaguicidas debido a la escorrentía superficial es función del tiempo que puede transcurrir entre su aplicación y la precipitación en forma de lluvia, en el caso del sitio de estudio la precipitación promedio mensual fueron las siguientes (Figura 29).



**Figura 29. Precipitación media mensual 2011 en el Estado de Yucatán.**

Observándose que durante el mes de aplicación del plaguicida, la precipitación suele ser baja, sin embargo a partir del mes de junio y hasta Agosto (mes de la toma de muestras) se incrementó lo que puede favorecer el transporte del plaguicida.

Es importante señalar que durante los muestreos realizados en los meses de agosto y diciembre del 2011, no se registró ninguna aplicación de paratión metílico, esto debido a la baja población de langosta en este periodo, la fecha de la última aplicación fue en Febrero de ese mismo año. Por lo que era de esperarse que dado la velocidad de la degradación del paratión metílico por efecto de la luz solar (entre otros), fueron mínimas las concentraciones del plaguicida presentes en las muestras, por el tiempo transcurrido entre la última aplicación y el muestreo, como lo reflejan los resultados obtenidos en el experimento de degradación.

### **3.2.5 DEGRADACIÓN DE PARATIÓN METÍLICO EN SUELO**

Para el experimento realizado en la Facultad de Agronomía, en donde se aplicó paratión metílico en polvo al 3% (mismo plaguicida aplicado en Yucatán), en un área de 2500 m<sup>2</sup> el suelo se encontraba carente de vegetación. El suelo presentó una textura franco arenoso, con conductividad eléctrica de 449  $\mu$ s, lo que indica suelos muy ligeramente salinos, el porcentaje de materia orgánica fue del 1.6% y pH neutro.

Del análisis del porcentaje de inhibición de la enzima AChE se observó (Figura 30) el proceso de degradación con el paso del tiempo, ya que la cantidad de paratión metílico en las muestras de suelo fue disminuyendo, en los primeros 7 días los porcentajes de inhibición fueron altos, por arriba del 80%, esto probablemente porque como se mencionó anteriormente, el área no tenía ningún tipo de vegetación y el plaguicida se depositó directamente en el suelo, aunado a eso la falta de lluvias hizo que el plaguicida no se lixiviera, sin embargo, después de 2 meses de la aplicación los porcentajes de inhibición de la enzima fueron menores al 10%, lo que indica que la cantidad de residuos de este plaguicida son menores a 0.0175 g, lo que demuestra la degradación del mismo, contemplando como un factor importante en el proceso a la radiación solar que pudo contribuir con el rompimiento de las moléculas del plaguicida favoreciendo su degradación.

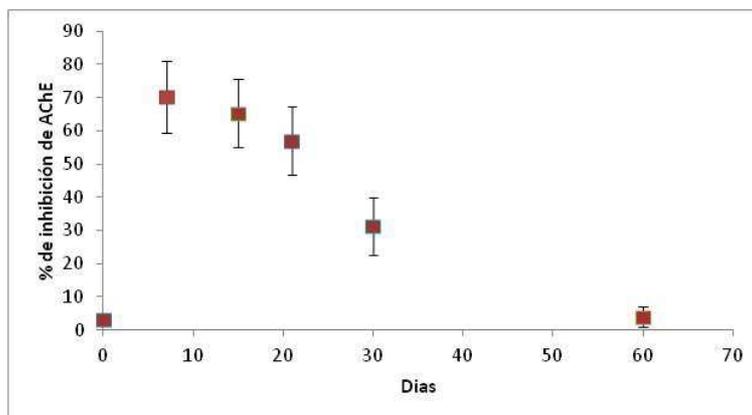


Figura 30. Degradación de paratión metílico en suelo durante 2 meses.

Promedios de muestras de suelo, tomadas de una parcela de la Facultad de Agronomía donde se aplicó paratión metílico en polvo al 3%, para después medir a las 24 horas, 7, 14, 21, 30 y 60 días el porcentaje de Inhibición de la enzima AChE. La barra de error indica la desviación estándar de las muestras.

Aun cuando el paratión metílico está clasificado como extremadamente tóxico, no se especifica un límite máximo permisible para este plaguicida en suelo, aunque se reconoce como residuo peligroso para el ambiente (NOM -052- SEMARNAT – 1993, Diario Oficial de la Federación del 22 de octubre 1993). Pero sí se recomienda la supervisión técnica en la aplicación de estos insecticidas, para evitar su uso inadecuado, así como el continuo monitoreo de residuos de estos químicos en este y otros recursos naturales, ya que las poblaciones de la Langosta Centroamericana tienden a incrementarse en periodos por lo que se hace necesario el uso de estos plaguicidas para su control a fin de evitar excesivas pérdidas económicas.

### 3.2.6 RESIDUOS DE PARATIÓN METÍLICO EN MIEL.

Según datos de la SAGARPA en 2010 existen en el municipio 15,457 colmenas que representan el 6.44% del total de la población apícola del estado de Yucatán y que son propiedad de 434 productores, lo que muestra que a pesar de ser un municipio eminentemente ganadero, la apicultura es fuente importante de ingresos para un sector de la población. Esta actividad es predominantemente de tipo sedentario, es decir los apiarios tienen una ubicación fija y eventualmente se cambian cuando a juicio del apicultor el sitio ha dejado de reunir las mejores características apícolas o cuando hay un cambio en el uso de suelo. Sin embargo también se presenta la apicultura migratoria (Figura 31).



Figura 31. Apíario del municipio de Tizimín, Yucatán.

Todos los apiarios en el municipio se ubicaron en un mapa (Figura 32), esto de acuerdo a la información proporcionada por el coordinador del área de apicultura de SAGARPA Delegación Yucatán.

### UBICACIÓN DE APIARIOS EN TIZIMIN, YUCATÁN

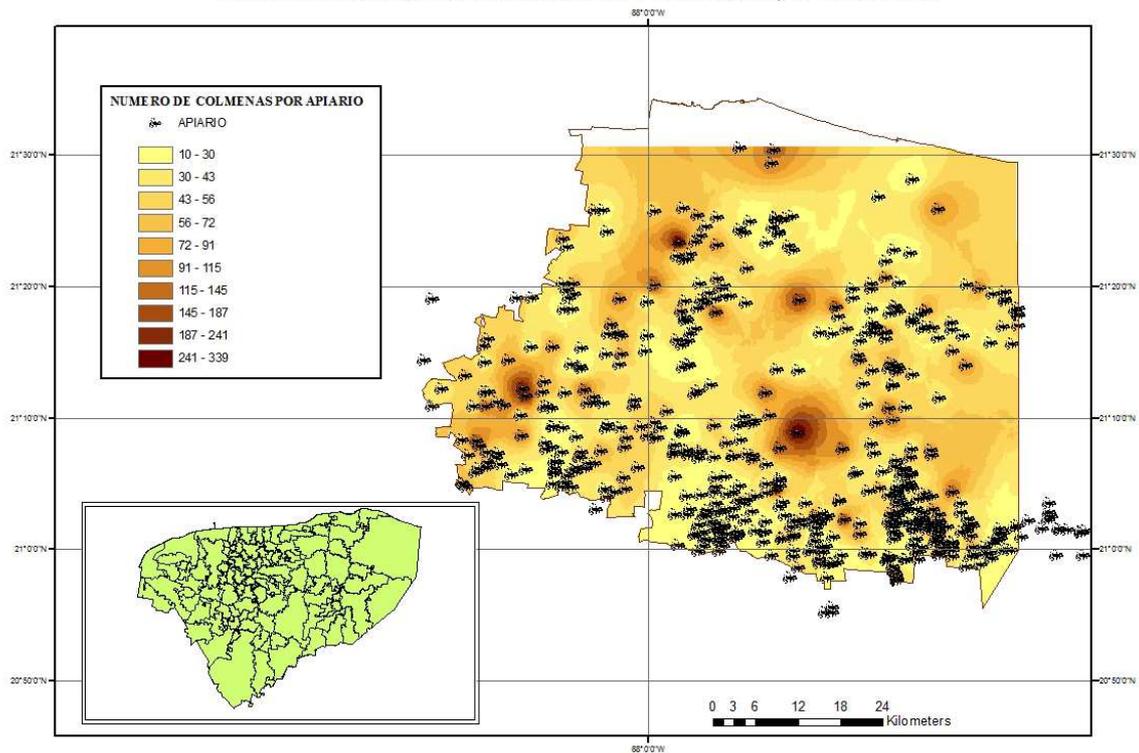


Figura 32. Mapa de ubicación de apíarios de Tizimín, 2010.

Con esta información que además de la ubicación geográfica también contenía el número de colmenas por apiarios se realizó un mapa que muestra la densidad de estos. Esto porque cada apiario está comprendido de diferente número de colmenas, es decir un apiario no siempre tiene el mismo número de colmenas. Observándose que hay apiarios que cuentan con más de 300 colmenas estos dedicados a una producción industrial para exportación ubicados en la parte Sur del municipio ya que en esas áreas se encuentran mayor numero de plantaciones de maíz y cítricos, contribuyendo como alimento para las abejas, y en la parte Norte se ubican mayor número de pastizales lo que dificulta la disponibilidad de alimento para las abejas, por lo que el número de colmenas es mucho menor en los apiarios ubicados en esta parte.

Los apicultores de este municipio están agrupados en varias organizaciones apícolas de carácter social como las sociedades de Solidaridad Social – SSS “Lol Xaan” y también privadas como Proyecto APIS (Agroasociación Apícola), este ultimo funciona incorporando como socios a los propio apicultores quienes reciben beneficios como asesoría técnica, cursos, equipo y material apícola a precios más económicos y análisis de laboratorio para el control de la calidad de la miel. De esta forma se aseguran de contar con capacitación y con productos que cumplan con los estándares de calidad requeridos para exportación.

Pero de igual forma existen apicultores que no están incorporados a ninguna asociación y que trabajan de manera independiente, para ellos es más difícil que se les de asesoramiento y equipo para que su producto cuente con los estándares. Pero en Yucatán existen centros de acopio dedicados a colectar la miel de diferentes apicultores y es ahí en donde SAGARPA a través del Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Yucatán, tiene a su cargo llevar a cabo el programa de Inocuidad Pecuaria que realiza la verificación de este producto, para el cual se toman muestras de miel para la detección de residuos de contaminantes. Estas muestras se envían al Laboratorio Central Regional de Mérida, (el cual es una subdirección de éste Comité Pecuario) que cuenta con la autorización SAGARPA, así como la acreditación ante la EMA.

Por otro lado el SENASICA tiene un programa de vigilancia de monitoreo de contaminantes el cual es operado por el coordinador de abeja africana de la SAGARPA. Estas muestras se envían al Laboratorio de referencia nacional (CENAPA). Para que un lote de Exportación de miel, pueda salir del país, deben de analizarse varios componentes entre los que se encuentran: Estreptomicina, Sulfonamidas, Coumaphos, Nitrofuranos, Cloranfenicol, Fluvalinato, entre otros. (Estas muestras se pueden enviar para su análisis al laboratorio Central regional de Mérida o al CENAPA). Aún cuando en el informe del Programa de Monitoreo y Control de Residuos Tóxicos y Contaminantes en Alimentos de origen animal, se tiene al paratión metílico como plaguicida a analizar en miel, no se reporta si se hizo este análisis, y en caso de hacerlo lo niveles en los que fue encontrado. El hecho que no se analice residuos de este plaguicida en miel puede deberse a que, de acuerdo al Comité estatal de Sanidad Vegetal de Yucatán, la aplicación de plaguicidas para el control de la langosta se hacen en áreas en donde no se encuentran ubicados apiarios.

Sin embargo, las aplicaciones se realizan durante la madrugada lo que hace muy difícil saber u observar si un apiario se encuentra cercano al área, esto depende de la persona que aplica el plaguicida, por otro lado el Comité Estatal pide a los propietarios del apiario que coloquen una marca que señale que se encuentra ubicado un apiario a un mínimo de 20 metros para evitar causar daño a la población de abejas con el químico, aunque no todos los apicultores cumplen con poner esta marca, por lo que se han dado casos de muerte de abejas por paratión metílico.

Para el caso de los apicultores que deciden vender su producto en el mercado local o regional, no existe una verificación de su producto, por lo que se desconoce si este alimento se encuentra contaminado.

El contacto de las abejas con el plaguicida no solo ocasiona que se contamine la miel también puede ocasionar que sus poblaciones se vean reducidas, al ingerir néctar contaminado; envenenarse por contacto, cuando vuelan a través de una nube de plaguicida, o al caminar sobre partes tratadas de una planta, ya que sobre todo los insecticidas en polvo se formulan para espolvorear en los cultivos de forma que tengan un amplio cubrimiento,

pero al haber corrientes de aire el tóxico es arrastrado y puede alcanzar a las abejas en el campo o a la colmena en el apiario. Lo que se refleja en disminución de su producción de miel y posiblemente en pérdidas económicas para el apicultor. En el caso del paratión metílico se encuentra establecida una DL50, por exposición vía tópica que es de 0,04 µg/abeja y la DL50, por exposición vía orales que es de 0,013 µg/abeja.

A su vez otros factores también pudieran afectar la actividad apícola entre ellos la pérdida de la diversidad florística por el establecimiento de pastizales para ganado bovino, pues los pocos manchones de vegetación que aún persisten en la zona son cada día más escasos y se ven en la necesidad de estar cercanos a potreros en donde la presencia de langosta es más común y en algunos casos pierden acceso a estos espacios cuando se acercan los terrenos para uso ganadero como se observó en la figura 28. Asimismo la expansión de la agricultura mecanizada tienen impactos directos sobre la apicultura, cuando se limpian los terrenos para el ganado se rompen las funciones de protección, alimentación y barrera que juega la vegetación dejando peligrosamente expuestas a las colmenas al tránsito de los animales, los coches y la gente.

Otro problema son los eventos climatológicos como la alteración de los ciclos de lluvias esto daña la vegetación y en especial su abundancia limitando las fuentes de alimento de las abejas y ocasiona una mayor competencia por el alimento por lo que durante la época de secas el apicultor debe proporcionar agua y alimentar artificialmente a las abejas por las escasez de alimento, esta práctica cada vez se realiza por un tiempo más prolongado lo que les incide en mayores gastos económicos e inversión de tiempo.

También la tenencia de la tierra es un factor que restringe la apicultura, pues el productor que no es dueño de su propia parcela requiere de arrendar terrenos donde pueda instalar sus apiarios y está condicionado al precio del arrendamiento y a competir con otros apicultores y ganaderos por los terrenos óptimos. Y la falta de organización de algunos apicultores hace que la producción se vea mermada, pues en época de secas, donde el alimento escasea para las abejas SAGARPA, proporciona de manera gratuita costales de azúcar, que sirvan para alimentar a las abejas, pero esta ayuda se debe solicitar y se les otorga en un bloque

para diferentes apicultores a la vez, por lo que el hecho de no estar organizados hace que no se vean beneficiados por esta ayuda.

### **3.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **3.3.1 CONCLUSIONES**

- Aún cuando exista una vasta legislación en materia de plaguicidas en México, resulta difícil aplicarse debido a que existen muchas instituciones que tienen injerencia en la gestión y control de estas sustancias a lo largo de su ciclo de vida y cada una de ellas basa su gestión en su enfoque sin llegar a una coordinación entre sectores.
- Falta vigilancia para verificar el cumplimiento de la legislación en materia de los plaguicidas.
- No existe una evaluación en los componentes del ambiente de los residuos de plaguicidas que de acuerdo al *Reglamento en materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos y peligrosos* la SEMARNAT es la encargada de evaluar el impacto que tienen los plaguicidas en el ambiente, así como medir las descargas al agua y emisiones al aire, sin embargo estos estudios no son reflejados en la plataforma de dicha institución.
- SEMARNAT no cumple con lo establecido en el *Reglamento en materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos y peligrosos*, pues se cuenta con datos sobre los niveles máximos de plaguicidas en los ecosistemas, a partir de los cuales se puede poner en riesgo el equilibrio ecológico.
- En materia de salud humana, Secretaría de Salud no contempla el registro de intoxicaciones como un reporte obligatorio por parte del personal médico, esto hace que no se cuente con estadísticas de intoxicación por plaguicidas confiables.

- En lo referente a inocuidad alimentaria hacen falta datos sobre límites máximos de residuos establecidos de todos los grupos de alimentos y de residuos de todos los plaguicidas comercializados y utilizados en la agroindustria mexicana.
- En el municipio de Tizimín, la transformación de ecosistemas naturales a pastizales, ha provocado cambios ambientales, que favorecen la gregarización de la langosta centroamericana, provocando graves pérdidas económicas.
- El municipio de Tizimín, es un municipio eminentemente ganadero, pero la apicultura aunque en menor porcentaje es una importante actividad económica. De acuerdo a datos del SINAVEF, se reporta con alto riesgo por presencia de langosta, que es controlada en ocasiones con paratión metílico.
- El método utilizado resulta efectivo además de ser de bajo costo y rápido, permite priorizar los sitios que deben ser intervenidos por contaminación con plaguicidas. Facilitando la toma de decisiones en intervención de los sitios por la cantidad de plaguicidas organofosforados que se encuentran en el.
- Las áreas de muy alto riesgo por paratión metílico en el municipio de Tizimín son de diámetros muy pequeños, sin embargo el municipio presenta en su mayoría áreas de riesgo medio y bajo.
- La cantidad de organofosforados encontrados en suelo, en el municipio de Tizimín, se encuentran por debajo del límite de detección del método utilizado.
- La degradación de paratión metílico en suelo de la Facultad de Agronomía, fue favorecida por los factores ambientales presentes en el sitio y se mostro directamente proporcional al tiempo transcurrido.
- Los resultados en el descenso de la apicultura en el municipio de Tizimín, están más relacionados con la transformación ambiental que ocasionan modelos de producción comercial como la ganadería bovina, la variabilidad climática y enfermedades propias de las abejas, que por los plaguicidas utilizados en el control de la Langosta Centroamericana.

### **3.3.2 RECOMENDACIONES**

- Que la CICOPLAFEST actualice el Catalogo Oficial de plaguicidas autorizados.
- Que el Comité de Sanidad Vegetal del Estado de Yucatán o en su defecto alguna Institución educativa de Nivel Superior, realice una base de datos sobre el uso de plaguicidas, indicando que producto se está usando, donde y en que cultivo, basada a su vez en una historia clínica ambiental. Que posteriormente pueda ser aplicada a nivel Nacional.
- Que en los hospitales o Centros de Salud de Yucatán se realice una base de datos pública de intoxicaciones por plaguicidas que permita la toma de decisiones en cuanto a la implementación de políticas públicas y ofrecer capacitación para identificación de casos por intoxicación con sustancias químicas.
- Los esquemas basados en las buenas prácticas agrícolas y de manejo en los procesos de producción de frutas y hortalizas para consumo en fresco, implementados por SENASICA y SSA se deben volver de carácter obligatorio.
- El área de ecología del municipio, debe realizar monitoreos de los residuos de plaguicidas en vegetación y aire en este municipio.

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar, J., y Catherine, I. C. (2003). Sistemas Agrícolas del maíz y sus procesos técnicos, Sin maíz, no hay país. México. Museo Nacional de las Culturas Populares en México.
- Aguilera, C. M. (2009). Determinación de plaguicidas en mieles de *Melipona beecheini* y *Tetragonisca angustula* (HYMENOPTERA: APOIDEA) y evaluación de la LC 50 sobre las obreras. Guatemala: Universidad de San Carlos Guatemala.
- Albert, L. A. (2005). Panorama de los plaguicidas en México. *Revista de Toxicología en línea*. 1-17.
- Allsop, M. A., Jewell, V. T., y Johnston, P. A. (1995). Efectos de los plaguicidas organofosforados en la salud humana. México: Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México.
- Alvarado, M. J. y González, N. R. (1995). Los plaguicidas en el Estado de Yucatán. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. 52-60.
- Alvarado M. J. y González N. R. (1997). Plaguicidas agrícolas, efectos indeseables. *Ciencia y Desarrollo*. 51-50.
- Anderson, B. S., Hunt, J. W., Philips, B. M., Nicely, P. A., Gilbert, K. D., y Vlaming, V. D. (2003). Ecotoxicologic impacts of agricultural drain water in the Salinas River, California, USA. *Environ Toxicol Chem*. 2374-2384.
- Andrews, K. L., Quezada, J. R. (1989). Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la agricultura. Honduras: Departamento de protección vegetal. Escuela Agrícola Panamericana.
- Astacio, O. (1987). Manual del prospector antiacridiano. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). División de Sanidad Vegetal. Boletín técnico 22. 1-49.
- Ávila, J. Barrientos, L. García, P. 2005. Biología y comportamiento de la Langosta Centroamericana *S. piceifrons piceifrons*. 2do. Curso Internacional: Manejo Integrado de la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) y acridoideos plaga en América Latina. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas. México. Págs: 31-36.
- Barrera, I. D. (1988). Análisis histórico de la oferta y la demanda de plaguicidas. México D.F: Centro Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Barrientos, L. (2001). Taxonomía y sistemática de acridoideos, especies más importantes en México. Ecología, manejo y control de la Langosta Voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*). Memorias curso I Internacional. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

- Barrientos, L. García, P. Ávila, J. 2005. Manejo Integrado de la Langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) en Tamaulipas, noreste de México. Memorias del 2do. Curso Internacional: Manejo Integrado de la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) y acridoideos plaga en América Latina. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas. México. Págs: 202-209.
- Bejarano, G. F. (1993). El uso de Plaguicidas y la Política del Estado de México. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Belanger, A., Vicent, C., y Oliveira, D. (1998). A Field study of residues of four insecticides used in strawberry protection. *Journal of Environmental Science and Health*, 615 - 625.
- Bonmantin, J. M., Moineau, I., Charvet, R., Fleche, C., Colin, M. E., y Bengsch, E. R. (2003). A LC/APCI-MS/MS method for analysis of imidacloprid in soils, in plants, and in pollens. *Anal Chem*. 2027 - 2033.
- Brookes, G. (2006 ). GM Crops: The First Ten Years - Global Socio-Economic and Environmental Impacts. *ISAAA Brief no. 36* , 94.
- Buiatti, M. (2005). Biologies, Agricultures, Biotechnologies. *Tailoring Biotechnologies, Center for Tailormade Biotechnologies and Genomics*. (1):1
- Buttel, F. (1995). Biotechnology, an epoch–making technology. *The Biotechnology Revolution?*
- Cabañas Vargas, G. E. (2010). Inventario de fuentes potenciales de residuos peligrosos. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 269-277.
- Carrere, R. (2004). Movimiento mundial por los bosques tropicales. Montevideo - Uruguay: WORLD RAINFOREST MOVEMENT.
- Carrero, J. M. (1996). Lucha Integrada contra las Plagas Agrícolas y Forestales. Mexico: Mundi-Prensa.
- Ceacon, E. (2008). La Revolución Verde tragedia en dos actos. *Ciencias* , 21-29.
- Chambers, H. (1992). Organophosphorus Compounds: An Overview Organophosphates Chemistry, Fate, and Effects (pp. 3-15). San Diego, California: Academic Press.
- Cohen, J. (1994). Biotechnologies Priorities Planing, and Policies: a Framework for decision making. *ISNAR, Research report*.

- Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios. (2001). Secretaría de Salud. Recuperado el 12 de Marzo de COFEPRIS: <http://www.cofepris.gob.mx/cofepris/Paginas/Historia.aspx>
- Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (1994). Catalogo Oficial de Plaguicidas. México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Contreras, S. (2009). Conexión climática del fenómeno de “El NIÑO” con la plaga de la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker). Entomología mexicana, México. Vol. 8, p. 347-351.
- Correa Sandoval, J. (2006). Use of coastal habitat by shorebirds in the Yucatan Peninsula. Chetumal, Quintana Roo: Colegio de la Frontera Sur.
- Cuevas, M. C. (2003). Biotecnología: ventajas y desventajas para la agricultura. *Revista UDO agricola*, 1 -11.
- Devine, G. J., Dominique, E., Ogusuku, E., Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 25(1): 78-100
- Diario Oficial de la Federación. (5 de Noviembre de 1999). Norma Oficial Mexicana. *NOM-056-FITO-1995* . Mexico, D.F.
- Doehring, D. O., y Butler, J. H. (1974). Hydrogeologic constraints on Yucatan’s development . *Science*, 591 - 595.
- Donald PF, G. R. (2002). Agricultural intensification and the collapse of europe’s farmland bird populations. *Proc Biol Sci*, 25 - 30.
- Duch, G. J. (1988). La conformación territorial del Estado de Yucatán. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Durán-Nah, J. J., y Collí-Quintal, J. (1999). Intoxicación aguda por plaguicidas. *Salud Pública de México*, 42(1): 53 - 56.
- Durant, C. A. (2002). *El derecho agrario y su problema agrario*. México: Editorial Porrúa.
- Echeverría, R. G., y Trigo, R. J. (2008). Los Retos de la investigación agroalimentaria en América Latina. *Revista Española de estudios agrosociales y pesqueros*.
- Eicher, L. (1987). Reglamentos Tecnicos y Normas en la Ronda de Uruguay. *La Ronda de Uruguay. Manual para las negociaciones Comerciales Multilaterales* .

- Emerson, G. M., Gray, N. M., Jelinek, G. A., Mountain, D., y Mead, H. J. (1999). Organophosphate poisoning in Perth, Western Australia, 1987-1999. *The Journal of Emergency Medicine*, 273 - 277.
- Environmental Protection Agency. (1987). *Metil paration: efectos sobre la salud y el ambiente*. México: Centro Panamericano de ecología humana y salud.
- Environmental Protection Agency. (2011). *Pesticides: Registration review*. Recuperado en Diciembre del 2011, de [http://www.epa.gov/oppsrrd1/registration\\_review/fipronil/index.htm](http://www.epa.gov/oppsrrd1/registration_review/fipronil/index.htm)
- Esteva, C. M. (2003). *Sin Maiz no hay País*. México: Museo Nacional de Culturas Populares.
- Exner, C. J., y Ayala, G. U. (2009). Organophosphate and carbamate intoxication in La Paz, Bolivia. *The Journal of Emergency Medicine*, 348 - 352.
- EXTOXNET. (1993). *Extensión Toxicology Network Toxicology Information Briefs*. Recuperado el 11 de dic de 2011, de <http://ace.orst.edu/etoxnet8p>.
- FAO. (20 de enero de 2011). *Food and Agriculture Organization (FAO). FAOSTAT*:. Recuperado el 12 de ABRIL de 2011, de [FAOSTAT.FAO.org](http://FAOSTAT.FAO.org)
- FAO/OMS. (1996). *Pesticide residues in food – 1995 evaluations. Part II – Toxicological and environmental*. Ginebra (Suiza): Organización Mundial de la Salud, Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas.
- Flores, o. (s.f.). La investigación sobre plaguicidas y su importancia en aspectos de vinculación en diferentes sectores de la sociedad.
- Francis Pierre y Pedro Betancourt. (2007). Residuos de Plaguicidas organoclorados y organofosforados en el cultivo de cebolla en la depresión de Quibor, Venezuela. *Bioagro*, 69-78.
- Freebairn, D. K. (1995). Did the green revolution concentrate incomes? A quantitative study of research reports. *World Dev*, 265-279.
- Fundora, B. G., y Izquierdo, A. B. (2000). *Impacto social del uso de los plaguicidas químicos en el mundo*. Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Garza, E. (2005). La Langosta *Schistocerca piceifrons piceifrons* y su manejo en la planicie Huasteca. Campo experimental Ébano. INIFAP-CIRNE. San Luis Potosí, México. Folleto Técnico Núm. 12. 13 p. [[http://www.Oiedrus-portal.gob.mx/oiedrus\\_slp/modulos/biblioteca/manejo%20de%20plagas](http://www.Oiedrus-portal.gob.mx/oiedrus_slp/modulos/biblioteca/manejo%20de%20plagas)]. Noviembre de 2011.

- Gobierno Constitucional de los estados Unidos Mexicanos. (1980). *Reglamento de la Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos en materia de Sanidad Vegetal*. México, D.F: Diario Oficial de la Federación.
- Gobierno del estado de Yucatán, S. d. (2011). *Panorama Agroalimentario y Pesquero 2011*. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Gomez, L. B., Bencomo, A. E., Fregoso, M. S., y Villareal, V. C. (2005). Potasio en suelos de Yucatán. *Terra Latinoamericana*, 437 - 445.
- Góngora, J. (1982). Intoxicaciones agudas en pediatría. *Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina*. Mérida, Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Gonzalez Escamilla, M. (2004). *Anfibios, reptiles y mamíferos del corredor biológico del norte de Yucatán*. México, DF: CONABIO.
- González, B. P. (2006). La revolución verde en México. *AGRARIA, Sao Paulo*, 40-68.
- González, F. B. (2000). *Impacto social del uso de los plaguicidas químicos en el mundo*. Universidad de Matanzas.
- Guillete, E. A., Meza, M. M., Aquilar, M. G., Soto, A. D., y Garcia, I. E. (1998). Un Metodo antropologico para evaluar a niños preescolares expuestos a pesticidas en México. *Perspectivas de Salud ambiental*.
- Gutiérrez, S. J. (1992). La Fitosanidad y el Comercio Internacional. *Manejo Fitosanitaria de las Hortalizas en México. Centro de Entomología y Acarología, Chapingo*, 340 - 362.
- Henao, H. S., y Corey, O. G. (1986). *Plaguicidas organofosforados y carbámicos. Serie de vigilancia 2*. Metepec, Estado de México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. O.P.S., O.M.S.
- Hilje, L., y Saunders, J. L. (2008). *Manejo Integrado de PLAGAS en Mesoamerica: aportes conceptuales*. Costa Rica: Tecnologica de Costa Rica.
- IICA. (2011). *Seminario de actualización periodística: "Los grandes temas de la agricultura mundial". Seguridad alimentaria*. México.
- Instituto Nacional de Ecología. (2007). Recuperado el 20 de feb de 2011, de Características Físicoquímicas y su transporte en el ambiente.: [http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/descargas/caracteristicas\\_fyq\\_plaguicidas.pdf](http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/descargas/caracteristicas_fyq_plaguicidas.pdf)

- INEGI. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 11 de abril de 2012, de México en cifras. Información por Entidad federativa y municipios: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=31>
- INEGI. (2002). *Vegetación y uso de suelo*. México.
- Ita, A. D. (2001). *Alimentos procesados pueden contener maíz transgénico. "Tan lejos de Dios, tan cerca del StarLink: la política mexicana hacia el maíz transgénico*. Recuperado el 20 de mayo de 2012, de La Jornada Ecológica, Suplemento de La Jornada: [www.jornada.unam.mx](http://www.jornada.unam.mx)
- Juárez, J. F. (2009). *Toxicología Ambiental*. Compiladores Juárez, J.F; Rincón S, R; Rico, R. Editorial, UAA-A. México.
- Kremen, C., Williams, N. M., y Throp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc Natl Acad Sci USA*, 812 - 816.
- Lagunes, T. A., y Villanueva, J. A. (1994). *Toxicología y manejo de insecticidas*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.
- Li Lin, Lim y Chee Yoke Heong. (2003). *Informe de Puztai refuerza necesidad de tener mas precaución con los alimentos GM*. Recuperado el 26 de dic de 2011, de Red del Tercer Mundo: [www.redtercermundo.org.uy](http://www.redtercermundo.org.uy)
- Lopez, C. L. (1993). *Exposición a plaguicidas organofosforados perspectivas en salud pública*. Cuernavaca, Morelos: Primera edición.
- Lopez, R. G. (1982). *Métodos para analisis físicos y químicos en suelos agrícolas*. San Luis Potosí: Universidad Autonoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigación de Zonas Deserticas.
- Lopez, A. (1993). *MIP y Sostenibilidad*. Boletín de la Sociedad colombiana de Entomologia.
- Lozoya, S. A. (1986). *Temas Selectos sobre plaguicidas y Contaminación: control y registro de plaguicidas*. Saltillo, Coahuila: UAAAN
- Luko, H. (1994). *Técnicas de fitoproteccion para extensionista 1* . Costa Rica: CATIE, Programa de Agricultura Tropical Sostenible.
- Magaña, O.C. (2010). *Estudio comparativo de la Langosta Centroamericana (Schistocerca piceifrons piceifrons Walker) en la huasteca potosina y el Estado de Yucatán*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P. México.

- Márquez, D.A. (1963). La lucha contra la langosta en México. Colegio de Ingenieros Agrónomos en México, A.C. México.
- Martínez, y Santacruz. (1997). *Contaminación agrícola: Plaguicidas en el Soconusco, Chiapas. Tzapinco*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Massieu, Y. C. (2000). Bioseguridad Global: el mundo y su protocolo internacional. *El Cotidiano, Universidad Autonoma Metropolitana - Azcapotzalco*, 76 - 88.
- Mier, T., y Garcia de León, S. (2003). Panorama actual de la producción comercial y aplicación de bioplaguicidas en México. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*, 65 - 81.
- Mohammad H. Badii y S. Varela. (2008). Insecticidas organofosforados: efectos sobre la salud y el ambiente. *Culcyt\Toxicología de insecticidas*, 5-17.
- Mott, M., y Snyder, K. (1987). *Pesticide Alert. A Guide in fruits and vegetables*. San Francisco USA: Natural Resource Defense Council.
- Navarrete, R. G., y Mejía, J. A. (2000). *Efectos Tóxicos de los plaguicidas agrícolas en el estado de Yucatán*. Merida, Yucatán: Unidad de Ciencias sociales, CIR " Dr. Hideyo Noguchi".
- Navarro, V. (2007). *Manual para la preparación comunitaria en situaciones de desastres*. Cuba: Damují.
- Oliva, V. A. (2002). Uso de plaguicidas químicos, un problema de salud pública. *Tesis de Maestría en Administración Pública*. México.
- Organización de los Estados Americanos. (2002). *SICE: Sistema de Información sobre Comercio Exterior*. Recuperado el 4 de Marzo de 2012, de Sistema de Información sobre Comercio Exterior: [http://www.sice.oas.org/default\\_s.asp](http://www.sice.oas.org/default_s.asp)
- Organización Mundial de la Salud, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1992). *Consecuencias Sanitarias del empleo de Plaguicidas en la agricultura*. España.
- Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial. (2002). *Situación epidemiológica de la intoxicaciones agudas por plaguicidas en el istmo Centroamericano*. *Boletín Epidemiológico*.
- Ortiz, R. d. (2003). Biorremediación de agua contaminada con paratión y cobre a través de tres organismos acuáticos. *Tesis de Licenciatura*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Ortiz, W. A. (1996). *Política Económica de México: 1982 - 1995. Dos Sexenios Neoliberales*. México: Nuestro Tiempo.

- Osorio-Arce, M. M., Segura, J. C., Osorio, D. A., Marfil, A. A. (1999). Caracterización de la ganadería lechera del estado de Yucatán, México. *Biomed*, 217-227.
- Paschal, D. A. (1976). *Chemical and microbial degradation of malaoxon in an illinois soil*. Neville: Qual.
- Pereyra, C.E. (1991). Biología, ecología y control de la Langosta *Schistocerca piceifrons* (Walker) en el estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Perez, M. A., Segura, A., Colinas, T., Perez, M., Navarro, H., Garcia, R., & Vazquez, A. (2009). Residuos de plaguicidas organofosforados en cabezuela de brocoli (*Brasica oleracea*) determinados por cromatografía de gases. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 103-110.
- Pestizid Aktions-Netzwerk. (2009). *Lista de plaguicidas altamente peligrosos*. Recuperado el 22 de marzo de 2012, de [www.pan-internacional.org](http://www.pan-internacional.org)
- Pimentel, L. R., Wilkins, A., Olvera, R., y Silva, R. (2005). Panorama epidemiológico de las intoxicaciones en México. *Med in Mex*, 123 - 132.
- Plestina, R. (1986). *Prevención, diagnóstico y tratamiento de intoxicaciones por plaguicidas*. Metepec, Estado de México: ECO- OPS/OMS.
- PNUMA, 2000. Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. [<http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/Documents/SAT/Montreal-Protocol-Booklet-sp.pdf>]. Mayo del 2012.
- Potter, D. A., Buxton, M. C., Redmon, C. T., Patterson, G. C., y Powel, A. J. (1990). Toxicity of pesticides to earthworms (*Oligochaeta: Lumbricidae*) and effect on thatch degradation in Kentucky bluegrass turf. *Econ Entomol*, 2362 - 2369.
- Primavesi, A. (1984). *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. São Paulo: Nobel.
- Rainey, R. (1963). Meteorology and the migration of desert locusts. World Meteorology Organization. Technical note 54. Geneva, Switzerland. 115p.
- Red de acción en Plaguicidas de Alemania. (16 de Enero de 2009). *RAP - AL*. Recuperado el 20 de abril de 2012, de RAP - AL: [http://www.rap-al.org/articulos\\_files/ListaPAN\\_HHP.pdf](http://www.rap-al.org/articulos_files/ListaPAN_HHP.pdf)
- Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para America Latina. (1983). Recuperado el 20 de abril de 2012, de RAP-AL: <http://www.rapaluruaguay.org/que.html>

- Red de Acción en plaguicidas y sus alternativas para America Latina. *RAP-AL*. Recuperado el 10 de mayo de 2012, de RAP-AL: <http://www.rap-al.org/>
- Restrepo, I. (1988). *Naturaleza muerta. Los plaguicidas en México*. México: Océano.
- Rodriguez, M., Salazar, R., y Salazar, A. (2000). Consecuencias de la Apertura Comercial en la Importación, Exportación y Consumo de plaguicidas en México. *Tesis de Licenciatura*. Mexico: Universidad Autónoma de Chapingo.
- SAGARPA. (2008). *Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable del Municipio de Tizimin*. Tizimin, Yucatán: gobierno del Estado de Yucatán.
- SAGARPA. (2009). *Manejo integrado de plagas en el sector agroalimentario*.
- SAGARPA. (2010). *Programa nacional para el control de la abeja africana, Manual de polinización apícola*. México: SAGARPA.
- SAGARPA. (2011). *Biotecnología en la agricultura en México*. México.
- SAGARPA. (2011). *Seguridad y sustentabilidad alimentaria*. México.
- SAGARPA, 2011. Monitor Agroeconómico e Indicadores de la Agroindustria. Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios. México. [[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/MonitorNacionalMacro\\_cierre%202011.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/MonitorNacionalMacro_cierre%202011.pdf)]. Junio del 2012.
- SAGARPA, 2011. Yucatán, Panorama Agroalimentario y Pesquero. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. [[http://www.siap.gob.mx/opt/ebooks\\_panoramas/](http://www.siap.gob.mx/opt/ebooks_panoramas/)]. Junio del 2012.
- Sarmiento, L H. (1999). Repercusiones de la apertura comercial en la economía mexicana. *Comercio Exterior*, 930 - 938.
- Schmuk, R., Schöning, R., Stork, A., y Schramel, O. (2001). Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L. Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. *Pest Manag Sci*, 225 - 238.
- SE, 2010. Proyecto de facilitación del trabajo de libre comercio entre México y la Unión Europea. [[http://www.protlcuem.gob.mx/swb/es/Protlcuem/p\\_Med\\_Sanit](http://www.protlcuem.gob.mx/swb/es/Protlcuem/p_Med_Sanit)]. Julio del 2012.
- SEMARNAT, 2009. Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. [[http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/Documents/SAT/convenio\\_estocolmo.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/Documents/SAT/convenio_estocolmo.pdf)]. Mayo del 2012.

- SENASICA. *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria* (2010). *Reporte Epidemiológico Langosta Centroamericana*. México.
- SENASICA. (20 de jul de 2011). *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria*. Recuperado el 30 de abril de 2012, <http://portal.sinavef.gob.mx/RegionalizacionEpidemiologica.html#>
- SENASICA. (2012). *Reporte epidemiológico de Langosta, Situación de la Langosta en México*. México.
- Shiva, V. (1997). "Seeds of Monopoly". *Toward Freedom*, 7 - 18.
- SINAVEF. (2009). *Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria Informe*. San Luis Potosí, México.
- SINAVEF. (2011). *Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica*. Recuperado el 30 de abril de 2012, de [http://portal.sinavef.gob.mx/documentos/SINAVEF\\_Vigilancia.pdf](http://portal.sinavef.gob.mx/documentos/SINAVEF_Vigilancia.pdf)
- Sociedad Latinoamericana de Agroecología. (2009). *SOCLA*. Recuperado el 4 de mayo de 2012, de <http://www.agroeco.org/socla/pdfs/Libro>
- Solleiro, J. L. (2004). Biotecnología para un desarrollo agrícola sustentable. *Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*, 149–160.
- Soto, G. C., y Zinn, R. (6 de abril de 2001). *CIEPAC*. Recuperado el 20 de abril de 2012, de Centro de Investigaciones Economicas y Politicas de Acción Comunitaria.
- SSA. (1988). *Determinación de la actividad de la enzima colinesterasa en fumigadores de los Servicios Coordinados de Salud Pública en el Estado de Yucatán y la iniciativa privada. informe técnico*. Mérida, Yucatán: SSA.
- Steinbrecher, R. A., y Mooney, P. (1998). "Tecnología Terminator: Una amenaza para la seguridad alimentaria mundial". *The Ecologist*, 28 - 31.
- Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios., 2011. *Monitor Agroeconómico*. SAGRAPA México. [[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios\\_economicos/monitorestatal/Tabulador\\_por\\_estado/Monitores\\_Nuevos%20pdf/Yucatan.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/monitorestatal/Tabulador_por_estado/Monitores_Nuevos%20pdf/Yucatan.pdf)]. Julio del 2012.
- Suchail, S., Guez, D., y Belzunces, L. P. (2001). Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. *Environ Toxicol Chem*, 2482 - 2486.

- Tapia, L. R., y Raño, H. G. (2002). Economía del sistema de patentes en plantas cultivables transgénicas en México. *Analisis Economico*, 240 - 280.
- Terán, A. P. (2008). ¿Son benéficos los cultivos transgénicos? *Cultivos transgénicos para la agricultura latinoamericana*, 62–74.
- Torres, J. (1988). Perfil Toxicológico de la población atendida en el Hospital General O´Horan. *Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina*. Mérida Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Trujillo, G. (1975). *El Problema de la Langosta Schistocerca paranensis Burm*. Baja California, México: Sociedad de Geografía y Estadística.
- United Nations, D. (1999). *The world at six billion*. New York.
- Urretabizcaya, N. (2006). Manejo Integrado de Plgas en la Industria Alimentaria: su relación con la inocuidad de los alimentos. *Cuadernos del CEAagro*, 77-80.
- Valdovinos-Núñez, G. (2003). *Resultados preliminares del efecto del malatión, diazinón y metomilo en abejas nativas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) de la Península de Yucatán, México. Memorias del III Seminario Mesoamericano sobre abejas sin aguijón*. México.
- Varelas, F. S. (09 de Sept de 2003). Recuperado el 15 de marzo de 2012, de Manejo Integrado de Plagas: <http://uamac-posgrado.uat.mx/manejointegrado.htm>
- Vélez, L.E. (1972). Apuntes de plaguicidas. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Velez, L. (1988). Importancia de la fabricación y formulación de los plaguicidas usados en México. *Agrotecnología Moderna: Plaguicidas*, 21- 46.
- Vlaming, V. d., Digiorgio, C., Fong, S., Deavanovic, L. A., y Capiobeso, M. D. (2004). Irrigation runoff insecticide pollution of rivers in the Imperial Valley, California. *Environl Pollut*, 213 - 229.
- Waliszewski, S. M., y Infanzon, R. M. (2003). Diferencias en concentración de plaguicidas organoclorados persistentes en suelo, paja y granos de trigo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 5 - 11.
- Wallner, W. E. (1987). Factors affecting insect population dynamics: Differences between outbreak and non-outbreak species. *Entomol*, 317 -340.
- Ware, G y Whitacre, D. (2004). *An introduction to insecticides. The pesticide book*. Willoughby, Ohio: Meister.
- Winegrad, G. (1998). Swainson’s Hawk/Argentina: monocrotophos global withdrawal. *Bird Calls*.

Yoshioka, S., Fuse, G., y Enoki, A. (1991). Termiticidal efficacy of organophosphates, degradation of organophosphates in soil. *Memoirs of the faculty of agriculture of Kinki University*, 29 - 36.

Zazueta, N. A. (1988). Situación actual de los problemas fitosanitarios del país por cultivos agrícolas y zonas agrícolas. *Agrotecnología Moderna: Plaguicidas*, 78 - 87.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1. LEYES Y REGLAMENTOS EN MATERIA DE PLAGUICIDAS.**

Leyes y reglamentos.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
  - Reglamento en Materia de Impacto Ambiental
  - Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos
- Ley General de Salud
  - Reglamento en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios
- Ley Federal del Trabajo
  - Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo
- Ley Federal de Sanidad Vegetal
- Ley Federal de Sanidad Animal
- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal
  - Reglamento de Autotransporte terrestre de materiales y residuos peligrosos
- Ley de Comercio Exterior
- Ley Aduanera

Normas Oficiales Mexicanas

- a) Ecológicas
  - Norma Oficial Mexicana NOM-090-ECOL-1994, que establece los requisitos para el diseño y construcción de los receptores de agroquímicos.

- Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

b) Sanitarias

- Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, Plaguicidas: que establece los requisitos de embase, embalaje y etiquetado de productos de grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico.

c) Zoosanitarias

- Norma Oficial Mexicana NOM-021-ZOO-1995, que establece el análisis de residuos de plaguicidas Organoclorados y bifenilos policlorados en grasa de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases.

d) Fitosanitarias

- Norma Oficial Mexicana NOM-032-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico.
- Norma Oficial Mexicana NOM-033-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas o morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas.
- Norma Oficial Mexicana NOM-034-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas o morales interesadas en la fabricación, formulación por maquila, formulación y/o maquila e importación de plaguicidas agrícolas.
- Proyecto de NOM-051-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de plaguicidas agrícolas cuya

adquisición y aplicación está sujeta a la recomendación escrita de un profesional fitosanitario.

- Norma Oficial Mexicana NOM-053-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para realizar la difusión de la publicidad de insumos fitosanitarios.
- Norma Oficial Mexicana NOM-057-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas.

e) Higiene y Seguridad Industrial

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-STPS-AÑOXX. Prohíbe que las mujeres embarazadas, lactantes y población infantil menor a 18 años mezclen o apliquen plaguicidas.
- Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.
- Norma Oficial Mexicana NOM-006-STPS-2000. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.
- Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación al medio ambiente laboral.

f) Transporte

- Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT2-1994. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT2-2000. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT2-2000. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCT2-2000. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-006-SCT2-2000. Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-007-SCT2-2002. Marcado de embases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-010-SCT2-2003. Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-011-SCT2-2003. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.
- Norma Oficial Mexicana NOM-019-SCT2-1994. Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-028-SCT2-1998. Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de las clase 3 líquidos inflamables transportados.
- Norma Oficial Mexicana NOM-043-SCT2-2003. Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

## ANEXO 2. CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS.

Clasificación de los plaguicidas. Tomado de Bejarano, 2004. Clasificación y desarrollo de los plaguicidas químicos.

<b>Clasificación de los plaguicidas por los organismos que afecta</b>	
Se nombran como	Cuando se usan contra
Acaricidas	Ácaros
Funguicidas	Hongos
Herbicidas	Hierbas invasoras "malezas"
Insecticidas	Insectos
Larvicidas	Larvas
Molusquicida	Moluscos (caracoles y babosas)
Nematicidas	Nematodos (gusanos microscópicos)
Ovicida	Huevecillos
Rodenticidas	Roedores
<b>Por su origen</b>	
Naturales	Orgánicos: nicotina, piretrina, rotenona, y otros de origen vegetal Inorgánicos: arseniato de plomo, sulfato de cobre, entre otros.
Sintéticos	Orgánicos: la mayoría de los plaguicidas modernos, DDT, paratión metílico, malatión, paraquat, etc. Organometálicos: derivados de Tributilestaño, metilmercurio.
<b>Por su modo de acción contra las plagas</b>	
De contacto	Actúan al contacto directo con los insectos, hongos o plantas provocándoles la muerte
Sistémicos	Pueden ser insecticidas, funguicidas o herbicidas que al aplicarse al suelo o al follaje son absorbidos por la raíz o las hojas y llevados internamente a todo el cuerpo de la planta
De ingestión o estomacales	Actúan una vez que el plaguicida ha sido ingerido por los organismos
Residuales	En el caso de los herbicidas residuales resultan tóxicos a las malezas a medida que germinan, por lo que se aplican en el suelo
<b>Por su concentración industrial</b>	
Plaguicida de grado técnico	La máxima concentración de su ingrediente activo
Plaguicida formulado	La mezcla de uno o más plaguicidas técnicos con los ingredientes llamados "inertes" para su manejo.
<b>Por su formulación</b>	
Polvos	Humectables, diluyentes o impregnados
Granulados	Mezclados con arcillas se aplican al suelo o al follaje
Concentrados	Solubles en agua (líquidos o polvos) o aceite, y emulsionables (disueltos en disolventes como xileno)
Aerosoles	Suspensiones de plaguicida que en partículas muy finas flotan en el aire, formando humos o neblinas
Fumigantes	Se libera en forma de gas que asfixia a los insectos. Usados para almacenamiento de granos, desinfección suelos o estructuras urbanas.
Cebos envenenados	Generalmente el plaguicida se pone con un atrayente alimentario en un

	recipiente.
<b>Por su estructura química</b>	
<b>Insecticidas</b>	
Organoclorados	Son persistentes. Es tóxico y persiste en el ambiente por mucho tiempo
Organofosforados	No son persistentes. Se descomponen rápidamente pero tienen una elevadísima toxicidad.
Carbamatos	No son persistentes. Bastante tóxicos
Piretroides	No son persistentes.
Otros	

### **ANEXO 3. REFLEXIÓN DEL CASO DE ESTUDIO**

Este proyecto se inició, enfocándose solo en el efecto tóxico que tiene el paratión metílico y bajo la idea de que este plaguicida se debería de restringir por el simple hecho de ser extremadamente tóxico y que se debería de buscar una alternativa que fuera más sustentable para poder controlar la langosta centroamericana, además de suponer de que lo que se encontraba en la literatura era tal cual sucedía en el área de estudio, sin embargo en el transcurso de la investigación se fueron observando diferentes situaciones, la primera, las características tan específicas del Estado de Yucatán, su variabilidad climática, en el que evidenciaba ya un cambio climático en la región, que no era necesario buscarlo a nivel mundial porque en Yucatán ya era evidente; posteriormente el tipo de vegetación que si bien en la CONABIO y el INEGI, se observaba en los mapas que gran parte del territorio eran selvas, al observar la información de SAGARPA y las imágenes satelitales se notaba más bien que era ya muy poca la superficie que permanecía intacta, es decir que la mayoría del territorio había sido transformado en pastizales destinados a la ganadería bovina o en áreas de cultivo, estas situaciones favorecían la presencia de la langosta, ya que se creaban las condiciones ideales para su reproducción y su ovoposición y que si se sumaba el hecho de que había fenómenos como el del niño que incrementaba el periodo de secas en la región, hacia que la vegetación no tuviera la humedad necesaria para poder crecer y reproducirse afectando a los agricultores y además se traducía en escasez de alimento para la langosta, lo que favorecía su gregarización esto como una medida de sobrevivencia, lo que para el agricultor se convertía en baja productividad por la sequía y se le sumaba que lo poco que se podría cosechar se lo comía la langosta, por lo que era necesario tomar medidas drásticas para controlarla que en este caso era el uso del control químico, el paratión metílico, se determinó su uso por el INIFAP, porque es un plaguicida que actúa rápidamente debido a su toxicidad, que se aplica en polvo porque es más fácil que se disperse con ayuda del viento, pero que se aplica durante la madrugada para evitar que se volatilice, poder aprovechar el punto de rocío y así facilitar que se deposite en la vegetación, además que durante esta hora del día la langosta se encuentra en menor actividad permaneciendo casi inmóviles ya que son organismos poiquilotérmicos (de sangre

fría) a diferencia la mañana ya que a temperaturas altas los insectos permanecen muy activos y aplicar el plaguicida durante la mañana solo ocasionaría un desperdicio del plaguicida porque el insecto al detectar movimiento en el lugar se desplazaría hacia otro moviéndose del sitio y el plaguicida no tendría ningún efecto sobre este.

Por otro lado como se mencionó en el municipio también se dedican a la apicultura actividad en la que se hace uso de las abejas para obtener productos como la miel que se comercializan en las localidades cercanas, dentro del país y en otros países. Y que el hecho de que se estuviera utilizando paratión metílico en las áreas donde se criaban a las abejas se convertía en un riesgo ya que este plaguicida no solo era extremadamente toxico para la langosta si no en general para los seres vivos. Con esto ya se observaba que por un lado es importante controlar a la langosta por el daño que ocasiona a los cultivos y las pérdidas económicas que puede causar afectando la seguridad alimentaria y por el otro lado la posibilidad de que el plaguicida que está utilizando para su control también podría ocasionar un daño a otros organismos como las abejas que si bien se obtienen productos que pueden comercializarse, también permiten la reproducción de las plantas con flor a través de la polinización, pero no solo el uso de plaguicidas afectaría a las abejas sino también estaba la transformación o el cambio de uso de suelo que limitaba mas la disponibilidad de alimento para las abejas, por lo que los apicultores recurrían a alimentarlas con una mezcla de agua con azúcar para que no disminuyera su producción de miel o para que no murieran las abejas.

Si bien la situación es muy compleja también se suma el hecho de que varias instituciones se encuentran involucradas en la gestión de los plaguicidas por lo que resulta un tanto difícil saber quien en realidad es el responsable de autorizar o de regular el uso de los plaguicidas.

Como este, existen muchos casos de estudio en México en donde se ven involucrados diferentes factores y que resulta imposible resolverse solo desde un enfoque o solo con la visión de un solo experto, es por ello que resulta de gran importancia el que cada vez más se formen equipos multidisciplinarios que ayuden a resolver los problemas ambientales que

se tienen hoy en día, en donde cada uno de los expertos aporte información relacionada con su área y de manera conjunta se trate de resolver sin que ninguno de los factores sea más importante que los otros. Porque como en este estudio es importante el control de la langosta por las pérdidas económicas que causa, y el impacto que tiene en la seguridad alimentaria, es importante la apicultura porque resulta un medio de sustento para gran parte de los pobladores, resulta también importante conservar las áreas naturales que aún se tienen, pero también resulta importante la producción de alimento para poder abastecer a la población y de esta también obtener un beneficio económico.