



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPUS VERACRUZ
POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**USO DE PLAGUICIDAS EN LOS AGROECOSISTEMAS CON CAÑA DE
AZÚCAR DEL DISTRITO DE RIEGO 035 LA ANTIGUA, VERACRUZ, MÉXICO**

ESTELA RAMÍREZ MORA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO.

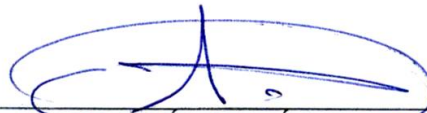
2016

La presente tesis titulada: **Uso de plaguicidas en los agroecosistemas con caña de azúcar del Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz, México** realizada por la alumna: Estela Ramírez Mora, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



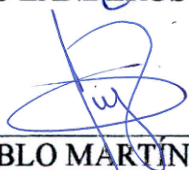
DR. ARTURO PÉREZ VÁZQUEZ

ASESOR



DR. CESÁREO LANDERÓS SÁNCHEZ

ASESOR



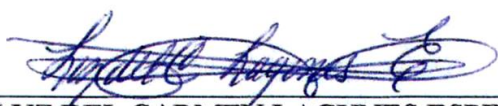
DR. JUAN PABLO MARTÍNEZ DÁVILA

ASESOR



DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ

ASESORA



DRA. LUZ DEL CARMEN LAGUNES ESPINOZA

Tepetates, Manlio Favio Altamirano, Ver., a 15 de octubre de 2016

Uso de plaguicidas en los agroecosistemas con caña de azúcar en el Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz, México

Estela Ramírez Mora, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2016

Este estudio tuvo como objetivo identificar el uso histórico de los plaguicidas en los últimos 30 años en los agroecosistemas con caña de azúcar del Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz; conocer las prácticas de uso de plaguicidas, así como la presencia de síntomas relacionados con la exposición aguda y crónica, y los efectos a largo plazo en productores y aplicadores de plaguicidas en el cultivo. Durante los ciclos productivos 2011/2012 y 2012/2013, se realizó una búsqueda en archivos históricos para conocer los plaguicidas utilizados en el periodo de 1981 a 2012; adicionalmente, se entrevistaron 147 productores, productores-aplicadores y aplicadores. Se registró los plaguicidas utilizados, las prácticas de uso de plaguicidas y se estimó un Índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (ICUP). En el periodo documentado habían sido utilizados 28 diferentes ingredientes activos. Los plaguicidas frecuentemente utilizados han sido carbofurán, monocrotofos, triazina, 2,4-D y monosodio metil arsenato. Estos plaguicidas se relacionan con disrupción endócrina e inmunitaria, daños al sistema nervioso central y periférico, y carcinogénesis. Los productores cañeros eligen plaguicidas con base en su experiencia y los contenedores vacíos son dejados en la parcela. Sobresale la falta de conocimiento sobre el tiempo de reentrada, el uso incompleto de equipo de protección personal y la higiene inadecuada posterior a la aplicación. El ICUP fue mayor en el grupo de aplicadores (Tukey, $p \leq 0.05$), y presentó correlaciones significativas con edad, escolaridad, años de experiencia y frecuencia en el uso de EPP. Los plaguicidas que se utilizaron hace 30 años son iguales o ligeramente menos tóxicos que los que se utilizan en la actualidad. La ocupación (productor y/o aplicador), así como el nivel escolar son determinantes del grado de exposición a plaguicidas en esta población ocupacionalmente expuesta.

Palabras clave: agricultores, trabajadores agrícolas, herbicidas, insecticidas, exposición ocupacional, calidad de uso de plaguicidas.

Pesticide use in sugarcane agroecosystems in the Irrigation District 035

La Antigua, Veracruz, Mexico

Estela Ramírez Mora, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2016

This study aimed to identify the historical use of pesticides in the last 30 years in the sugarcane agroecosystems in the Irrigation District 035 La Antigua, Veracruz, as well as to know practices of pesticides use, the presence of symptoms close related to the acute and chronic exposure, and long-term effects in farmers and pesticide applicators in this crop. During the 2011/2012 and 2012/2013 production cycles, a search was conducted in historical archives to determine the pesticides used in the period 1981-2012; additionally, a survey was applied to farmers, farmer-applicators and applicators based on interviews. The type of pesticide used and the practices of pesticide use were recorded, and the Use of Pesticides Quality Index (UPQI) was estimated. During the period of study, 28 different active ingredients had been used. The most frequently pesticides used have been carbofuran, monocrotophos, triazine, 2,4- D and monosodium methyl arsenate. These pesticides are related to endocrine and immune disruption, damage to the central and peripheral nervous system and carcinogenesis. Sugarcane farmers choose pesticides based on their experience and empty containers are left in the field. It is remarkable the lack of knowledge about the time of reentry, the incomplete use of personal protective equipment (PPE) and inadequate hygiene after application. The UPQI was grater in the applicators groups (Tukey, $p \leq 0.05$), and it was significantly correlated with age, level of schooling, applicator/farmer seniority and frequency of PPE use. Pesticides used 30 years ago are equally or more toxic than those used nowadays. The occupation (farmer and/or applicator), level of schooling and training are determinant of the degree of exposure to pesticides in the occupationally exposed population.

Key words: farm workers, farmers, herbicides, insecticides, occupational exposure, pesticide use quality.

Dedico esta tesis a:

A mi madre y a mi padre[†], su amor inagotable y su ejemplo de lucha y superación los llevo siempre conmigo.

A mi esposo y mis hijos, Iván y Viviana, los amores de mi vida, por hacer este viaje juntos y que gracias ellos todo ha tomado un nuevo y mejor significado.

A mi hermana y mi sobrina Renata, por ser las cómplices más grandes que cualquier ser humano pueda tener.

A todos ellos que llenan mis días de risas, cariño y enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca No. 34413 que me fue otorgada para realizar los estudios de doctorado y la beca Mixta para la realización de una estancia doctoral en el extranjero.

Al Colegio de Postgraduados por la oportunidad que se me brindó para realizar mis estudios de postgrado.

Al Fideicomiso Revocable de Administración e Inversión no. 167304 para el establecimiento y operación de los fondos para la investigación científica y desarrollo tecnológico del centro público Colegio de Postgraduados, en su modalidad de Financiamiento a Proyectos de Investigación de Tesis año 2010, por el financiamiento otorgado a mi proyecto de investigación de tesis.

A la Línea Prioritaria de Investigación-2, Agroecosistemas Sustentables y al Grupo MASCAÑA del Colegio de Postgraduados, por el financiamiento otorgado para el desarrollo de la investigación de tesis y para la presentación de los resultados en diferentes foros científicos.

A la Universidad Federal de São Paulo Campus Baixada Santista, por las facilidades otorgadas durante la realización de mi estancia doctoral.

A mi consejero, Dr. Arturo Pérez Vázquez, por aceptarme como su estudiante y otorgarme desde siempre un trato amable, humano, y cálido. Además de su consejo y apoyo incondicional que permitió la realización y conclusión de mi proyecto de tesis.

A mi Consejo Particular, por sus consejos, apoyo y comprensión durante el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Al Dr. Cesáreo Landeros Sánchez mi más enorme agradecimiento, por siempre estar al pendiente de mí en lo personal y profesional. También por valorar mis capacidades y enseñarme a sacar el mayor provecho de ellas.

Al Dr. Juan Antonio Villanueva Jiménez agradezco todas sus enseñanzas, paciencia, aportaciones al proyecto y sus acertados comentarios al documento de tesis.

Al Dr. Juan Pablo Martínez Dávila, por su disposición en tiempo y su asesoría en las etapas tempranas del proyecto de tesis, sus comentarios y observaciones.

A la Dra. Dra. Luz del Carmen Lagunes Espinoza, por aceptar ser mi asesora externa y estar presente a lo largo de todo el proceso del desarrollo de proyecto de investigación, sus comentarios y su apoyo incondicional.

Al Dr. Daniel Araki Ribeiro, por abrirme las puertas de sus laboratorios de investigación en los Campus Baixada Santista y Campus São Paulo de la Universidad Federal São Paulo, y permitirme realizar una fructífera y gratificante estancia en Brasil.

Mi reconocimiento y agradecimiento sincero a todos los profesores del COLPOS, de quienes aprendí muchas cosas tanto en el aula como fuera de ella. Hago mención especial a la Dra. María del Carmen cuya motivación y sabios consejos tuvieron una influencia determinante para que pudiera concretar este proyecto.

Al personal administrativo y de campo del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, mi profundo reconocimiento a su labor. Muy especialmente al señor Omar Garcés, por su ayuda invaluable durante el trabajo de campo.

A los trabajadores del Módulo II del Distrito de Riego 035 La Antigua Veracruz, por su ayuda y acompañamiento en los recorridos en campo.

A los encargados del Departamento de Plagas y Enfermedades de los Ingenios La Gloria y El Modelo, a los técnicos de campo y administrativos por las facilidades otorgadas en la realización de este proyecto.

Al personal administrativo y a los técnicos de campo de la CNC, por las facilidades otorgadas en la realización de este proyecto de investigación.

A mis amigos del COLPOS Campus Veracruz, Alba, Maira, Gloria Tabasco, Paty, Vero Rosales, Doris, Gaby e Ismael, a todos ellos que hicieron de mis días de estudiante una verdadera fiesta.

A los productores y aplicadores, que se exponen diariamente a estos venenos, porque me permitieron entrar a su casa, conocer a su familia, su parcela, porque me regalaron un momento de su vida, su experiencia, sus vivencias, sus motivaciones y preocupaciones, ya que sin ellos, por fortuna y por desgracia, este trabajo no existiría.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| 1. Situación Problemática y Problema de Investigación..... | 3 |
| 1.1 Situación Problemática..... | 3 |
| 1.2. Problema de Investigación..... | 4 |
| 2. Hipótesis..... | 6 |
| 2.1. Hipótesis General..... | 6 |
| 2.2. Hipótesis Particulares..... | 6 |
| 3. Objetivos..... | 7 |
| 3.1. Objetivo General..... | 7 |
| 3.2. Objetivos Particulares..... | 7 |
| 4. Marco Teórico y Conceptual..... | 8 |
| 4.1. Paradigmas de Investigación..... | 8 |
| 4.2. Enfoque Positivista..... | 9 |
| 4.3. Teoría General de Sistemas..... | 10 |
| 4.4. Pensamiento Complejo..... | 12 |
| 4.5. Funcional Estructuralismo..... | 14 |
| 4.5.1. La agricultura entendida desde la Teoría de los Sistemas Sociales Autopoiéticos..... | 15 |
| 4.6. Concepto de Agroecosistema..... | 17 |
| 4.7. Teoría Fundamentada como Herramienta Metodológica en el Estudio de Sistemas Complejos..... | 22 |
| 4.8 Integración Teórica..... | 23 |
| 5. Marco Referencial..... | 26 |
| 5.1. Definición de Plaguicida y Clasificación..... | 26 |
| 5.2. Insecticidas y Acaricidas..... | 27 |
| 5.2.1. Organoclorados..... | 27 |
| 5.2.2. Organofosforados..... | 28 |
| 5.2.3. Carbamatos..... | 28 |
| 5.2.4. Piretroides..... | 29 |
| 5.2.5. Neonicotinoides..... | 30 |
| 5.2.6. Organoazufrados..... | 30 |
| 5.2.7. Dinitrofenoles..... | 30 |
| 5.2.8. Fumigantes..... | 31 |
| 5.3. Herbicidas..... | 31 |
| 5.3.1. Bipiridilos..... | 33 |
| 5.3.2. Ácidos arilcarboxílicos y ariloxoalcanóicos..... | 34 |
| 5.3.3. Piridinas..... | 34 |
| 5.3.4. Triazinas y triazinonas..... | 34 |
| 5.3.5. Imidazolinonas..... | 35 |
| 5.3.6. Organoarsenicales..... | 35 |
| 5.3.7. Derivados de la urea..... | 35 |
| 5.3.8. Organofosforados..... | 35 |

| | |
|---|------------|
| 5.4. Toxicología de Plaguicidas..... | 36 |
| 5.5. Dispersión de Plaguicidas en el Ambiente y su Efecto en Organismos No Blanco..... | 36 |
| 5.5.1. Micro-organismos del suelo..... | 37 |
| 5.5.2. Sistemas acuáticos..... | 37 |
| 5.5.3. Fauna silvestre..... | 41 |
| 5.6. Exposición Humana a Plaguicidas..... | 42 |
| 5.7. Origen del Cultivo de Caña de Azúcar en México..... | 44 |
| 5.8. Importancia Económica Global y Nacional..... | 45 |
| 5.9. Plagas de la Caña de Azúcar..... | 46 |
| 5.10. Uso de Plaguicidas en el Cultivo..... | 47 |
| 6. Literatura citada..... | 47 |
| CAPÍTULO I. USO HISTÓRICO DE PLAGUICIDAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN EL DR035 LA ANTIGUA, VERACRUZ..... | 64 |
| 1.1. Introducción..... | 66 |
| 1.2. Materiales y Métodos..... | 69 |
| 1.3. Resultados..... | 71 |
| 1.4. Discusión..... | 72 |
| 1.5. Conclusiones..... | 75 |
| 1.6. Referencias..... | 76 |
| CAPÍTULO II. USO DE PLAGUICIDAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE RIEGO DR-035 LA ANTIGUA, VERACRUZ..... | 89 |
| 2.1. Introducción..... | 91 |
| 2.2. Materiales y Métodos..... | 93 |
| 2.3. Resultados y Discusión..... | 95 |
| 2.4. Conclusiones..... | 107 |
| 2.5. Referencias..... | 108 |
| CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES..... | 115 |
| ANEXOS..... | 120 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Evolución del concepto de agroecosistema..... | 18 |
| Cuadro 2. Clasificación de herbicidas por su mecanismo de acción..... | 31 |
| Cuadro 3. Número de ingenios activos por estado en México y superficie cultivada de caña de azúcar en el ciclo 20013/14 (UNC, 2015)..... | 45 |
| Cuadro 1.1. Uso histórico de plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en el DR035 La Antigua, Veracruz, México..... | 86 |
| Cuadro 1.2. Plaguicidas utilizados por los productores de caña de azúcar en el DR035 La Antigua, Veracruz, México (Ciclo 2011/2012)..... | 87 |
| Cuadro 1.3. Acción toxicológica de los insecticidas y herbicidas de mayor uso en el cultivo de caña de azúcar en el DR035, de acuerdo con las respuestas de los productores entrevistados | 88 |
| Cuadro 2.1. Datos demográficos de los entrevistados..... | 96 |
| Cuadro 2.2. Información sobre los criterios de selección, almacenamiento y preparación de plaguicidas seguidos por los productores entrevistados..... | 97 |
| Cuadro 2.3. Plaguicidas utilizados por los productores entrevistados (N=109) y su categoría toxicológica..... | 99 |
| Cuadro 2.4. Información sobre las prácticas de uso de plaguicidas observadas por los entrevistados (N=147)..... | 100 |
| Cuadro 2.5. Correlaciones de las variables numéricas evaluadas..... | 106 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Modelo conceptual sobre la comunicación que opera en los sistemas de conciencia de los agroecosistemas con caña de azúcar en estudio..... | 25 |
| Figura 2.1. Presencia de síntomas de intoxicación aguda por grupo de entrevistados: productores (P), productores-aplicadores (PA) y aplicadores (A)..... | 104 |
| Figura 2.2. Índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (ICUP), por categoría de sujetos entrevistados: productores (P), productores-aplicadores (PA) y aplicadores (A)..... | 105 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| Siglas | Significado |
|--------------------|--|
| 2,4-D | ác. 2,4-diclorofenoxipropiónico |
| 2,4-DB | ác. 2,4-diclorofenoxibutírico |
| 2,4-DP | ác. 2,4-diclorofenoxibutírico |
| 2,4,5-T | 2,4,5-triclorofenoxiacético |
| ADN | Ácido desoxirribonucleico |
| AMIFAC | Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C. |
| BHC | Hexaclorobenceno |
| CCE | Comunidad Económica Europea |
| CICOPLAFEST | Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias tóxicas |
| CL ₅₀ | Concentración letal aguda media |
| COFEPRIS | Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios |
| COLPOS | Colegio de Postgraduados |
| DDD | diclorodifenildicloroetano |
| DDE | diclorodifenildicloroetileno |
| DDT | diclorodifeniltricloroetano |
| DL ₅₀ | Dosis letal media |
| DOF | Diario Oficial de la Federación |
| DT ₅₀ | Periodo de semi desintegración atmosférica |
| EPA | Environmental Protection Agency/Agencia de Protección Ambiental |
| EUA | Estados Unidos de Norte América |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| HCH/ γ -HCH | Diclorodifeniltricloroetano/ lindano |
| HRAC | Herbicide Resistance Action Committee |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía |
| IRAC | Insecticide Resistance Action Committee |

| | |
|----------|--|
| MCPA | 2-metil-4-clorofenol |
| MSMA | metano arsonato monosodio |
| OMS/WHO | Organización Mundial de la Salud/World Health Organization |
| PNUMA | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente |
| SAGARPA | Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación |
| SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales |
| SIAP | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera |
| UNC | Unión Nacional Cañera |
| WSSA | Weed Science Society of America |

INTRODUCCIÓN GENERAL

El uso intensivo de plaguicidas ha sido uno de los factores que contribuyen a elevar los rendimientos de los cultivos. Sin embargo, existe una creciente preocupación a nivel mundial entre los agricultores, consumidores y los responsables de políticas sobre el impacto de los plaguicidas en la salud humana y el ambiente. Los conflictos entre la producción agrícola, la calidad del ambiente y la salud han crecido de manera constante en las últimas décadas y particularmente ligado a los plaguicidas y al debate de la sostenibilidad y de una agricultura sustentable (Aubertot *et al.*, 2005).

El término «plaguicida» abarca una gran variedad de sustancias consideradas como venenos para una gran cantidad de organismos vivos, incluido el hombre (Manahan, 2002; WHO, 2010). El uso de plaguicidas ha aumentado considerablemente desde la introducción de productos químicos sintéticos en la década de 1940. Los plaguicidas han estado vinculados a un amplio espectro de riesgos a la salud humana, que van desde manifestaciones agudas como dolores de cabeza, náuseas y vómitos, hasta desórdenes endócrinos, reproductivos, degenerativos y enfermedades respiratorias (Yassin *et al.*, 2002; Kesavachandran *et al.*, 2009; Mnif *et al.*, 2011; Moretto y Colosio, 2013).

En México, para el año 2006, según estadísticas presentadas por la AMIFAC (Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C.), se reportaron 3,000 casos de intoxicación por plaguicidas, ocupando el estado de Veracruz el 5to lugar nacional. De los casos presentados, el 20.3 % fueron por exposición laboral con productos agrícolas. Las edades en las que se presentaron el mayor número de casos fue en niños de 4 y 5 años y en hombres de 20 a 40 años de edad (AMIFAC, 2006).

El aumento en la superficie cultivada de caña de azúcar en los últimos años ha ocasionado que se acentúe el uso de plaguicidas (Weiss *et al.*, 2004). El estado de Veracruz es el principal productor de caña de azúcar a nivel nacional. Dada la importante generación de empleos y de desarrollo económico que promueve la industria cañera en el estado, resulta indispensable conocer los posibles impactos que pueden tener los plaguicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar, particularmente sobre la población ocupacionalmente expuesta en las zonas de abasto cañero.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue identificar el uso histórico de los plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en el Distrito de Riego 035 La Antigua (DR035), Veracruz y su nivel de toxicidad, así como, calificar las prácticas de uso y el grado de exposición a plaguicidas por parte de los productores y los aplicadores de plaguicidas en relación con la presencia de sintomatología asociada a intoxicación aguda, crónica y efectos a largo plazo.

1. Situación Problemática y Problema de Investigación

1.1. Situación Problemática

La agricultura moderna se caracteriza por el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos y agroquímicos con el objetivo incrementar la producción y el control de plagas y enfermedades (Chiquito-Contreras *et al.*, 2012). En México, los estados con mayor volumen de comercialización de plaguicidas son Michoacán, Jalisco, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Guanajuato y Chiapas (INEGI, 2014).

Para finales de la década de 1990, en México se utilizaban 60 % de los 22 plaguicidas clasificados como perjudiciales para la salud y el ambiente, 42 % de los cuales se fabricaban en el país (INEGI, 2000). Para el año 2004, según la Secretaría de Salud, se empleaban 260 marcas de insecticidas, de las cuales 24 estaban prohibidas y 13 restringidas. Se reportaban como las principales causas de intoxicación, las deficientes medidas de control y prevención (CICOPLAFEST, 2004).

De acuerdo con la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, con respecto al registro de intoxicaciones por plaguicidas, se reconoce que existe un subregistro o “cifra negra” en el número de casos de intoxicación por el uso de agroquímicos (Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo, 2007; Henao y Nieto, 2008).

La agroindustria cañera en México se caracteriza por su alto impacto ambiental. Es común el uso y abuso de agroquímicos, el empleo de la quema y requema como procedimientos de cosecha y postcosecha, la contaminación de fuentes hidrológicas, mantos freáticos, suelo y aire, que llevan a la degradación de los recursos con efectos negativos en la salud humana (COLPOS, 2003).

En el corto plazo, el empleo de plaguicidas incrementa los rendimientos y disminuye la carga de trabajo, pero en el mediano y largo plazos las especies crean resistencia y el combate de ellas requiere productos más tóxicos y peligrosos. Es común que el manejo de los agroquímicos sea inadecuado, pues no se siguen las precauciones indicadas; se almacenan en lugares inapropiados y se aplican sin equipo de protección personal. Algunos de los efectos secundarios asociados al empleo de los plaguicidas en el ambiente son: contaminación de fuentes de agua, mantos freáticos y aire; destrucción de biodiversidad; erosión; dificultades en la reproducción de los animales; incremento excesivo de algas en ríos y lagos; alta residualidad (permanencia a largo

plazo) de las sustancia en el ambiente; plantas e insectos dañinos con resistencia a plaguicidas; y participación en la destrucción de la capa de ozono (COLPOS, 2003).

En términos generales, tanto los aplicadores como los productores no utilizan las dosis técnicamente recomendadas de los plaguicidas, ya sea por costumbre o para asegurarse de que tengan un “mayor efecto” en el control de las plagas, agregan más producto del necesario o utilizan mezclas de diversos insecticidas (Yerena *et al.*, 2005). Por tanto, los agricultores cañeros y trabajadores agrícolas están expuestos frecuentemente a los efectos tóxicos de los plaguicidas al momento de su preparación, aplicación y contacto con el cultivo y, eventualmente, durante su almacenaje.

La falta de registros epidemiológicos dificulta la atención prioritaria a la población expuesta, ya que no se aprecia la dimensión real del problema y el impacto que está causando a la salud, el uso intensivo de plaguicidas (Yerena *et al.*, 2005).

Por último, la falta de capacitación de quienes utilizan los plaguicidas, repercute de manera directa en su salud, ya que tienen un desconocimiento sobre el riesgo al que incurren al hacer un deficiente uso de los plaguicidas. Lo anterior significa que las escasas medidas de seguridad se relajen con el tiempo y lleguen a desaparecer, a pesar de que tienen la experiencia de padecer malestares posteriores a la aplicación de los plaguicidas. Por otro lado, el equipo de protección personal resulta inadecuado para las condiciones climáticas de la zona (Tinoco *et al.*, 1999).

1.2. Problema de Investigación

Existe un grave problema de contaminación y de uso excesivo de plaguicidas en las zonas cañeras, es el caso del la zona cañera del Distrito de Riego 035 en donde se desconoce los diversos productos químicos empleados para el control de plagas, malezas y enfermedades, al igual que el grado de exposición de los productores cañeros y de las personas que se dedican a aplicar los plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar. Pero además, se desconocen los efectos en la salud de los plaguicidas en personas ocupacionalmente expuestas y sus síntomas de exposición aguda, crónica y efectos a largo plazo.

Pregunta de investigación General

¿Cuál es el uso histórico de los plaguicidas aplicados en el cultivo de caña de azúcar, y cuál es el grado de exposición a plaguicidas que sufren los productores y los aplicadores de plaguicidas en

el Distrito de Riego 035 La Antigua (DR035), en relación con las prácticas de uso de plaguicidas y sus síntomas de exposición aguda, crónica y efectos a largo plazo?

Preguntas de Investigación Particulares

- 1) ¿Cuáles son los plaguicidas que se han utilizado históricamente en el cultivo de caña de azúcar en los últimos 30 años en el Distrito de Riego 035 La Antigua (DR035), Veracruz?
- 2) ¿Cómo son las prácticas de uso de plaguicidas por parte de los productores y aplicadores?
- 3) ¿Cuál es el grado de exposición entre productores y aplicadores y cómo se relaciona esto con síntomas de exposición aguda, crónica y efectos a largo plazo?

2. Hipótesis

2.1. Hipótesis General

Los plaguicidas empleados históricamente en el cultivo de caña de azúcar en la zona de abasto cañero del Distrito de Riego 035 La Antigua (DR035) han variado de productos de mayor a menor toxicidad. Además, el grado de exposición a los plaguicidas es diferencial entre los productores y los aplicadores de plaguicidas, así como las prácticas de uso de plaguicidas las cuales se relacionan con la presencia de síntomas de intoxicación aguda, crónica y efectos a largo plazo.

2.2. Hipótesis Particulares

- 1) En el Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz, ha variado el uso de los plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en los últimos 30 años, de mayor a menor nivel de toxicidad y riesgos a la salud humana
- 2) Las prácticas de uso de plaguicidas en la población ocupacionalmente expuesta (productores y aplicadores) en agroecosistemas con caña de azúcar del Distrito de Riego 035, son inadecuadas.
- 3) El grado de exposición entre productores y aplicadores es diferencial y se relaciona con las prácticas de uso de plaguicidas y se manifiesta mediante una mayor frecuencia de síntomas de intoxicación aguda y presencia de efectos a largo plazo en aplicadores.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Identificar el uso histórico de los plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en el Distrito de Riego 035 La Antigua (DR035), Veracruz y su nivel de toxicidad, así como, calificar las prácticas de uso y el grado de exposición a plaguicidas por parte de los productores y los aplicadores de plaguicidas, en relación con la presencia de sintomatología asociada a intoxicación aguda, crónica y efectos a largo plazo.

3.2. Objetivos Particulares

- 1) Identificar el uso histórico de los plaguicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar en los últimos 30 años en el Distrito de Riego 035 La Antigua, y su relación con riesgos a la salud humana.
- 2) Calificar las prácticas de uso de plaguicidas los productores de caña de azúcar y aplicadores de plaguicidas, en el Distrito de Riego 035 La Antigua,
- 3) Analizar la relación entre las prácticas de uso de plaguicidas de los productores de caña de azúcar y aplicadores de plaguicidas con la presencia de síntomas asociados a exposición, aguda, crónica y efectos a largo plazo.

4. Marco Teórico y Conceptual

Este apartado hace una fundamentación de las concepciones teóricas y metodológicas que se utilizaron en el abordaje y entendimiento del problema de estudio. Se inicia con la revisión del paradigma positivista, posteriormente se aborda la Teoría General de Sistemas para aterrizar en el enfoque del pensamiento complejo, el funcionalismo estructuralista y el concepto de agroecosistema. El abordaje metodológico inicial de este trabajo se realizó tomando como referencia la Teoría fundamentada (*Grounded Theory*) por lo cual también se hace un acercamiento a sus bases metodológicas que sirvieron de apoyo para la realización del trabajo de campo.

4.1. Paradigmas de Investigación

Todos los fenómenos de la vida diaria interesan, ya sea a la ciencia, a la filosofía o a ambas (Bunge, 2002). A lo largo de la historia de la humanidad se han desarrollado diferentes aproximaciones teóricas y metodológicas que ayudan a un mejor y mayor entendimiento del mundo y por ende a la generación de conocimiento.

Las distintas orientaciones epistemológicas que constituyen los marcos conceptuales dentro de los cuales se desarrolla una investigación, se les denomina paradigmas (Briones, 2002b). El concepto de paradigma se empezó a utilizar después de que Kuhn lo empleara en su libro "La estructura de las revoluciones científicas", publicado en 1962 (Bunge, 2003). Un paradigma es un marco o perspectiva bajo la cual se analizan los problemas y se trata de resolverlos.

Las dos grandes vertientes o tradiciones filosóficas en las cuales se sustenta este trabajo son por un lado la tradición Galileana de la ciencia, la cual ve la luz en 1638 con el "*Discorsi*" de Galileo pero que tiene sus raíces en Pitágoras, Platón y Arquímedes, y considera la explicación científica de un hecho a aquella que se formula en términos de leyes que relacionan fenómenos determinados matemáticamente; tales explicaciones toman forma de hipótesis causales con un posterior análisis experimental para determinar su valor explicativo (Mardones y Ursua, 2003). La otra vertiente es la tradición Aristotélica. Aristóteles consideraba que la investigación científica daba comienzo allí donde se percataba de la existencia de ciertos fenómenos, con la observación: y que la explicación científica se obtiene cuando se logra dar razones de esos

hechos o fenómenos. De acuerdo con Aristóteles, en toda investigación se dan dos momentos, la primera etapa inductiva y la segunda etapa deductiva (Mardones y Ursua, 2003).

La tradición matemática recuperada por Galileo nos conduce al positivismo, a la Teoría de sistemas, al pensamiento complejo y al funcionalismo-estructural. Por su parte, la tradición aristotélica nos conduce a la Teoría fundamentada. Ambas tradiciones forman el marco teórico en que se inserta el presente trabajo, si acaso con mayor tendencia a la vertiente Galileana, pero que no deja de lado los conceptos de la vertiente Aristotélica.

4.2. Enfoque Positivista

El término "positivismo", según Abbagnano lo empleó por primera vez Saint Simon en 1830 (Atencia, 1991). Este enfoque tiene como fundador a Auguste Comte (1798-1857) en Francia y entre sus representantes a John Stuart Mill (1806-1873) y Herbert Spencer (1820-1903) en Inglaterra, Jakob Moleschott (1822-1893) y Ernst Haeckel (1834-1919) en Alemania y Roberto Ardigó (1828-1920) en Italia. Esta corriente de pensamiento, dominó la generación de conocimiento prácticamente en todas sus vertientes, desde que fue introducida aproximadamente en 1848, hasta casi el inicio de la I Guerra Mundial (Reale y Antiseri, 1992).

De acuerdo con Mardones y Ursua (2003) sus rasgos característicos, como los introdujo Comte, son: monismo metodológico o unidad de método y homogeneidad doctrinal, modelo o canon de las ciencias naturales exactas, explicación causal o Erklären y la búsqueda de leyes generales hipotéticas, interés dominador y control de la naturaleza.

Para el positivismo, el conocimiento de las “cosas en sí” es imposible y debe consagrarse exclusivamente a la investigación de la realidad, rechazando todo saber apriorístico y toda especulación metafísica. Comte considera la palabra positivo como “lo contrario a lo negativo”, y concluye que la filosofía positiva está destinada a organizar no a destruir. “Saber para prever, prever para actuar”, constituye el lema fundamental del positivismo (Bourdeau, 2003).

Este paradigma presupone que existe una sola realidad exterior, fragmentada en variables y procesos, cualquiera de los cuales puede estudiarse independientemente de los otros. La investigación de ellas puede llegar a su predicción y a su control. El investigador y el objeto de investigación son independientes; el conocer y el objeto conocido constituyen un dualismo discreto. El objetivo final de la investigación es desarrollar un cuerpo universal de conocimientos en forma de generalizaciones que son verdaderas, tanto temporalmente como contextualmente,

donde cada acción puede explicarse como resultado de una causa real que precede temporalmente al efecto y que la investigación está libre de valores, y se puede garantizar que es así por la metodología objetiva utilizada (Briones, 2002a).

El positivismo también impulsó a la sociología, al plantear el estudio de la sociedad como si fuera un objeto (Mardones y Ursua, 2003). Desde este enfoque se concibe que la realidad social existe independientemente de la voluntad del ser humano que ejerce coacción al mismo; la realidad es el resultado inconsciente y no previsto de las acciones humanas orientadas a la realización de un bien individual (Guach, 2011).

4.3. Teoría General de Sistemas

Uno de los paradigmas más ampliamente utilizado en la época actual es el enfoque de sistemas, el cual surge a inicios del siglo XX como respuesta al reduccionismo imperante de esa época, heredado de la visión positivista implantada a mediados del siglo XIX (Mardones y Ursua, 2003).

Aunque el enfoque de sistemas tienen más de 2000 años si consideramos el aporte del filósofo griego Heráclito (Herrscher, 2005), fue el biólogo Ludwig von Bertalanffy quien acuñó el término y desarrolló la Teoría General de Sistemas en 1947 (Arnold y Osorio, 1998). A inicios de 1950, un grupo de intelectuales en las *Macy Conferences on Cybernetics*, introdujeron el concepto de cibernética a la Teoría General de Sistemas, en un intento por construir una ciencia unificada, descubriendo los principios que rigen la evolución de los sistemas abiertos (Heylighen y Joslyn, 2001).

Bertalanffy expone una teoría orgánica de la realidad, en la expresión de un modelo teórico nacido de la matemática pura y otras disciplinas especializadas como la física, química, biología, psicología, sociología, economía, entre otras (Boulding, 2007). El principio Aristotélico "el todo es más que la suma de sus partes" se convirtió en una de las premisas de la Teoría General de Sistemas, la relación de las partes con el todo y del todo con sus partes en interdependencia (Sarandón, 2002).

Al respecto de este enfoque, Bertalanffy indica: "una teoría general de los sistemas sería un instrumento útil al dar, por una parte, modelos utilizables y transferibles entre diferentes campos y evitar, por otra, vagas analogías que a menudo han perjudicado el progreso en dichos campos" (Bertalanffy, 1995). Asimismo, considera a los organismos como sistemas abiertos: "el sistema

puede tener un estado independiente del tiempo donde el sistema se mantiene constante como una totalidad y sus fases. Sin embargo, hay un continuo flujo de materiales, lo que se denomina un "estado permanente" (Bertalanffy, 1995).

Para Boulding (2007), el estudio de los fenómenos a través de la Teoría General de Sistemas se realiza en dos momentos. El primero consiste en mirar el universo empírico y escoger ciertos fenómenos generales que se encuentran en diferentes disciplinas y buscar la manera de construir modelos teóricos generales importantes para estos fenómenos. El segundo momento consiste en ordenar los campos empíricos en una jerarquía de complejidad de organización del comportamiento de su "individuo" o unidad, y tratar de desarrollar un nivel de abstracción apropiado para cada uno.

A raíz de la teoría de sistemas salieron a la luz un sin número de aplicaciones de la misma, que cooperaron en la labor de complementarla y redondearla. Así surgen la Teoría de los compartimentos, Teoría de conjuntos (Mesarovic), Teoría de las gráficas, Teoría de la información (Shannon y Weaver), Teoría de las redes (Rappaport), Teoría cibernética (Wiener), Teoría de los autómatas (Turing), y Teoría de los juegos (von Neumann), entre otras (Bertalanffy, 1995).

Gharajedaghi (2003) indicó que el pensamiento sistémico ha evolucionado por tres distintas generaciones de cambio, la primera generación (investigación operativa) trataba de la interdependencia en el contexto de los sistemas mecánicos. La segunda generación (de la cibernética y de los sistemas abiertos) trataba de la interdependencia y la auto-organización en el contexto de los sistemas vivientes. La tercera generación corresponde a la interdependencia, auto-organización y libertad de elección, en el contexto de los sistemas socio-culturales, y se originó con el "experimentalismo singeriano".

Para la Teoría General de Sistemas, el sistema se puede entender como un todo irreductible y dinámico que tiende a la desorganización entrópica, pero que logra mantener su organización de manera neguentrópica a través de la interrelación entre sus partes y de su intercambio con el entorno, en una permanente adaptación mutua que mantiene un equilibrio dinámico tanto del sistema como del entorno (Moreno, 2002b).

Herrscher (2005) indicó que nosotros decidimos lo que tratamos o vemos como un sistema, al adjudicarle ciertas propiedades y "mirarlo" como tal. Para dicho autor, "un componente al integrarse al sistema pierde autonomía, si por autonomía entendemos la acción de manejarse con

independencia del sistema del cual es parte". El término "jerárquico" en sistemas, no denota necesariamente una relación de poder, responde a una subordinación conceptual o clasificatoria. El enfoque de sistemas provee un marco multidimensional que integra la información de diferentes disciplinas (Clayton y Radcliffe, 1996).

4.4. Pensamiento Complejo

Aunque la idea de la complejidad había nacido con anterioridad, Edgar Morin introduce el paradigma de la complejidad en 1977 mediante la publicación de "El Método I. La naturaleza de la naturaleza". El paradigma mecánico vigente en esa época, había asumido la dicotomía "dato-información". El paradigma de la complejidad eliminó esta dicotomía y acentuó los elementos comunes de cuatro aspectos: la información subjetiva, la información objetiva, el proceso empírico de sensaciones-percepciones y las acciones sobre la información, considerándolas en un complejo dialéctico (Barberousse, 2013).

Para Morin, hay complejidad cuando son inseparables los elementos diferentes que constituyen un todo (como el económico, el político, el sociológico, el psicológico, el afectivo, el mitológico) y cuando: "existe un tejido interdependiente, interactivo e inter-retroactivo entre el objeto de conocimiento y su contexto, las partes y el todo, el todo y las partes, y las partes entre ellas". Por esto, la complejidad es la unión entre la unidad y la multiplicidad. El pensamiento complejo propone pensar en términos de conectividades, relaciones y contextos como contrapartida al pensamiento analítico; conduce a pensar que no hay partes en absoluto y propone un cambio de atención a los objetos y atención a las relaciones (Morin, 2001).

(Moreno, 2002a) indicó que las siguientes teorías en conjunto, lograron que se pudieran explicar la formación, el cambio y la evolución de los sistemas como realidades afectadas por los procesos termodinámicos: la Teoría General de Sistemas con Bertalanffy, con el concepto de cibernética (retroalimentación negativa) que le permite al sistema conservar su organización ante todo tipo de perturbación; el concepto de segunda cibernética (retroalimentación positiva) de Maruyama, que le permite al sistema adoptar una nueva organización, transformarse o cambiar, es decir, la morfogénesis; la teoría matemática de la información de Shannon Foerster con su principio de orden por ruido; Atlan con la teoría del azar organizador; Prigogine introduciendo la idea de organización a partir del desorden, así como Maturana y Varela con los conceptos de autopoiesis y acoplamiento estructural. El pensamiento complejo no debe confundirse con las

teorías mencionadas, advirtió Moreno, porque “la complejidad apareció como concepto sólo cuando esos enfoques permitieron entender el papel constructivo, neguentrópico del desorden, de la incertidumbre, de lo aleatorio, impredecible y del evento. La complejidad tiene que ver con la aparición del cambio, del devenir, la constitución de nuevos órdenes, donde el mismo devenir se convierte en el principio constitutivo y explicativo”.

En este tenor, García (2006), invitó a pensar el concepto de sistema como “totalidad organizada” y a no confundir los términos “Teoría de Sistemas Complejos” y lo que suele llamarse "análisis de sistemas" o "ingeniería de sistemas", pues desde su punto de vista no tienen comparación. García criticó a Morin indicando que sus extrapolaciones no son del todo aceptables y que su metodología no es totalmente aplicable a situaciones complejas concretas, pero le concedió su contribución al demoler las bases del racionalismo tradicional.

Para García (2007), un sistema complejo es “una representación de un recorte de la realidad compleja, en la cual los elementos no son separables y por tanto no pueden ser estudiados aisladamente. Es decir, que los elementos de un sistema complejo son interdefinibles”. “Los sistemas complejos están constituidos por elementos heterogéneos en interacción y de allí su denominación de complejos, lo cual significa que sus subsistemas pertenecen a los “dominios materiales” de muy diversas disciplinas”. De acuerdo con Piaget, García propone que el dominio material es el conjunto de objetos a los cuales se refiere una disciplina.

García (2000) señaló, “ningún sistema está dado al comienzo de una investigación, se lo va definiendo en el transcurso de la misma. Generalmente, puede formularse una pregunta conductora que guíe la selección de componentes de un sistema”, pero también aclara que rara vez eso puede hacerse en el primer intento y por lo tanto va cambiando la definición del sistema a medida que avanza la investigación. Los sistemas complejos no tienen límites precisos, las "condiciones de contorno" o "condiciones de límite" son todo aquello que queda fuera de los límites establecidos por el investigador, y que de alguna manera interactúa con "lo que queda dentro" en forma de flujos. Otros componentes de los sistemas complejos son los elementos del sistema, que tienen como característica ser interdefinibles, y que se encuentran susceptibles de formar una unidad compleja, es decir, un subsistema. Las relaciones entre subsistemas determinan la estructura del sistema mayor así como las condiciones de límite para cada subsistema. García destacó que muchas propiedades de un sistema quedan determinadas por su estructura. Además, introdujo el concepto de estructura y cómo cada estructura de un nivel dado,

forma parte de un subsistema del sistema de nivel superior. García le concedió importancia el término historicidad citando a Piaget: “No hay estructura sin historia, ni historia sin estructura” y remarcó, “la comprensión cabal del funcionamiento de un sistema complejo requiere un análisis de la historia de los procesos que condujeron al tipo de organización (estructura) que presenta en un momento dado”.

4.5. Funcional Estructuralismo

El funcionalismo tiene una larga tradición en las ciencias sociales, que ha tomado de la biología el concepto de función. Niklas Luhmann inició su propuesta teórica al criticar la concepción de Parsons de los sistemas sociales, denominada estructural-funcionalismo y propuso una nueva concepción que denominó funcional-estructuralismo, en donde la función toma el papel central. La intención de Luhmann es que los análisis sociales logren una mejor comprensión del cambio social y de la contingencia, a partir de la comprensión de los conceptos de función y estructura (Moreno, 2002a).

Para Luhmann (1996), la función no es un efecto que se deba producir, sino un esquema lógico regulador que organiza un ámbito de comparación de efectos equivalentes. Los sistemas sociales se encuentran en un cambio permanente y se definen por su relación con su entorno, el cual consiste en una gradiente de complejidad. La Teoría de los Sistemas Sociales Autopoiéticos de Luhmann comprende los diferentes tipos de sistemas y las condiciones distintivas que les permiten surgir a partir de la complejidad que reducen (Arriaga Alvarez, 2003). Luhmann introdujo la comunicación como fenómeno único que cumple con los requisitos de ser un tipo fundacional de operación: un sistema social surge cuando la comunicación desarrolla más comunicación a partir de la misma comunicación. La comunicación construye su propia complejidad (Torres-Nafarrete, 1999).

Desde el enfoque funcional-estructuralista los sistemas sociales no poseen necesariamente estructuras dadas, aquí no es necesario suponer una estructura global como punto de partida para el análisis del sistema social. Más bien, la estructura del sistema se mantiene gracias a los aportes funcionales que los subsistemas dan a la construcción del sistema, este proceso se da a través de la comprensión y la reducción de la complejidad del entorno (Moreno, 2002a). En el funcional estructuralismo, un sistema social es distinto de su entorno y operacionalmente cerrado, o sea,

capaz de producir por sí mismo, elementos propios y estructuras propias (Arriaga Alvarez, 2003).

El concepto de autopoiesis lo retomó Luhmann para describir un fenómeno radicalmente circular, este concepto proviene del griego *αυτο*, auto, “sí mismo” y *ποιησις*, poiesis, “creación” o “producción”, es un neologismo para designar la organización de los sistemas vivos en cuanto existencia en continua producción de sí mismos (Lukomski, 2009). Un sistema autopoietico es a la vez productor y producto de sí mismo. Este concepto fue acuñado por Francisco Varela y Humberto Maturana para explicar la circularidad de la producción de los sistemas vivos, a partir de sus investigaciones sobre auto-organización (Romero, 2002).

El mecanismo autopoietico se mantendrá a sí mismo como unidad distinta, mientras su concatenación básica de procesos se mantenga intacta en presencia de perturbaciones que superen cierto umbral de viabilidad, que depende del sistema bajo consideración. La reproducción es esencial para la viabilidad de lo vivo, pero sólo cuando hay una identidad puede reproducirse (Varela, 2003). En un sistema autopoietico, su estructura es susceptible a cambios, mientras que su organización se mantiene inmodificable. La estructura es el modo como los componentes del sistema se relacionan entre sí. La organización es la identidad del sistema, la que lo define como tal. El proceso de continuos cambios en la estructura de un sistema a lo largo de su vida es correlato del proceso de adaptación a los cambios aleatorios que el sistema percibe del entorno o ambiente en el que existe. Este proceso conlleva una situación de acoplamiento estructural entre el sistema y el entorno, en la que juega un papel importante la noción de adaptación. La existencia de todo ser vivo se presenta en dos dominios operacionales: uno interior al sistema, definido por la autopoiesis, y otro exterior, definido por las relaciones con el entorno. En el segundo dominio es donde todo ser vivo existe como tal, en interacción con otros sistemas vivos (Romero, 2002). Este modelo se aplica en sistemas sociales constituidos como redes cerradas de interacciones entre organismos que se hacen viables por su permanencia en esa red (Arnold y Osorio, 1998).

4.5.1. La Agricultura entendida desde la Teoría de los Sistemas Sociales

Autopoieticos

Para Casanova-Pérez *et al.* (2015), es necesaria la Teoría de los Sistemas Sociales Autopoieticos ensamblada con el concepto de agroecosistema, en el entendimiento de la realidad agrícola

mexicana; de acuerdo con los autores, el sistema neoliberal junto con la crisis ambiental obligan a utilizar un sustento teórico como este, para entender la complejidad del agro mexicano.

Este soporte teórico concibe a la sociedad como un sistema social omnicomprendido que incluye sistemas parciales (Luhmann, 2007), la sociedad se encuentra funcionalmente diferenciada y con autonomía autopoietica, es decir, cada sistema se autorregula individualmente. Los sistemas parciales son similares porque desempeñan una función para la sociedad y son diferentes porque no pueden ser sustituidos (Galindo, 2006). Además, los sistemas así entendidos se caracterizan por tener una organización heterárquica (Luhmann, 2007), con la existencia de órdenes de subordinación y no de jerarquías.

En este contexto de ideas, Luhmann considera a la agricultura como un sistema parcial dentro del sistema funcional de la economía (Casanova-Pérez *et al.*, 2015), que tiene como objetivo la generación de alimentos y materias primas que la sociedad demanda. Para dichos autores, el sistema “agricultura” se encuentra formado a su vez por los sistemas parciales: producción de subsistencia que corresponde a la tenencia ejidal de 0 a 5 ha, producción de transición o pequeña propiedad de 5.1 a 10 ha (Secretaría de Economía, 2012) y producción empresarial, y las operaciones comunicativas dentro y entre estos sistemas parciales se realizan a través del lenguaje, que incluye documentos, normas, reglamentos, así como la tradición oral.

La autonomía funcional de cada sistema parcial contribuye a su vez a la autonomía autopoietica de dichos sistemas. Para Luhmann (2007), el concepto de clausura operacional no significa que el sistema sea cerrado, sino que la comunicación se da dentro de cada sistema y que opera con sus propios códigos. El código comunicativo para cada sistema parcial se relaciona con la orientación de su producción: autoabasto, mixta-autoabasto/mercado y mercado. La comunicación constituye una operación sistemática de carácter social que implica al menos dos socios, el resultado de la comunicación es la síntesis, involucra la emisión, recepción y comprensión de un mensaje, de que se realice este proceso, depende la evolución del sistema (Urteaga, 2010).

Aquí, el controlador o sistema de conciencia, tiene la capacidad de seleccionar e integrar la información compatible, de otros sistemas parciales, a su sistema, estas operaciones comunicativas se denominan irritaciones. Por su parte las autoirritaciones las crea el propio sistema agrícola y sus sistemas parciales, y son creadas por perturbaciones internas a los sistemas (Casanova-Pérez *et al.*, 2015). Por último, se denomina resonancia al momento en que la

información del entorno natural se introduce al sistema de comunicación y da como resultado ajustes estructurales; estas resonancias pueden ocasionar incluso, que se detenga la autopoiesis del sistema (Luhmann, 1996). Así, cada uno de los sistemas actualiza y evalúa la información, ya sea positiva o negativamente a través de sus operaciones comunicativas; de ese modo cada sistema sigue o deja de comunicar sobre ella. Las irritaciones, las autoirritaciones y la resonancia contribuyen a la autopoiesis y apoyan la toma de decisiones, lo que se traduce físicamente en la actividad agrícola (Casanova-Pérez *et al.*, 2015). Entonces, la reproducción autopoietica del sistema no es la repetición idéntica de lo mismo sino la creación constante de nuevos elementos vinculados a los precedentes (Urteaga, 2010).

El concepto de memoria colectiva aplicado al sistema agrícola mexicano se concibe, de acuerdo con Casanova-Pérez *et al.* (2015), como un conjunto de recuerdos y expectativas del sistema, resultado de las operaciones comunicativas del sistema evaluadas positiva o negativamente. Esta memoria es importante para que a través de ella, los sistemas parciales produzcan y reproduzcan sus operaciones, de tal modo que se fortalezca su identidad y su continuidad a través de su autopoiesis; se integran aquí los conceptos de autorreferencia -observarse a sí mismo- como condición para que se lleve a cabo la autopoiesis y heterorreferencia, que le permite al sistema distinguirse de su entorno.

La conciencia es la única con percepción sensorial, al controlar en cierta medida el acceso al mundo externo de la comunicación. De este modo, los sistemas de conciencia serían, desde el enfoque agroecológico, los controladores de los agroecosistemas; es decir, productores de subsistencia, en transición y empresarios, actores responsables de la transformación diacrónica y diferenciada de las prácticas de manejo que les caracterizan (Casanova-Pérez *et al.*, 2015). La autopoiesis trata de una cadena de operaciones y es el producto de su propio trabajo. Las organizaciones son sistemas sociales autopoieticos, en el seno de los cuales las únicas operaciones posibles son las decisiones (Urteaga, 2010).

4.6. El Concepto de Agroecosistema

Agroecosistema es una palabra compuesta que proviene del latín agro *ager* o *agri* que significa campo y ecosistema, palabra introducida y definida por Tansley en 1935 (Martínez-Dávila *et al.*, 2011), y que proviene del griego *oikos* que significa casa y *logos* que significa ciencia. Para (Hernández, 1977), el agroecosistema no es otra cosa que un ecosistema modificado. Para Ruiz-

Rosado (2006) el concepto de agroecosistema tiene sus raíces en la conceptualización de la agricultura como un ecosistema agrícola; semejándose a los procesos de una sucesión ecológica, ya que la agricultura involucra cadenas tróficas, ciclos de nutrimentos, diferente estructura de comunidades vegetales y animales, tiene salidas y entradas, con la diferencia que son manejados por las personas.

Desde sus inicios, el concepto de agroecosistema y por tanto su concepción ha sufrido cambios, dichos cambios van de la mano con el momento histórico y el enfoque teórico con el que fueron definidos, y se relacionan con los intereses y alcances de cada uno de los autores que lo definieron. En el Cuadro 1 se presenta un esquema comparativo de la evolución del concepto de agroecosistema, desde sus inicios hasta nuestros días.

Cuadro 1. Evolución del concepto de agroecosistema.

| Autor y año | Definición de Agroecosistema |
|---------------------------|--|
| Harper (1974) | Ecosistema agrícola |
| Hernández (1977) | Ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola |
| Montaldo (1982) | Ecosistema natural modificado con el objetivo de la utilización del medio en forma sostenida para obtener productos agropecuarios |
| Odum (1985) | Ecosistemas domesticados por el hombre |
| Hart (1985) | Sistema formado por un grupo de especies características de un hábitat determinado (biótica) y el medio ambiente con el que interactúa procesando entradas de energía y materiales que producen salidas |
| Conway (1985) | Ecosistema modificado por el hombre que interactúa con factores socioeconómicos y tecnológicos para la utilización de los recursos naturales con fines de producción para la obtención de alimento y servicios |
| Marten y Rambo (1988) | Complejo de recursos ambientales y otros factores que el hombre ha modificado para la producción agrícola |
| Hernández (1988) | Actividad en la que el hombre, maneja los recursos disponibles (naturaleza, energía e información) para producir los alimentos que satisfagan sus necesidades |
| Conway y McCracken (1990) | Sistema ecológico modificado por el hombre para la producción de alimentos, fibras y otros productos agrícolas |

| | |
|---|---|
| Hecht (1995) | Ecossistemas semi-domesticados que se ubican en un gradiente entre una serie de ecossistemas que han sufrido un mínimo de impacto humano, como es el caso de ciudades |
| Ruiz (1995) | Unidad de estudio donde interactúan diversos factores (tecnológicos, socioeconómicos y ecológicos) para obtener productos que satisfagan las necesidades del hombre por un periodo de tiempo |
| Pérez-Vázquez (1998) | Espacios ambientales de magnitud diversa que históricamente han sido determinados y en respuesta a ello modificados en diversa escala por el ser humano para cultivar o manejar especies vegetales y/o animales en diferente arreglo espacial/temporal mediante el uso de energía subsidiaria con el fin de elevar o mantener niveles de producción que satisfagan las necesidades del productor y la sociedad |
| Martínez (1999) | Modelo conceptual que prioriza el rol que desempeña el controlador en la toma de decisiones |
| Gallardo-López (2002) | Sistema producto de la relación hombre naturaleza, en cuya estructura se encuentra un componente socioeconómico y otro productivo. Este último se sustenta en bases ecológicas, que por diseño y manejo del componente socioeconómico se convierten en entidades productivas, en las cuales reside el papel de proveer alimentos y otros satisfactores a la sociedad actual y futura |
| Ruiz-Rosado (2006) | Sistemas de relaciones entre los organismos coparticipes en la agricultura" en sentido estricto |
| Sandoval-Castro y Villanueva-Jiménez (2009) | La unidad de estudio de los sistemas de producción agrícola, donde el control humano se establece como el resultado final de la interacción con un conjunto de recursos naturales inmersos en un paisaje, lo que contribuye a la producción de piensos, alimentos y materias primas que la sociedad en su conjunto demanda, así como la mejora de las condiciones de vida de la población rural |
| Bustillo-García <i>et al.</i> (2008) | Unidad autopoietica donde existe un enganche estructural entre el hombre y el ambiente |
| Martínez-Dávila <i>et al.</i> (2011) | Modelo conceptual de la actividad agrícola en su nivel mínimo de control cibernético humano |
| Casanova-Pérez <i>et al.</i> , 2015 | Modelo conceptual que representa a la realidad agrícola, cuyo controlador/sistema de conciencia es el receptor de la autopoiesis de los sistemas de comunicación, así como, de las repercusiones estructurales de dichos sistemas generados por su relación intersistémica con otros sistemas de su entorno social y de los ajustes estructurales por el efecto de las resonancias derivadas de la coacción del entorno natural sobre ellos |

A través del análisis de las diferentes definiciones dadas al concepto de agroecosistema, se observa cómo dichas definiciones guardan una estrecha relación con el momento histórico en el cual fueron formuladas. El estudio de los agroecosistemas se inició en una etapa posterior a la Revolución Verde, cuando se empiezan a sentir los efectos del uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas, así como la explotación exhaustiva de los recursos naturales. Es entonces cuando emergió el interés en la agricultura sustentable (Altieri, 1989). El agroecosistema se definió como una unidad física, como un ecosistema modificado la mayor de las veces, como una unidad de estudio de la actividad agrícola, como espacios ambientales, entidades productivas o como un modelo conceptual.

El concepto de agroecosistema surgió como una respuesta a la creciente problemática de la escasez de recursos y la contaminación ambiental derivada de los “ecosistemas modificados” por el ser humano (Hernández, 1977). Esta primera generación conceptual denotaba una clara connotación antropocéntrica: ecosistema modificado, ecosistema domesticado, domado o producto de la interacción hombre-naturaleza. Odum (1985) mencionó que: el hombre ha “domesticado” especies vegetales y animales con el fin de obtener productos y servicios que le sirvan de satisfactores para sus necesidades, ya que el proceso de domesticación de especies, tanto vegetales como animales, se ha ido transformando en los sistemas de producción con el transcurso del tiempo y el espacio.

Diez años después de la primera mención del término agroecosistema, algunos autores le concedieron importancia a los factores socioeconómicos de la actividad agrícola, a las interacciones y flujos de materiales y energía dentro y hacia afuera del agroecosistema. El enfoque de agroecosistemas de Conway (1985) presentó una visión sistémico-ecológica. Este autor, con base en la Teoría de Sistemas, consideró que el comportamiento de los sistemas superiores no se explica sin la comprensión de los sistemas inferiores y superiores (recursividad) o de sus elementos. De modo que cada nivel jerárquico debería ser analizado en relación con los niveles inmediatamente inferior como superior, ya que entre ellos suceden relaciones que los convierte en sistemas complejos que generan propiedades que emergen de esas relaciones o propiedades emergentes (Ruiz, 1995). Años más tarde, el mismo Conway (1990), señaló que cada región tenía un conjunto de condiciones climáticas y recursos naturales que interactuaban con las relaciones económicas y las estructuras sociales, dando lugar a una gran variedad de agroecosistemas. Los agroecosistemas fueron vistos como sistemas integrados, diseñados para la

obtención de productos y servicios específicos, que tienen una estructura jerárquica medible en escalas temporal y espacial.

La importancia del hombre como “controlador” del agroecosistema se deja ver a lo largo de toda la evolución del concepto. Altieri (1999) mencionó que una parte fundamental de los agroecosistemas es el ente controlador (productor, familia), siendo éste quien modifica, interviene, orienta y define la producción, convirtiéndose en el controlador y regulador del agroecosistema, ya que toma la decisión respecto a la finalidad del sistema. En otras palabras, lo que concebimos como agroecosistema es una invención del hombre y no existen *per se* en la naturaleza.

En una tercera etapa de construcción del concepto, Pérez-Vázquez (1998), Martínez (1999) y Gallardo-López (2002) le confieran nuevas características, primeramente lo consideraron, como un modelo. Esto le dio la característica de flexibilidad, con componentes socioeconómicos y culturales, que lo situaron en un contexto espacio-temporal y que le confirieron atributos y características derivados de la Teoría General de Sistemas.

Así llegamos a los inicio del siglo XXI, donde el concepto de agroecosistema desde una perspectiva más completa, se definió como “la unidad óptima para el estudio de la agricultura y para su propia transformación; integrado de un sistema agrícola y rural regional a través de cadenas producción-consumo, con interferencias de política y cultura de instituciones políticas y privadas. El agroecosistema es un sistema contingente abierto y construido a partir de la modificación social de un sistema natural, para contribuir a: 1) la producción de alimentos, materias primas y servicios ambientales que la sociedad en su conjunto demanda, 2) el bienestar de la población rural, y 3) su propia sostenibilidad ecológica, debido a procesos dinámicos propios de retroalimentación y control, regulados y auto-regulados, como respuesta a variaciones internas y de su entorno. La dimensión espacial y objetivos del agroecosistema dependen del tipo de controlador que lo regula, de los recursos que éste maneja y de su interrelación con el entorno complejo” (Martínez-Dávila *et al.*, 2011).

Para Casanova-Pérez *et al.* (2015) la perspectiva teórica de Morin invita a concebir el agroecosistema como una unidad global organizada con interrelaciones de los elementos económicos, sociales y ambientales.

Bustillo-García (2009) retomó los conceptos anteriores para definir el agroecosistema como “una unidad autopoiética, en donde existe un acoplamiento estructural entre seres humanos y el

ambiente, produciéndose perturbaciones en los materiales socioeconómicos, flujos de materiales y energía, lo que a la larga también producirá los cambios en patrones y procesos relevantes en los ecosistemas en general. Dicho acoplamiento estructural está dado en la relación sociedad-naturaleza, por lo que el manejo de sus recursos responde a un patrón social, el cual está compuesto por comunicaciones que son generadas autopoieticamente, por las propias operaciones del sistema social en el que está inserto”.

Finalmente, Casanova-Pérez *et al.* (2015), a partir de un análisis exhaustivo de la Teoría de los Sistemas Sociales Autopoieticos, propusieron que el concepto de agroecosistemas permite entender adecuadamente la actividad agrícola como resultado de la comunicación entre los sistemas parciales que conforman el sistema agrícola mexicano, la importancia de la memoria colectiva y las operaciones de comunicación que se integran al sistema y que permiten su evolución.

4.7. Teoría Fundamentada como herramienta metodológica en el estudio de Sistemas Complejos

La Teoría Fundamentada fue desarrollada por Glaser y Strauss en 1967. Es una de las tradiciones de investigación cualitativa que permite formular una teoría que se encuentra subyacente en los datos obtenidos de la realidad investigada. Utiliza como herramienta el interaccionismo simbólico. Es decir, los seres humanos mediante las interacciones simbólicas, adquieren información e ideas, mediante las cuales logran entender sus propias experiencias y las de los demás, comparte con esas interacciones, sentimientos que les permiten llegar a conocer a sus semejantes (Delgado, 2012). Se trata de una investigación sustentada en hechos, donde la teoría emerge de los datos (Cuñat, 2007), y que no se opone totalmente al paradigma positivista. La Teoría Fundamentada utiliza una serie de procedimientos que, a través de la inducción, genera una teoría explicativa de un determinado fenómeno estudiado. Glaser (1992) afirmó que la Teoría Fundamentada es útil para investigaciones en campos que conciernen a temas relacionados con la conducta humana dentro de diferentes organizaciones, grupos y otras configuraciones sociales.

Existen diversos momentos de investigación al aplicar esta metodología (Delgado, 2012):

- Descriptivo: Momento predominantemente inductivo, se da un desarrollo analítico en relación íntima con el o los datos y la formulación y prueba de las hipótesis provisionales (si se realizan).
- Analítico: Tiene como objetivo delinear posibles implicaciones en las hipótesis. Se realiza la revisión de literatura.
- Interpretativo: Momento de la verificación o comprobación de hipótesis y sus implicaciones en la práctica.

Gaete-Quezada (2014) propuso las siguientes bases para su aplicación:

1. Muestreo teórico. Se refiere al proceso de recolección de datos.
2. Método de comparación constante. Se refiere al análisis cualitativo de los datos que permite dirigir el muestreo teórico.
3. Generación de teorías. La reflexión en las anotaciones proporciona el contenido que se esconde tras las categorías. Andréu-Abela *et al.* (2007) recomendaron aplicar las teorías ya existentes al análisis de los datos generados en la investigación, y posteriormente formular teorías específicas.

En esta metodología la hipótesis es la respuesta provisional acerca de las relaciones entre las categorías conceptuales. Las tradiciones cualitativas en las que se aplica son, historia de vida, etnografía, estudio de caso y fenomenología (Gaete-Quezada, 2014).

La aportación más relevante de la Teoría Fundamentada hace referencia a su poder explicativo, en relación a las diferentes conductas humanas dentro de un determinado campo de estudio. La emergencia de significados desde los datos, pero no de los datos en sí mismos, hace de esta teoría una metodología adecuada para el conocimiento de un determinado fenómeno social (Delgado, 2012).

4.8. Integración Teórica

En el presente apartado se realiza una explicación de qué elementos correspondientes a los enfoques tratados en las secciones anteriores, sirvieron de marco teórico en la presente investigación y de qué manera fueron insertados en ella.

Inicialmente, el concepto de agroecosistema define nuestro objeto de estudio. El abordaje del problema se realizó sobre las bases de la Teoría General de Sistemas y de pensamiento complejo. El agroecosistema en estudio es visto como un subsistema insertado en un sistema mayor, donde

el agroecosistema al que nos referimos es la parcela y el sistema mayor es el sistema parcial de autoabasto (ejidatario) o bien el sistema parcial de transición (pequeña propiedad). Donde los sistemas de conciencia son los productores responsables del manejo del agroecosistema y son los receptores de la autopoiesis del sistema.

Desde el punto de vista de pensamiento complejo, aunque el agroecosistema en estudio es más “sencillo”, se encuentra inserto en un sistema en el que operan elementos heterogéneos interdependientes. Los agroecosistemas estudiados, no puede separarse de los subsistemas con los cuales interaccionan, de ahí la necesidad de utilizar el enfoque de pensamiento complejo.

Se recurre al enfoque funcional estructuralista en un intento por entender la comunicación que opera en estos sistemas sociales y cómo ésta determina la utilización de plaguicidas en los mismos. El abordaje metodológico de esta investigación tuvo un inicio de tipo inductivo, tomando como referente la Teoría fundamentada; este abordaje permitió llenar los vacíos de información existente en torno a la problemática planteada y el planteamiento de la hipótesis inicial. En la Figura 1. Se presenta el modelo conceptual sobre la comunicación que opera en los sistemas de conciencia de los agroecosistemas en estudio

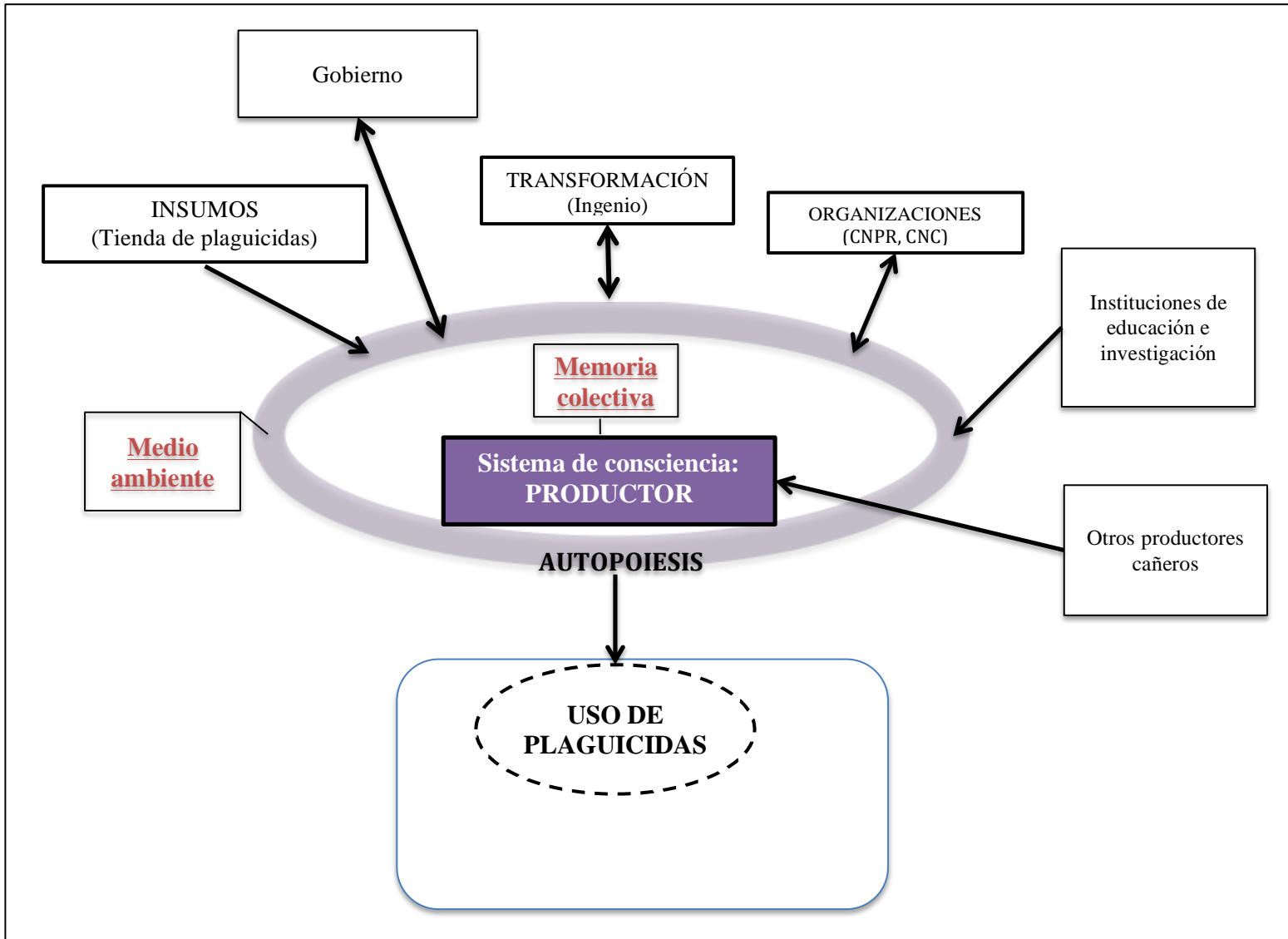


Figura 1. Modelo conceptual sobre la comunicación en los sistemas de consciencia que operan los agroecosistemas con caña de azúcar.

5. Marco Referencial

5.1. Definición de Plaguicida y Clasificación

Los plaguicidas se definen como cualquier sustancia destinada a impedir, destruir, atraer, repeler o controlar cualquier plaga, incluyendo especies de plantas o animales no deseadas durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y procesamiento de un alimento, productos agrícolas, piensos o sustancias que se podrían suministrar a los animales para el control de ectoparásitos (FAO, 2005).

Una de las referencias más antiguas al uso de plaguicidas es la de Homero aproximadamente en el 800 a.C., señalando las propiedades purificadoras del Azufre en La Odisea y posteriormente Aristóteles en el 380 a.C. (Carrero y Planes, 2008). Los extractos obtenidos de flores de crisantemo en el 400 a.C. en Persia y de tabaco en 1690 en Europa fueron los primeros bioinsecticidas utilizados, pero fue hasta finales del siglo XIX que se introdujo el uso de preparados a base de productos químicos naturales como el keroseno, el azufre y el acetoarsenito de cobre conocido como “verde de París” (Albert, 1990).

Para 1851 se utilizó el polisulfuro cálcico como fungicida (Carrero y Planes, 2008). En el control de malezas, el uso de sal se registró por primera vez en Alemania en 1854 y en 1855 el uso de ácido sulfúrico en ajo y cebolla (Viveros, 1990). El caldo bordelés se preparó por primera vez en 1880 y para 1896 ya se reconocían sus propiedades fungicidas (Albert y Loera, 2005). En 1900, Selby emplea el formaldehído como fungicida en suelo, más tarde, en 1912 se emplea el carbonato de cobre como desinfectante de semillas, y a principios de 1900 se reportan los primeros plaguicidas sintéticos (Carrero y Planes, 2008).

De acuerdo al organismo al que controlan, los plaguicidas se clasifican en: insecticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, rodenticidas y molusquicidas, siendo los insecticidas, acaricidas y herbicidas los que revisten mayor importancia en el control de plagas agrícolas (CICOPLAFEST, 2004).

De acuerdo con su importancia agronómica y desde el punto de vista de su estructura química y acción tóxica (Ware, 1983; Lagunes y Rodríguez, 1992; Manahan, 2002; CICOPLAFEST, 2004), los plaguicidas también se pueden clasificar en grupos químicos bien identificables que continuación se presentan.

5.2. Insecticidas y Acaricidas

En el periodo aproximado de 1800 a 1940, se da el uso de insecticidas naturales o botánicos (Carrero y Planes, 2008). La introducción de insecticidas sintéticos inició a partir de 1920, con la síntesis del diclorodifeniltricloroetano (DDT) en EUA por Paul Müller; sin embargo las propiedades de este compuesto se conocieron hasta 1939 (Albert y Benítez, 2005). A partir del DDT se sintetizaron numerosos compuestos análogos, conocidos genéricamente como organoclorados.

En 1940 aparecieron los organofosforados, los carbamatos lo hicieron para 1947 y los piretroides en 1950 (Albert y Loera, 2005). Se incluyen, además, los aceites minerales, análogos de la nereistoxina, amidinohidrazonas, biológicos microbiales, botánicos, dinitrofenoles, formamidas, fumigantes, neonicotinoides, organoazufrados, organoestanosos, reguladores del crecimiento, feromonas, tetrazinas, tiocianatos y triaratenos (Lagunes y Rodríguez, 1992; Lewis *et al.*, 2016).

5.2.1. Organoclorados

Estructuralmente los organoclorados son derivados clorados del etano, incluyen compuestos aromáticos, ciclodienos y heterociclos en su estructura con dos a siete moléculas de cloro. En la mayoría de los aromáticos la molécula de cloro está unida al benceno, con excepción de los que tienen oxígeno unido al benceno, en ese caso las moléculas de cloro se encuentran unidas al carbono central (Lagunes y Rodríguez, 1992). En términos generales estos plaguicidas son muy insolubles en disolventes polares, solubles en compuestos orgánicos de baja polaridad, muy estables química y bioquímicamente por lo cual su vida media es superior a los diez años, en algunos casos sus productos de degradación son incluso más estables que el insecticida original (Rendon-von Osteen, 1990). Este grupo incluye al diclorodifeniltricloroetano (DDT) y sus derivados metabólicos que tienen importancia toxicológica: diclorodifenildicloroetileno (DDE) y diclorodifenildicloroetano (DDD), los derivados del benceno y ciclodienos como bromopropilato, metoxicloro, etoxicloro, dicofol, hexaclorociclohexano (HCH) con sus isómeros α , β , γ y δ , el isómero γ , el lindano, es el único que tiene propiedades insecticidas, hexaclorobenceno (BHC), además del pentaclorofenol, aldrín, clordano, dieldrín, heptacloro, clordecona, mirex y toxafeno (De Fernicola, 1985).

La mayoría de los organoclorados existentes se relacionan en el Convenio de Estocolmo, firmado en el 2001, como productos prohibidos o restringidos en los países pertenecientes al tratado, por su elevada persistencia en el medio ambiente, su capacidad de bioacumulación y su toxicidad a organismos acuáticos y terrestres. Éstos son aldrin, clordano, dieldrin, endrin, heptacloro, α y β HCH, lindano, clordecona, BHC, mirex y toxafeno; se incluye el DDT para restringir su uso exclusivo para el control de vectores de enfermedades como malaria y dengue (PNUMA, 2001). Además de la lista anterior, en México se han prohibido o restringido el uso de los siguientes organoclorados: dicofol, endosulfán, metoxicloro y pentaclorofenol (CICOPLAFEST, 2004).

5.2.2. Organofosforados

La primera síntesis de un compuesto organofosforado la realizó Lassaigne en 1920, a partir de alcohol y ácido fosfórico (Manahan, 2002). Este es un grupo muy amplio que contiene compuestos que tienen propiedades como herbicidas y fungicidas. Son derivados del ácido fosfórico (H_3PO_4) o del ácido fosfónico (H_3PO_3). Estructuralmente contienen 3 ó 4 moléculas de oxígeno con un oxígeno unido al fósforo por un doble enlace o bien sustituido por una molécula de azufre mediante doble enlace (Lagunes y Rodríguez, 1992). Dentro del grupo de organofosforados encontramos a diclorvós, metamidofos, mevinfos, monocrotfos, terbufos, paratión metílico, temefos, fonofos, paratión etílico, clorpirifos, diazinón, fentoato, dimetoato y malatión (Alpuche, 1990b).

El mecanismo de acción de organofosforados es mediante la inhibición de la acetilcolinesterasa, causando hiperexcitación. La acetilcolinesterasa es la enzima que finaliza la acción de excitación neurotransmisora de la acetilcolina en la sinapsis nerviosa (Sparks y Nauen, 2015). Mevinfos y metoxicloro se encuentran restringidos en México (CICOPLAFEST, 2004) y prohibidos en la Comunidad Económica Europea (CEE) (Lewis *et al.*, 2016).

5.2.3. Carbamatos

Este grupo contiene compuestos que se utilizan como insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas e inhibidores de la germinación. El desarrollo de los carbamatos inicia con la síntesis de ésteres alifáticos del ácido carbámico en 1930, aunque fueron introducidos al mercado hasta 1953 y fueron los plaguicidas más difundidos en la década de 1960. La base de los carbamatos es el ácido carbámico el cual es muy inestable. Sin embargo, se estabiliza por la

formación de sales como el carbamato de amonio o por síntesis de sus ésteres alquílicos (Alpuche, 1990a). Los carbamatos son ésteres que contienen un grupo carbonilo como estructura central (C=O), el carbono del grupo carbonilo se encuentra unido a nitrógeno y oxígeno. Los sustituyentes unidos a nitrógeno son cadenas alifáticas cortas (metilo o etilo). Los sustituyentes unidos a oxígeno pueden ser cadenas alifáticas, aromáticas, ciclos o heterociclos (Lagunes y Rodríguez, 1992). La sustitución de los hidrógenos unidos a nitrógeno en la estructura principal de los carbamatos es la que da lugar a los compuestos con propiedades insecticidas (Alpuche, 1990a).

El carbamato más conocido es el carbaril o sevín (carbamato de N-metilnaftilo), también pertenecen a este grupo aldicarb, metomil, propoxur, carbofurán, pirimicarb, carbosulfán, fenoxicarb y tiodicarb (Alpuche, 1990a). Los carbamatos también son inhibidores de la acetil colinesterasa (Nauen *et al.*, 2012). Aldicarb se encuentra restringido en México (CICOPLAFEST, 2004).

5.2.4. Piretroides

Son productos sintéticos que derivan de las piretrinas naturales. Las modificaciones realizadas en la piretrina I tuvieron por objeto aumentar su estabilidad ambiental y darle un uso agrícola. En general son insecticidas de amplio espectro y de contacto. En 1982 constituían el 30% del mercado mundial de plaguicidas (Albert, 1990).

Los piretroides son compuestos lipofílicos, insolubles en agua, de estructura diversa, lo que les confiere propiedades distintas entre los miembros del grupo (Albert *et al.*, 1990). Tienen como estructura básica un éster, donde los sustituyentes de la parte alcohólica generalmente son ciclos, heterociclos o anillos aromáticos. Los sustituyentes de la parte ácida son halógenos como Br, Cl e H, aunque también los hay con anillos aromáticos. Los piretroides más conocidos son: aletrina, cipermetrina, cyhalotrina, deltametrina, fenvalerato, permetrina y tetrametrina (Lagunes y Rodríguez, 1992).

Los piretroides, ejercen su mecanismo de acción a través de los canales de sodio. Mantienen abiertos los canales de sodio, causando hiperexcitación y, en algunos casos, bloqueo nervioso. Los canales de sodio están implicados en la transmisión de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos (Nauen *et al.*, 2012).

5.2.5. Neonicotinoides

Los neonicotinoides junto con los organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides conforman los cinco principales grupos de insecticidas a nivel mundial. Son semejantes a la nicotina en su mecanismo de acción, pero parcialmente en su estructura. Son sistémicos, de amplio espectro y neuroactivos. Se trata de compuestos derivados de un heterociclo, la 2-dibromonitrometil-3-metilpiridina (Tomizawa y Casida, 2003). Fueron introducidos al mercado en 1991 (Rodríguez *et al.*, 2010). Su mecanismo de acción lo realizan como agonistas sobre los receptores nicotínicos de acetil colinesterasa (Karlin, 2002). Pertenecen al grupo de neonicotinoides: acetamiprid, clotianidina, fipronil, imidacloprid, spinosad, tiametoxam y tiacloprid.

5.2.6. Organoazufrados

Son acaricidas que contienen un átomo de azufre como parte central de su estructura, con tres sustituyentes (R1, R2 y R3). Pueden ser cíclicos o heterocíclicos. Los representan: clorfensulfida, fensón, propargite, tetradifón, tetrasul, oxtioquinox y tioquinox (Lagunes y Rodríguez, 1992). De acuerdo con Lewis *et al.* (2016), la mayoría de organoazufrados se encuentran restringidos o no aprobados en la Comunidad Económica Europea o bien obsoletos y fuera del mercado, tal es el caso de clorfensulfita y tetrasul. Tetradifón presenta una alta posibilidad de lixiviación y es tóxico a invertebrados marinos. Propargite presenta un alto potencial de bioconcentración en mamíferos y peces, es moderadamente persistente en suelo y agua, además de causar defectos de reproducción y desarrollo en el humano. Sin embargo, se encuentra clasificado por la EPA como de riesgo menor.

5.2.7. Dinitrofenoles

Constan de un anillo aromático con dos sustituyente NO₂ como estructura principal. Pueden tener otros sustituyentes como cadenas alifáticas o cíclicas y aun no se conoce su mecanismo de acción. Ejemplos: 4,3-dinitrocresol (DNOC), binapacril, dinobutón, dinocap y dinosep (Lagunes y Rodríguez, 1992). EPA clasifica al DNOC como extremadamente tóxico y se encuentra prohibido por la CEE por ser contaminante marino y tóxico para animales marinos y terrestres. Otros productos de este grupo que han mostrado elevada toxicidad en mamíferos marinos y terrestres, peces, abejas y aves y por lo mismo se encuentran prohibidos en los países

pertenecientes por la CEE y los EUA son: binapacril, dinobutón y dinosep. Dinocap sólo está prohibido en la CEE (Lewis *et al.*, 2016).

5.2.8. Fumigantes

Este grupo concentra aquellos insecticidas cuya forma de acción la realizan en estado gaseoso. Forman este grupo los halogenuros de alquilo, pero hay de estructuras variadas. Ejemplos: bromuro de metilo, cloroformo, diclorometano, fosforo de aluminio y óxido de etileno (Lagunes y Rodríguez, 1992).

5.3. Herbicidas

Este grupo es tan amplio como el de insecticidas y su uso en el combate de malezas en la agricultura se encuentra ampliamente difundido (Ware, 1983). Los herbicidas pueden aplicarse en la pre-siembra, en la pre-emergencia o en la post-emergencia (Ortíz *et al.*, 2004).

Se estima que alrededor de 60 % de los plaguicidas utilizados a nivel mundial son herbicidas. El modo o mecanismo de acción de los herbicidas es la secuencia de eventos que ocurren desde su absorción hasta la muerte de la planta. Los herbicidas con el mismo mecanismo de acción tienen el mismo comportamiento de absorción y transporte y producen síntomas similares en las plantas tratadas (Gunsolus y Curran, 2007). Sus mecanismos de acción son principalmente de tipo fisiológico y bioquímico. De acuerdo con el *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC), en concordancia con la *Weed Science Society of America* (WSSA) se han documentado aproximadamente 20 sitios de acción en los órganos blanco. Sin embargo, los que tienen importancia agronómica se pueden agrupar en tan sólo seis sitios (Jablonkai, 2011). En el Cuadro 2 se presentan los grupos de clasificación de herbicidas y su mecanismo de acción de acuerdo con Jablonkai (2011); HRAC-WSSA (2016).

Cuadro 2. Clasificación de herbicidas por su mecanismo de acción.

| Familia Química | Mecanismo de Acción |
|--|---|
| Grupo I. Herbicidas que inhiben la fotosíntesis | |
| Bipiridilos | Inhibidores de la fotosíntesis en el fotosistema I |
| Amidas, benzotiodiazinonas, nitrilos, fenilcarbamatos, fenilpiridazinas, | Inhibidores de la fotosíntesis en el fotosistema II |

| Familia Química | Mecanismo de Acción |
|--|---|
| piridazinona, mazapic, triazinas, triazinonas, triazinolinonas, ureas y uracilos | |
| Nitrilos | Desacoplantes de la fosforilación oxidativa |
| Grupo II. Inhibidores de la síntesis de pigmentos | |
| Difenil éteres, fenilpirazoles, n-fenil ftalimidias, oxadiazoles, oxazolidindionas, pirimidindiona, tiadiazoles, triazolinonas | Inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) |
| Piridazinonas, piridincarboxamida | Inhibición de la síntesis de carotenoides en la fitoeno desaturasa |
| Isoxasolas, pirazoles, tricetonas | Inhibición de la síntesis de carotenoides en la 4-hidroxifenil, piruvato dioxigenasa (4-HPPD) |
| Isoxazolidinonas | Bloqueo de la ruta del vía del metileritrol fosfato (DOXP) |
| Algunos triazoles, derivados de la urea y difeniléteres | Inhibición de la síntesis de carotenoides en un paso desconocido |
| Grupo III. Inhibidores de la síntesis de lípidos | |
| Benzofurán, ácido cloro carbónico, fosforoditioatos, tiolcarbamatos | Los herbicidas ariloxifenoxipropiónicos y las oximas inhiben la enzima inicial en la biosíntesis de los ácidos grasos, la acetil Coenzima A carboxilasa, mientras que los tiolcarbamatos bloquean la formación de ácidos grasos de cadenas muy largas, posteriormente en esta ruta. |
| Grupo IV. Inhibidores de la división celular | |
| Carbamatos | Inhibición de la DPH sintetasa, mitosis y organización de microtúbulos |
| Benzamidas, derivados de ácido benzoico, dinitroanilinas, fosforoamidato, piridinas | Inhibición del ensamblaje de microtúbulos |
| Acetamidas, cloroacetamidas, oxiazolamidas y tetrazolinonas | Inhibición ácidos grasos de cadena muy larga en la división celular |
| Ácido quinolincarboxílico, benzamidas | Inhibidores de la síntesis de la pared celular |

| Familia Química | Mecanismo de Acción |
|--|---|
| y nitrilos | por inhibición de la síntesis de celulosa |
| Grupo V. Herbicidas que imitan el ácido indol acético (AIA) o herbicidas auxínicos | |
| Derivados del ácidos bezóico, arilcarboxílicos, ariloxialcanóicos, fenoxicarboxílicos, quinolinocarboxílicos y piridincarboxílicos | Causan efectos fisiológicos similares a los producidos por altas dosis de AIA. Ocasionan el bloqueo de los tejidos del floema y el xilema (Grossmann, 2000) |
| Grupo VI. Inhibidores de la síntesis de aminoácidos y proteínas | |
| Imidazolininas y sulfonilureas | Bloquean la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada |
| Organofosforados de glicina | Bloqueo de la síntesis de aminoácidos aromáticos por inhibición de la 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSP sintasa) |
| Organofosforados del ácido fosfónico | Inhibición de la glutamina sintetasa |
| Grupo VII. Otros mecanismo de acción y mecanismos desconocidos | |
| Dinitrofenoles | Disruptor de membrana |
| Ácidos arilaminopropiónicos, organoarsenicales y pirazolium | Los organoarsenicales ocasionan síntomas parecidos a los causados por bupiridilos |

Fuente: Jablonkai (2011) y HRA-WSSA (2016).

5.3.1. Bupiridilos

Contienen dos anillos de piridina en su molécula, los representantes de este grupo son el paraquat y diquat. Paraquat es un herbicida de uso general, no aprobado para su empleo en la CEE pero sí se utiliza ampliamente en otros países como Australia, Japón, México, Brasil y China (Lewis *et al.*, 2016). En México, paraquat se encuentra permitido para uso agrícola e industrial bajo la clasificación toxicológica II (CICOPLAFEST, 2004). Diquat es un herbicida no selectivo, de contacto, que actúa como desecante, tampoco se encuentra aprobado para su uso en la CEE pero sí en EUA, Australia y México entre otros (Lewis *et al.*, 2016). En México se encuentra aprobado para uso agrícola y urbano bajo la categoría toxicológica III (CICOPLAFEST, 2004).

5.3.2. Ácidos arilcarboxílicos y ariloxoalcanóicos

Son compuestos aromáticos sustituidos con una a tres moléculas de cloro en el anillo bencénico y con una molécula de sodio o un alquil éster como sustituyentes de la parte alifática de la molécula. Las sales se formulan como soluciones acuosas, mientras que los ésteres se aplican como emulsiones y se utilizan en el control de maleza de hoja ancha. Algunos de los compuestos pertenecientes a este grupo son ác. 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), ác. 2,4-diclorofenoxipropiónico (2,4-DP), ác. 2,4-diclorofenoxibutírico (2,4-DB), ác. 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), ác. 3,6-dicloro-o-anísico (dicamba) y 2-metil-4-clorofenol (MCPA). El 2,4-D es un herbicida sistémico, selectivo que se utiliza para el control de maleza de hoja ancha, se encuentra aprobado para su uso agrícola a nivel mundial; dicamba y MCPA se encuentran en el mismo estatus de uso que 2,4-D; dicamba es sistémico y se utiliza contra especies de hoja ancha y arbustivas, en cultivos perennes y anuales y MCPA también es sistémico y de amplio espectro (Lewis *et al.*, 2016).

5.3.3. Piridinas

Son derivados sustituidos de la piridina cuya fórmula condensada es C_5H_5N , son sistémicos, selectivos y su modo de acción es por translocación, se utilizan en el control de maleza de hoja ancha (George *et al.*, 2008). Picloram se encuentra prohibido en algunos países de la CEE como Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, Irlanda, Países Bajos y Portugal. Otros integrantes de este grupo son clopirida y triclopir (Lewis *et al.*, 2016).

5.3.4. Triazinas y triazinonas

Estructuralmente se trata de heterociclos formados por tres átomos de nitrógeno y tres de carbono, los cuales a su vez se encuentran sustituidos ya sea por radicales amino o tiol, y de acuerdo con estos sustituyentes se clasifican en: halogenados como simazina y triazina (anilazina); metoxilados como prometón y atracón, y tiometilados como simetrina, ametrina y terbutrina (Viveros, 2005). Las triazinonas se caracterizan por tener grupos carbonilos en la estructura principal. Atrazina es un herbicida de pre y post emergencia, no aprobado para su uso en EUA ni en los países de la CEE, pero aprobado en México para su uso industrial y agrícola en la categoría toxicológica IV. Es un herbicida que se encuentra en revisión y actualización con

respecto al límite máximo de residuos para la combinación plaguicida/cultivo (CICOPLAFEST, 2004).

5.3.5. Imidazolinonas

Estructuralmente son derivados del imidazol, el cual es un intermediario de la biosíntesis de la histidina, todos tienen un segundo anillo como sustituyente y dependiendo de cuál sea, es su subclasificación; se encuentran los que tienen un grupo quinolina como el imazaquin, un benceno como el imazametabenz o bien un anillo de piridina como imazapic e imazapyr los cuales no se encuentran aprobados por la CEE por su alta persistencia, su potencial de lixiviación y bioacumulación, toxicidad a crustáceos acuáticos y algas. Si se utilizan en algunos países como EUA, Australia y México (Lewis *et al.*, 2016).

5.3.6. Organoarsenicales

Estructuralmente se trata de compuestos orgánicos derivados del arsenito de sodio (AsO_3Na_2), contienen arsénico como átomo central, con un grupo metilo y un oxo como sustituyentes. El monosodio metil arsenato o MSMA se encuentra dentro de la clasificación de herbicidas no aprobados por la CEE por su alta persistencia y su moderada toxicidad en peces, crustáceos, algas y abejas, pero se utiliza en EUA (Lewis *et al.*, 2016). En México sigue aprobado su uso agrícola e industrial (CICOPLAFEST, 2004).

5.3.7. Derivados de la urea

Son derivados de la urea ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) a la que se le sustituyen tres de sus hidrógenos por diversos radicales. Se encuentran dentro de este grupo las fenilureas y las sulfonilureas. Diurón es una fenilurea de pre-emergencia, aprobado para su uso en EUA y Australia, pero prohibido en la mayoría de los países de la CEE, con excepción de Bélgica y España (Lewis *et al.*, 2016). En México se encuentra aprobado para uso agrícola, industrial y urbano, dentro de la categoría toxicológica IV (CICOPLAFEST, 2004).

5.3.8. Organofosforados

Presentan la misma estructura química que los insecticidas organofosforados; el glifosato tiene a la glicina por sustituyente y el glufosinato al ácido butírico. Ambos herbicidas son no selectivos

y no persistentes en suelos, también son ligeramente tóxicos a humanos y ampliamente utilizado a nivel mundial (Lewis *et al.*, 2016).

5.4. Toxicología de Plaguicidas

El origen de la toxicología moderna puede ser trazado desde Orfila (1787-1853). Se define en términos generales como la ciencia de los venenos. Un veneno o un tóxico es una sustancia que es dañina a los organismos vivos debido a efectos detrimentales sobre sus tejidos, órganos o procesos biológicos. Que una sustancia actúe o sea considerada como un veneno, depende del tipo de organismo expuesto, la cantidad de sustancia y la ruta de exposición (Manahan, 2002).

Una de las ramas de la toxicología, es la toxicología ambiental que se define como el estudio de los efectos dañinos que ocasionan a los organismos las sustancias químicas en el ambiente (Carter, 2001). La ecotoxicología se ocupa de las fuentes, transporte, efectos e interacciones de las sustancias tóxicas en los ecosistemas y su influencia sobre la dinámica de poblaciones en los sistemas (Manahan, 2003). Actualmente la ecotoxicología se define como la ciencia que predice los efectos potenciales de los agentes tóxicos sobre los ecosistemas y las especies no blanco (Hoffman *et al.*, 2003).

En el estudio de los efectos tóxicos de los plaguicidas es relevante el término peligro, que describe la capacidad de los compuestos químicos de causar un efecto dañino, y el de riesgo, que denota la posibilidad de que cierta sustancia produzca un cierto efecto en una situación determinada (Manahan, 2003).

5.5. Dispersión de Plaguicidas en el ambiente y su Efecto sobre Organismos No Blanco

Los plaguicidas son potentes contaminantes que se liberan al ambiente al momento de su empleo (Horrigan *et al.*, 2002). Se estima que durante su aplicación, hasta 50 % del plaguicida se va al aire, lo que representa una fuente de contaminación atmosférica de compuestos orgánicos. Se encuentran en el aire en estados sólido, líquido y gaseoso y entran en la atmósfera a través del viento por la deriva y por evaporación. Una vez en la atmósfera, son transportados y pueden ser removidos de ella por la deposición seca y húmeda (Gil y Sinfort, 2005).

5.5.1 Micro-organismos del suelo

Varios plaguicidas se disipan rápidamente en los suelos. Se trata de un proceso de mineralización y el resultado es la conversión del plaguicida en compuestos más simples, como agua, dióxido de carbono y amoníaco. Si bien parte de este proceso es resultado de reacciones químicas, por ejemplo hidrólisis y fotólisis, el principal instrumento de mineralización es el metabolismo y catabolismo microbiológico. La microbiota del suelo utiliza los plaguicidas como fuente de carbono y otros nutrientes. Algunos productos químicos, por ejemplo el 2,4-D, se descomponen rápidamente en el suelo, mientras que otros resisten más tiempo (2,4,5-T). Diversos productos químicos son persistentes y tardan varias semanas en descomponerse, como la atrazina (Stephenson y Solomon, 2007).

Los insectos del Orden Collembola contribuyen al rompimiento de la materia orgánica del suelo y a la mineralización de los nutrientes, además participan en el control de la microflora (Begon *et al.*, 2006), lo que genera un creciente interés sobre los compuestos tóxicos que puedan afectar a estos organismos. La atrazina es un herbicida sistémico y selectivo, se absorbe a través de las raíces y el follaje, y se acumula en los meristemos apicales y hojas (Kumar y Han, 2010). Se aplica en la pre-emergencia de maleza; puede persistir en el suelo por largos periodos, encontrándose todavía en la siguiente temporada de cultivos anuales, aunque en concentraciones muy pequeñas. Estudios en campo y en laboratorio realizados en Collembola (*Entomobrya musatica*) para determinar los efectos del herbicida atrazina sobre la fauna del suelo, demostraron que la densidad de población se vio afectada conforme se aumentó la dosis de herbicida, pasando de una reducción del 50 al 75 % en comparación con el testigo. También se observó un efecto sobre la migración vertical de la especie, encontrándose una mayor población en el estrato más profundo del suelo. Los tratamientos con plaguicidas mostraron una relación negativa entre la concentración de atrazina y la densidad de la especie, lo que podría deberse al efecto sobre su fecundidad (Al-Assiuty y Khalil, 1996).

5.5.2 Sistemas acuáticos

Los plaguicidas pueden alcanzar los mantos freáticos y el agua superficial, con implicaciones graves como la disminución de la calidad del agua e intoxicación de la vida marina (Boatman *et al.*, 1999). De hecho, la aplicación de plaguicidas es uno de los factores que más influyen en la pérdida de la biodiversidad (Horrihan *et al.*, 2002).

Varios factores influyen en la toxicidad de los plaguicidas sobre los sistemas acuáticos: Toxicidad del plaguicida, expresada como la dosis letal media o DL_{50} , definida como la concentración del plaguicida que provoca la muerte de la mitad de los organismos de prueba durante un período especificado de prueba. Persistencia, que es el tiempo determinado para que la concentración ambiental de plaguicida disminuya un 50 %. Productos degradados, son aquellos que se van formando durante el proceso de degradación del plaguicida y que pueden tener una toxicidad mayor o menor. Destino ambiental, es el comportamiento de un plaguicida que depende de la afinidad natural del producto químico con respecto de uno de los cuatro compartimentos ambientales: materia sólida (materia mineral y carbono orgánico en partículas), líquido (solubilidad en aguas superficiales y aguas del suelo), forma gaseosa (volatilización) y biota, y las impurezas, propias del plaguicida que no forman parte de la formulación (Ongley, 1997).

Los distintos plaguicidas tienen diferentes tipos de repercusión en los organismos vivos, y aunque tienen efectos en la superficie terrestre, el principal medio donde se expresan los daños ecológicos es el agua contaminada por la escorrentía de los plaguicidas. Los dos mecanismos más importantes son la bioconcentración y la bioampliación o biomagnificación. El primer concepto habla del movimiento de un producto químico desde el medio circundante hasta el interior de un organismo; el segundo designa la concentración creciente de un producto químico a medida que la energía alimentaria se transforma dentro de la cadena trófica. Los efectos observados en diversos organismos por interacción tanto de la bioconcentración, como de la biomagnificación pueden ser: muerte del organismo, cánceres, tumores y lesiones en peces y animales, inhibición o fracaso reproductivo, supresión del sistema inmunitario, perturbación del sistema endócrino (hormonal), daños celulares y en el ADN, efectos teratogénicos (deformidades físicas, como las que se observan en el pico de algunas aves), problemas de salud en los peces revelados por el bajo coeficiente entre células rojas y blancas, exceso de mucílago en escamas y agallas de peces, efectos intergeneracionales (que sólo se observarán en las generaciones futuras del organismo) y otros efectos fisiológicos, como disminución del grosor de la cáscara de los huevos (Ongley, 1997).

Uno de los plaguicidas más ampliamente estudiado y del cual se tiene documentada su toxicidad en sistemas acuáticos es el endosulfán. El inicio de uso del insecticida endosulfán se remonta a los años 1950. Se sabe que es sumamente tóxico para los seres humanos y la mayoría de los

taxones de animales, que muestran tanto efectos agudos como crónicos a niveles de exposición relativamente bajos. El endosulfán alfa- y beta- y el sulfato de endosulfán son sumamente tóxicos para los invertebrados acuáticos y los peces. En varias especies, las concentraciones letales agudas medias (CL₅₀) fueron inferiores a 1 µg/L y el período de semi desintegración atmosférica DT₅₀ del endosulfán, va de 28 a 391 días (UNEP, 2009.). Datos experimentales han confirmado el potencial de bioconcentración del endosulfán en organismos acuáticos. Actualmente este insecticida se encuentra prohibido en más de 60 países (Santivañez *et al.*, 2009).

Se ha estudiado la toxicidad dietaria del endosulfán en peces; en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) se observaron efectos histopatológicos después de 35 días de exposición a una dieta que contenía 4 µg/kg de endosulfán; el factor patológico se reduce significativamente en peces expuestos a 500 µg/kg durante 49 días (Petri *et al.*, 2006; Glover *et al.*, 2007). En ostras (*Crassostrea gigas*) expuestas a endosulfán se han observado efectos genotóxicos y embriotóxicos (Wessel *et al.*, 2007).

Los crustáceos y otros artrópodos utilizan el sistema ecdisteroide como las principales moléculas de señalización endócrina, mediante las cuales regulan procesos como la muda y el desarrollo embrionario. Se ha demostrado que el sulfato de endosulfán es un compuesto antiectodisteroide para la *Daphnia magna*, en la que retrasa el proceso de muda (Palma *et al.*, 2009). También se ha observado neurotoxicidad en renacuajos de sapo común (*Bufo bufo*) (Brunelli *et al.*, 2009), y anomalías del desarrollo en embriones de sapo vientre de fuego *Bombina orientalis* (Kang *et al.*, 2008). La exposición del huevo en un período crítico para la organogénesis gonadal provocó efectos post-eclosión en el cocodrilo yacaré overo *Caiman latirostris* (Stoker *et al.*, 2008). Se ha observado inmunotoxicidad en la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Girón-Pérez *et al.*, 2008; Tellez-Bañuelos *et al.*, 2009). También se han observado efectos tóxicos en especies no animales, como las cianobacterias (Kumar *et al.*, 2008) y los macrófitos acuáticos (Menone *et al.*, 2008). Por su parte, el carbofurán es extremadamente tóxico para camarones, cangrejos y peces (Albert y Loera, 2005).

Los piretroides sintéticos, específicamente la cipermetrina, han ganado mucha popularidad en años recientes debido a su baja toxicidad en mamíferos. Sin embargo, es uno de los contaminantes más comunes en sistemas acuáticos, pudiendo ser el responsable del estrés oxidativo en peces mediante la producción de un desbalance entre las especies de oxígeno

reactivo endógeno y exógeno (Carriquirborde *et al.*, 2007). La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y la carpa común *Cyprinus carpio* (Jin *et al.*, 2011) son algunas de las especies afectadas por este tipo de estrés. En ambientes estuarinos la cipermetrina tiene una vida media menor a 2.5 días y en estanques de agua es menor a un día, aunque puede permanecer unida a partículas de suelo arcilloso.

La permetrina tiene un factor de bioconcentración de 43 a 570 en pez pipón (*Cyprinodon variegatus*), de 480 a 1000 en caracol (*Helisoma trivolvis*), de 1700 a 3300 en carpita cabeza (*Pimephales promelas*) y de 2300 veces en ostión americano (*Crassostrea virginica*), aunque estos residuos son eliminados en una semana si se suspende la exposición (Smith y Stratton, 1986). Los piretroides no se biomagnifican a lo largo de la cadena trófica, debido a que se hidrolizan y se eliminan rápidamente de los tejidos vivos. Sin embargo, puede haber una acumulación de residuos en un organismo durante la exposición aguda o crónica (Albert y Loera, 2005).

En el grupo de los herbicidas, el 2,4-D inhibe el crecimiento y la fijación del nitrógeno en la supervivencia de peces jóvenes y en el desarrollo de las larvas, el incremento en la incidencia de edema y la muerte en la primera semana de desarrollo (Viveros, 2005) y mutagénesis en *Oreochromis niloticus* o tilapia del nilo (Ventura *et al.*, 2008). El diurón inhibe el crecimiento de algunas algas acuáticas; en los peces causa distrofia y necrosis algunas algas azul-verdes, que son la fuente de nitrógeno más importante en los suelos tropicales húmedos. Este problema es menor con el uso de formulaciones a base de aminas. Los ésteres derivados del 2,4-D son tóxicos para los peces, en particular para las formas juveniles. La atrazina, por su parte, produce mutaciones en embriones de pez cabra (*Brachydanio rerio*) con alteraciones morfológicas externas de tronco y cola, la reducción en la supervivencia de peces jóvenes y en el desarrollo de las larvas, el incremento en la incidencia de edema y la muerte en la primera semana de desarrollo. El diurón inhibe el crecimiento de algunas algas acuáticas; en los peces causa distrofia y necrosis del epitelio branquial, necrosis del hígado, cambios distróficos de órganos parenquimatosos y células cerebrales (Viveros, 2005).

Es notable que la mayor concentración de plaguicidas en aguas superficiales ocurre cuando la aplicación es seguida de intensas lluvias en zonas agrícolas, esto provoca que los sistemas acuáticos se vean afectados por una serie de mezclas de agroquímicos tóxicos debido a los

escurrimientos de agua, lo que se ha relacionado con mutagénesis en especies acuáticas (Polard *et al.*, 2011).

El riego interviene en el transporte y depósito de los contaminantes del suelo, ya sea en aguas superficiales o subterráneas, por lixiviación o escorrentía. Aunque los plaguicidas ejercen sus efectos en la superficie terrestre, el agua contaminada por la escorrentía es la forma principal de ocasionar daños ecológicos (Ongley, 1997).

La persistencia en el ambiente de los plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados se mide en años. Como resultado de esta persistencia y su alta capacidad de acumulación en organismos vivos, el uso de la mayoría de organoclorados ha sido prohibida o restringida en la mayoría de países desarrollados (Stefanelli *et al.*, 2004). En Italia el uso agrícola del DDT fue prohibido desde 1978 y en EUA desde 1972 (ATSDR, 2002).

Stefanelli *et al.* (2004), determinaron la presencia de organoclorados en 12 especies marinas del Mar Adriático en las costas de Italia durante 1997. Encontraron DDE, DDT, BHC, HCH y dieldrín en todas las especies muestreadas, con una distribución geográfica homogénea entre la costa norte, central y sur de Italia. Aunque los autores concluyeron que la población no se enfrentaba a un riesgo relevante por el consumo de las siguientes especies: caballa (*Scomber scombrus*), anchoa o boquerón (*Engraulis encrasicolus*), salmonete (*Mullus barbatus*), bacalao (*Merluccius*), lenguado (*Solea vulgaris*), anguila (*Lophius piscatorius*), sepia (*Sepia officinalis*), calamar (*Loligo vulgaris*), gambas (*Nephros norvegicus*), galera (*Squilla mantis*), chirla (*Chamelea gallina*) y mejillones (*Mytilus*).

5.5.3 Fauna silvestre

Debido a su capacidad de inhibir la acetilcolinesterasa, la mayoría de los insecticidas carbámicos, entre ellos el metiocarb y el carbofurán, pueden afectar de manera aguda a los animales silvestres, en particular, a las aves; incluso el primero se emplea como repelente de estos organismos (Albert y Loera, 2005). Se ha reportado que el descenso gradual de la población de perdices suecas está vinculado a los cambios en el aprovechamiento de la tierra y a la utilización de agroquímicos en la lucha contra las malezas (Ongley, 1997).

Por su parte, las abejas pueden sufrir serios efectos adversos por la presencia de estos tóxicos en el ambiente. En años recientes se ha encontrado una disminución de hasta 30 % de la población de abejas melíferas, tanto en EUA como en Alemania, Francia, India y otros países. A nivel

experimental, la exposición a clorpirifos en *Apis mellifera* causa peroxidación de lípidos, lo que desencadena estrés y daño oxidativo en su sistema nervioso (Rehman y Waliullah, 2012). Las especies de aves que comen semillas también resultan especialmente susceptibles (Bunyan y Stanley, 1983).

Por otro lado, en todos los agroecosistemas, existen depredadores naturales de plagas que ayudan a controlar la población de insectos dañinos a los cultivos. Parasitoides y depredadores benéficos son afectados por el uso de plaguicidas, ya que al utilizarse en cantidades que pueden ser letales o subletales para los enemigos naturales de ciertas plagas, rompen con el control biológico natural presente en los agroecosistemas (Pimentel *et al.*, 1992). Más aun, el control de la propia plaga por el plaguicida utilizado implica ya un desbalance de la cadena trófica de los agroecosistemas.

Los tratamientos con piretroides cerca de corrientes de agua pueden causar un derribo rápido de muchos organismos acuáticos aéreos. Como resultado, los insectos voladores, especialmente los coleópteros, pueden reducir sus poblaciones durante varias semanas (Albert y Loera, 2005).

5.6. Exposición Humana a Plaguicidas

Todos los elementos del ambiente (agua, aire, suelo) y los alimentos, constituyen las vías de exposición a las sustancias químicas o tóxicos ambientales resultantes de la actividad del hombre o de cualquier organismo vivo. Una vez que los toxicógenos se liberan al ambiente y se ponen en contacto con los seres vivos, tienen que atravesar diversas barreras para producir efectos dañinos en su sitio de acción. De inicio, la exposición tiene que ser por una de las siguientes vías: ingestión, inhalación y exposición dérmica. La inhalación, por ejemplo, es la vía de exposición laboral por excelencia (Carter, 2001).

Los individuos se exponen a plaguicidas en forma directa o indirecta (Alavanja *et al.*, 2004). La exposición ocupacional representa la ruta directa y puede ocurrir en el caso de trabajadores agrícolas, ya sea a campo abierto o en invernaderos, trabajadores de la industria de fabricación de plaguicidas y en exterminadores caseros de plagas. La ruta indirecta ocurre en el resto de la población que no maneja plaguicidas directamente, pero que entran en contacto con ellos a través de los alimentos, el agua y el aire (Damalas y Eleftherohorinos, 2011). La exposición a plaguicidas se ha relacionado con diversos efectos a la salud a corto, mediano y largo plazo (Repetto, 1997).

Expuesto el organismo, el toxicógeno se absorbe hasta llegar a torrente sanguíneo donde se distribuye a su sitio de acción, se transfiere a un depósito de almacenamiento o se transporta a otros órganos para su detoxificación o bioactivación, antes de ser finalmente eliminado (Carter, 2001).

Al dirigirse a su sitio de acción, el compuesto puede unirse a proteínas plasmáticas, transportarse en forma activa a células seleccionadas, ser restringido por algunas membranas o tornarse lo suficientemente liposoluble para acumularse en la grasa. Los lugares diferentes al sitio activo en el que se acumulan, reciben el nombre de depósitos de almacenamiento, e incluyen a las proteínas plasmáticas, hígado, riñones, grasas neutrales y hueso. Aunque la sustancia química pueda parecer benigna cuando se almacena, siempre se encuentra en equilibrio con la fracción libre del compuesto en la sangre, lo que le permite una vida media más larga en el organismo. También se libera durante la movilización de la grasa (por ejemplo, en épocas de ayuno o inanición). Además de la dosis, es esencial la especie del organismo expuesto, su peso corporal y el tiempo de exposición a determinadas sustancias, lo que define la presencia de un determinado efecto. Una exposición reiterada tiene una mayor probabilidad de suscitar una respuesta tóxica. Por consiguiente, pequeñas cantidades de toxicógenos en el aire, agua o alimentos pueden incrementar la posibilidad de desarrollar efectos adversos (Carter, 2001).

Se entiende por residuo de plaguicida, aquellas sustancias concretas que se encuentran en los alimentos, los productos agrícolas o los piensos como resultados del uso del plaguicida. El término incluye tanto los derivados del plaguicida, como los productos de conversión, los metabolitos, los productos de reacción y las impurezas que se consideran de importancia toxicológica (Olea y Fernández, 2001; FAO, 2006).

Generalmente los plaguicidas se asperjan en forma aérea y terrestre, lo que expone a los trabajadores del campo a la acción de estas sustancias. Se documentan aproximadamente un millón de casos de envenenamiento por plaguicidas cada año alrededor del mundo (García, 1998). Los efectos de los plaguicidas en las poblaciones expuestas dependen del tipo de molécula, la dosis de exposición, tipo de absorción en el organismo y el tiempo de exposición, así como de la susceptibilidad de los individuos. A demás de diversos síntomas agudos dentro de los que destacan: irritación de mucosas y piel, disnea, visión borrosa, dolor de cabeza, mareos, temblor y/o convulsiones, vómitos, diarrea, cansancio y pérdida del conocimiento, entre otros (Butinof *et al.*, 2015), se han relacionado efectos a largo plazo tales como malformaciones

congénitas, neuropatías periféricas y dolores vagos asociados a exposiciones repetidas. Los síntomas que aparecen después de un largo período de exposición dificultan su detección, ya que la biotransformación de los plaguicidas es lenta, lo que provoca efectos acumulados en las personas expuestas (Potti *et al.*, 2003).

Diversos estudios se han enfocado en evaluar y/o relacionar el uso de plaguicidas sobre la presencia de alteraciones a largo plazo en trabajadores rurales. El endosulfán aumentan la irritabilidad del miocardio, lo que predispone a arritmias cardiacas (Joy, 1985). El paratión metílico por su parte, se ha asociado con cáncer de mama (McCauley *et al.*, 2006), y depresión, déficit neurológico (Ruckart *et al.*, 2004), así como problemas motores y de comportamiento en hijos de padres expuestos (Nunes y Tajara, 1998). El carbofurán ha sido relacionado con la presencia de linfoma non-Hodgkin por exposición agrícola (Bassil *et al.*, 2007).

Los herbicidas zeta-cipermetrina y lambda-cialotrina pueden aumentar el riesgo de diabetes mellitus gestacional y trastornos hipertensivos del embarazo (Saldana *et al.*, 2007; Saldana *et al.*, 2009), y alteración de la función endócrina (Durkin, 2010). 2,4-D se ha asociado con algunos tipos de cáncer en trabajadores agrícolas y con efectos tóxicos sobre corazón, hígado, riñón y algunos desórdenes del sistema nervioso central. Paraquat se ha relacionado con mutagénesis, neurotoxicidad y con la enfermedad de Parkinson (Szmedra, 2002).

Otros efectos a largo plazo debidos a la exposición a plaguicidas incluyen: hipospadias (Meyer *et al.*, 2006), inmunosupresión inducida (Rodríguez *et al.*, 2005), estrés oxidativo (Jaime *et al.*, 2008), efectos dermatológicos, neurotoxicidad, efectos sobre el embarazo, defectos del nacimiento y genotoxicidad (Sanborn *et al.*, 2007).

5.7. Origen del Cultivo de Caña de Azúcar en México

La caña de azúcar es una planta tropical que pertenece taxonómicamente a la familia Poaceae y a la tribu Andropogoneae. Es un híbrido muy complejo de dos o más de las cinco especies del género *Saccharum*: *S. barben*, *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. sinense* y *S. spontaneum*. Muchas de estas especies sufrieron cruzamientos naturales, originando un género muy diverso. La caña de azúcar se extendió de forma muy lenta y llegó al sur de España en el año 773 d.C. y a Sicilia en 950 d.C. La ruta hacia el oeste continuó y llegó a Madeira en 1420 y posteriormente a las Islas Canarias, desde donde Cristóbal Colón la llevó al nuevo mundo en 1493. El cultivo llegó primero a Santo Domingo y posteriormente a varios países como Brasil, Perú y a las islas de las

Indias Occidentales o Antillas (Subirós, 1995). En México, los primeros clones de caña de azúcar fueron traídos desde Cuba en 1519 por Hernán Cortés, quien la estableció en San Andrés Tuxtla, Veracruz (Salgado *et al.*, 20013). También se desarrolló en los alrededores de Atlixco e Izúcar, Puebla, así como en los valles de Cuernavaca y de Cuautla, Morelos, donde dio inicio la industrialización de la caña para producir azúcar en el ingenios como el de Tlaltenango, Morelos, entre los años 1550 y 1600 (Hernández-Ayón y Hernández-Ayón, 2013).

5.8. Importancia Económica Global y Nacional

La caña de azúcar es un cultivo comercial importante que aporta el 65% de la producción mundial de azúcar (Carson y Botha, 2002). Para 2014, Brasil encabezó la producción con 7.37×10^8 t, India ocupó el segundo lugar con 3.52×10^8 t y México el sexto con 5.6×10^7 t. En ese mismo año, Brasil fue el país que cosechó una mayor superficie con 10.4×10^6 ha, seguido por la India con 5.0×10^6 ha. México cosechó 7.6×10^5 ha, ocupando nuevamente el sexto lugar a nivel mundial (FAO, 2015). Brasil, la India y México tienen rendimientos promedio de 70.6, 70.2 y 73.5 t ha^{-1} respectivamente.

En México, el azúcar es la principal agroindustria por el monto de superficie sembrada y la cantidad de caña industrializada. En el país hay 51 ingenios activos que generan aproximadamente dos millones de empleos directos (Sentíes-Herrera *et al.*, 2014). La producción procesada en los ingenios mexicanos ha variado de 42.1×10^6 t en el año 2000 a 53.59×10^6 t de caña de azúcar en el 2015 (CONADESUCA/SAGARPA, 2015). La actividad cañera se realiza en 15 estados del país. En el Cuadro 3 se describe la producción para el ciclo 2013/2014 y el rendimiento de los estados productores.

Cuadro 3. Número de ingenios activos por estado en México y superficie cultivada de caña de azúcar en el ciclo 20013/14 (UNC, 2015)

| Estado | Número de ingenios | Producción (t) | Rendimiento promedio (t ha^{-1}) |
|-----------------|--------------------|----------------|---|
| Veracruz | 18 (29.5%) | 20,487,140 | 63.56 |
| Jalisco | 6 (9.8%) | 7,165,109 | 96.48 |
| San Luis Potosí | 4 (6.5%) | 4,903,979 | 54.78 |
| Oaxaca | 3 (4.9%) | 2,914,651 | 55.77 |
| Chiapas | 2 (3.27%) | 2,788,801 | 90.04 |
| Nayarit | 2 (3.27%) | 2,274,080 | 75.36 |
| Tabasco | 3 (4.9%) | 2,230,078 | 54.61 |
| Puebla | 2 (3.27%) | 2,054,388 | 123.26 |

| | | | |
|--------------|-----------|------------|--------|
| Tamaulipas | 2 (3.27%) | 1,986,202 | 63.81 |
| Morelos | 2 (3.27%) | 1,807,334 | 109.76 |
| Quintana Roo | 1 (1.63%) | 1,498,926 | 57.32 |
| Michoacán | 3 (4.9%) | 1,486,752 | 93.24 |
| Colima | 1 (1.63%) | 1,399,505 | 75.58 |
| Sinaloa | 1 (1.63%) | 669,528 | 54.36 |
| Campeche | 1 (1.63%) | 662,566 | 58.48 |
| TOTAL | 51 (100%) | 54,329,039 | 75.09 |

Durante la zafra 2014/2015, la producción de azúcar a nivel nacional fue de 5.9×10^6 t. El azúcar producido por hectárea fue de 7.53 kg (CONADESUCA/SAGARPA, 2015).

Veracruz es el principal estado productor de caña de azúcar. La agroindustria azucarera veracruzana se compone de 18 ingenios que representan 29 % de la planta azucarera nacional, los cuales se abastecen de una superficie cosechada aproximada de 322 mil ha de caña de azúcar, dan ocupación directa e indirecta a 161 mil productores y 22 mil obreros en fábrica, lo que hace un total de 183 mil empleos (Secretaría de Economía, 2012). Una población aproximada de 300 mil personas dependen de esta actividad económica (Senties-Herrera *et al.*, 2014). El valor de la producción de caña de azúcar en la zafra 2013/2014 para el estado se estimó en 8.5 mil millones de pesos, siendo Pánuco el principal municipio productor, seguido por Cosamaloapan y Tres Valles (OEIDRUS, 2014).

De acuerdo con la Secretaría de Economía (2012), en México la tenencia de la tierra se da en tres estratos para el cultivo de caña de azúcar, propiedad ejidal (de menos de 1 hasta 5 ha), pequeña propiedad privada (de 5.1 hasta 10 ha) y también hay productores que tienen superficies de más de 10 ha.

5.9. Plagas de la Caña de Azúcar

Las plagas de mayor importancia en México son: barrenadores del tallo (*Diatraea saccharalis* F., *Diatraea magnifactella* Dyar y *Eoreuma loftini* Dyar), salivazo o mosca pinta (*Aeneolamia* spp. y *Prospapia* spp.), la gallina ciega (*Phillophaga* spp.), picudo de la caña (*Anacentrinus* spp., *Cholus* spp., *Calendra* spp., *Metamasium* spp. y *Limnobaris* spp.), pulgón amarillo (*Sipha flava* Forbes), la chinche de encaje (*Leptodictya tavidia* Herrich-Schaeffer) y la rata de campo (*Sigmodon hispidus* Say y Ord, *Oryzomys couesi* Alston) (Aguilar-Rivera *et al.*, 2012; Rodríguez del Bosque *et al.*, 2014; Senties-Herrera *et al.*, 2014). De las malezas que interfieren con el

desarrollo de caña de azúcar, las familias Poaceae y Cyperaceae (orden Poales), son las de mayor relevancia (CONABIO, 2012).

5.10. Uso de plaguicidas en el cultivo

Se calcula que las ventas anuales de plaguicidas son de alrededor de 35 mil millones de dólares a nivel mundial. Para el año 2000, el uso de plaguicidas fue de 3.1 kg ha⁻¹; en los países en desarrollo el promedio fue de 3.6 kg ha⁻¹ (FAO, 2012).

La caña de azúcar es uno de los cultivos de mayor producción mundial y por tanto uno de los que más utiliza plaguicidas (FAO, 2013). En la producción cañera hay un alto empleo de agroquímicos. En el corto plazo incrementan los rendimientos y disminuyen la carga de trabajo. Pero en el mediano y largo plazo crean dependencia, las especies crean resistencia y el combate de ellas requiere productos cada vez más fuertes y peligrosos. Algunas fuentes señalan que las plagas provocan daños hasta del 84 % (Sentíes-Herrera *et al.*, 2014). Las malezas, roedores, el salivazo y los barrenadores del tallo son catalogados como las principales plagas que ataca a la caña de azúcar (Armida-Alcudia *et al.*, 2011; Sentíes-Herrera *et al.*, 2014). Los roedores son combatidos con difosinona, fosfuro de zinc, carbofurán y la tuza con bromadiolona en zanahoria. Además, se registran casos de empleo de productos prohibidos, como el rodenticida 1080 o monofluoroacetato de sodio. La mosca pinta se combate con el uso del micoinsecticida *Metarhizium anisopliae*, aunado a la limpieza de canales y con el empleo de insecticidas como carbofurán, endosulfán y cipermetrina. El gusano barrenador se combate también con carbofurán y endosulfán. El control de malezas con glifosato y 2,4-D es de uso generalizado (COLPOS, 2003).

6. Literatura Citada

Aguilar-Rivera, N., D. Rodríguez, V. Enríquez, A. Castillo and A. Herrera. 2012. The mexican sugarcane industry: Overview, constraints, current status and long-term trends. Sugar Tech 14: 207-222.

Al-Assiuty, A. and M. Khalil. 1996. Effects of the herbicide atrazine on *Entomobrya musatica* (Collembola) in field and laboratory experiments. Applied Soil Ecology 4: 139-146.

- Alavanja, M. C., J. A. Hoppin and F. Kamel. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: Cancer and neurotoxicity 3. *Annu. Rev. Public Health* 25: 155-197.
- Albert, L. 1990. Los insecticidas. Aspectos generales. *In: Albert L.s (ed.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud.* Centro de Ecodesarrollo. D.F. p. 331.
- Albert, L. A. 2005. Panorama de los plaguicidas en México. *RETEL Revista de Toxicología en línea* 8: 1-17.
- Albert, L. A., F. Badillo y C. Bárcenas. 1990. Los piretroides. *In: Albert L. A.s (ed.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud.* Centro de Ecodesarrollo. D.F. p. 331.
- Albert, L. A. y J. A. Benítez. 2005. Impacto ambiental de los plaguicidas en los ecosistemas costeros. *In: Botello A. V., Rendón von Osten G. and Gold-Bouchot G.-H., Cs (eds.). Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias.* pp. 157-176.
- Albert, L. A. y R. Loera. 2005. Química y ecotoxicología de los insecticidas. *In: Botello A. V., Rendón von Osten G., Gold-Bouchot G. and Agraz-Hernández C.s (eds.). Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias.* Univ. Autónoma de Campeche-UNAM-INE. D.F. pp. 177-190.
- Alpuche, G. L. 1990a. Los carbamatos. *In: Albert L. A.s (ed.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud.* Centro de Ecodesarrollo. D.F. p. 331.
- Alpuche, G. L. 1990b. Los insecticidas organofosforados. *In: Albert L.s (ed.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud.* Centro de Ecodesarrollo. D.F. p. 331.
- Altieri, M. A. 1989. Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 27: 37-46.
- Altieri, M. A. 1999. El agroecosistema: Determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad. *In: Altieri M. A.s (ed.). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable.* CLADES. Santiago de Chile. pp. 22-31.
- AMIFAC. 2006. Reporte anual del servicio de atención toxicológica sintox. Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria. URL: <http://www.amifac.org/sintox3.html>
- Andréu-Abela, J., A. García-Nieto y Pérez-Corbacho. 2007. Evolución de la teoría fundamentada como técnica de análisis cualitativo. Centro de Investigaciones Sociológicas. Madrid. 208 pp.

- Armida-Alcudia, L., O. Ruiz-Rosado, S. Salgado-García, F. Gallardo-López and M. E. Nava-Tablada. 2011. Socioeconomic and technological factors in sugar cane (*saccharum officinarum* L.) agroecosystems production in Chontalpa, Tabasco. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13 (3): 261-269.
- Arnold, M. y F. Osorio. 1998. Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. Cinta de Moebio. Departamento de Antropología. Universidad de Chile. Santiago de Chile. pp. 1-11.
- Arriaga Alvarez, E. G. 2003. La teoría de Niklas Luhmann. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales* 32: 1405-1435.
- Atencia, J. M. 1991. Positivismo y neopositivismo. *Logos. Anales del Seminario de Metafísica.* p. 143.
- ATSDR. 2002. Toxfaqs™ sobre DDT, DDE y DDD. Departamento de Salud y Servicios Humanos. Gobierno de EUA. URL: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts35.pdf
- Aubertot, J. N., J. M. Barbier, A. Carpentier, J. J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini et M. Voltz. 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport. INRA et Cemagref. p. 64.
- Barberousse, A. P. 2013. Fundamentos teóricos del pensamiento complejo de Edgar Morin. *Revista Electrónica Educare* XII: 95-113.
- Bassil, K., C. Vakil, M. Sanborn, D. Cole, J. S. Kaur and K. Kerr. 2007. Cancer health effects of pesticides systematic review. *Canadian Family Physician* 53: 1704-1711.
- Begon, M., J. L. Harper and C. R. Townsend. 2006. *Decomposers and detritivores. Ecology: From individuals to ecosystems.* Blackwell Publishing Ltd. Victoria, Australia. p. 759.
- Bertalanffy, V. L. 1995. *Teoría General de los Sistemas.* Fondo de Cultura Económica. México.
- Boatman, N., C. Stoate, R. Gooch, C. R. Carvalho, R. Borralho, G. de Snoo and P. Eden. 1999. The environmental impact of arable crop production in the European Union: Practical options for improvement. Directorate-General XI of the European Commission.
- Boulding, K. 2007. La Teoría General de Sistemas: La estructura interna de la ciencia. N. W. Botero d.(traductor). *Manage. Sci:* 103-115.

- Bourdeau, M. 2003. Ciencia, religión y sociedad en Augusto Comte. *Empiria: Revista de Metodología de Ciencias Sociales* 6: 115-125.
- Briones, G. 2002a. Paradigmas en las ciencias sociales. *In: Briones G.s (ed.). Epistemología de las ciencias sociales.* Instituto colombiano para el fomento de la educación, ICFES. Bogotá, Colombia. p. 233.
- Briones, G. 2002b. Paradigmas y programas de investigación en las ciencias sociales. *In: Briones G.s (ed.). Epistemología las ciencias sociales.* Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES. Bogotá. p. 233.
- Brunelli, E., I. Bernabò, C. Berg, K. Lundstedt-Enkel, A. Bonacci and S. Tripepi. 2009. Environmentally relevant concentrations of endosulfan impair development, metamorphosis and behaviour in *Bufo bufo* Tadpoles. *Aquatic Toxicology* 91: 135-142.
- Bunge, M. 2002. Ser, saber, hacer. UNAM-Paidós. 160 pp.
- Bunge, M. 2003. Cápsulas. Gedisa. Barcelona. p. 128.
- Bunyan, P. and P. Stanley. 1983. The environmental cost of pesticide usage in the United Kingdom. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 9: 187-209.
- Bustillo-García, L., J. P. Martínez-Dávila and F. Gallardo-López. 2008. Sustainable rural development: That distinguished stranger (a review). *Revista Científica XVIII*: 43-50.
- Butinof, M., R. A. Fernandez, M. I. Stimolo, M. J. Lantieri, M. Blanco, A. L. Machado, G. Franchini and A. P. Díaz. 2015. Pesticide exposure and health conditions of terrestrial pesticide applicators in Córdoba Province, Argentina. *Cad Saude Publica* 31(3):633-46.
- Carrero, J. M. y S. Planes. 2008. Plagas del campo. 13 ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Carriquiriborde, P., J. Díaz, H. Mugni, C. Bonetto and A. E. Ronco. 2007. Impact of cypermethrin on stream fish populations under field-use in biotech-soybean production. *Chemosphere* 68: 613-621.
- Carson, D. and F. Botha. 2002. Genes expressed in sugarcane maturing internodal tissue. *Plant Cell Reports* 20: 1075-1081.

- Carter, D. 2001. Introducción a la toxicología ambiental. *In*: Rivero O., Rizo P., Ponciano G. and Oláiz G.s (eds.). Daños a la salud por plaguicidas. El Manual Moderno: Consejo de Salubridad General: UNAM. p. 452.
- Casanova-Pérez, L., J. P. Martínez-Dávila, S. López-Ortiz, C. Landeros-Sánchez, G. López-Romero y B. Peña-Olvera. 2015. El agroecosistema comprendido desde la Teoría de Sistemas Sociales Autopoiéticos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 855-865.
- CICOPLAFEST. 2004. Catálogo de plaguicidas. México. URL: <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>.
- Clayton, A. M. and N. J. Radcliffe. 1996. Sustainability: A systems approach. Earthscan Publications Ltd.
- COLPOS. 2003. Azúcar. Colegio de Postgraduados-COFUPRO (Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C.). p. 137.
- CONABIO. 2012. Malezas de México. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>.
- CONADESUCA/SAGARPA. 2015. Datos estatales de cierre. Zafra 2015. Sistema infocaña. <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE>.
- Conway, G. R. 1985. Agroecosystem analysis. *Agricultural Administration* 20: 31-55.
- Conway, G. R. 1990. Agriculture and the environment: Concept and issues. *In*: Huq S., Rahman A. A. and Conway G. R.s (eds.). Environmental aspects of agricultural development in bangladesh, university press, dhaka. Iniversity Press. Dakha.
- Conway, G. R. and J. A. McCracken. 1990. Rapid rural appraisal and agroecosystem analysis. *In*: Altieri M. and Hecht S.S (eds.). Agroecology and small farm development. CRC Press. Boston. pp. 221-235.
- Cuñat, R. 2007. Aplicación de la Teoría Fundamentada (*Grounded Theory*) al estudio del proceso de creación de empresas. *Decisiones Globales*: 1-3.
- Chiquito-Contreras, R. G., F. Osorio-Acosta, E. García-Pérez, J. A. Villanueva-Jiménez, R. Zulueta-Rodríguez and D. G. Castillo-Rocha. 2012. Biofertilization with rhizobacteria and a consortium of arbuscular mycorrhizal fungi in citrus rootstocks. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: S72-S81.

- Damalas, C. A. and I. G. Eleftherohorinos. 2011. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8(5): 1402-1419.
- De Fernicola, N. 1985. Toxicología de los insecticidas organoclorados. *Bol of Sanit Panam* 98: 10-19.
- Delgado, A. C. 2012. *La teoría fundamentada: Decisión entre perspectivas*. AuthorHouse UK. Bloomington. 69 p.
- Durkin, P. R. 2010. Lambda-cyhalothrin. Human health and ecological risk assessment. Final report. USDA/Forest Service. Nueva York. 175 p.
- FAO. 2005. International code of conduct on the distribution and use of pesticides: Guidelines for the registration of pesticides. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 36 p.
- FAO. 2006. Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Versión revisada ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- FAO. 2012. FAO statistical yearbook. World food and agriculture. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm>.
- FAO. 2013. Estadísticas de producción mundial de cultivos. Sistema FAOSTAT en línea. <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- FAO. 2015. Datos estadísticos de producción y cosecha de caña de azúcar a nivel mundial. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>.
- Gaete-Quezada, R. 2014. Reflexiones sobre las bases y procedimientos de la teoría fundamentada. *Ciencia, Docencia y Tecnología* XXV(48): 149-172
- Galindo, M. 2006. La teoría sistémica de niklas luhmann: Alcances y límites. *la sociedad de la sociedad*. Editorial Herder-UIA AC México DF: 23-54.

- Gallardo-López, F. 2002. Los agroecosistemas de la subprovincia llanura costera veracruzana: Una propuesta para la caracterización y el análisis tipológico de la agricultura regional. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Tepetates, Veracruz.
- García, J. E. 1998. Intoxicaciones agudas con plaguicidas: Costos humanos y económicos. *Revista Panamericana de Salud Pública* 4: 383-387.
- García, R. 2000. El conocimiento en construcción: De las formulaciones de Jean Piaget a la Teoría de Sistemas Complejos. Barcelona. Gedisa. 252 p.
- García, R. 2006. Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Barcelona: Gedisa. 200 p.
- George, D., M. Friedman, H. Allen, M. Argiriadi, C. Barberis, A. Bischoff, A. Clabbers, K. Cusack, R. Dixon and S. Fix-Stenzel. 2008. Discovery of thieno [2, 3-c] pyridines as potent cot inhibitors. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 18: 4952-4955.
- Gharajedaghi, J. 2003. Prólogo. Pensamiento sistémico: Caminar el cambio o cambiar el camino de Herrscher, E. G. Ediciones Granica SA. Buenos Aires pp. 15-23.
- Gil, Y. and C. Sinfort. 2005. Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review. *Atmospheric Environment* 39: 5183-5193.
- Girón-Pérez, M., M. Montes-López, L. García-Ramírez, C. Romero-Bañuelos and M. Robledo-Marenco. 2008. Effect of sub-lethal concentrations of endosulfan on phagocytic and hematological parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 80: 266-269.
- Glaser, B. G. 1992. Emergence vs forcing: Basics of Grounded Theory analysis. *Sociology Press*. 129 p.
- Glover, C. N., D. Petri, K.-E. Tollefsen, N. Jørum, R. D. Handy and M. H. Berntssen. 2007. Assessing the sensitivity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to dietary endosulfan exposure using tissue biochemistry and histology. *Aquatic Toxicology* 84: 346-355.
- Guach, H. C. 2011. Enfoques epistemológicos en algunos paradigmas de la sociología clásica: Breves apuntes. *Opción* 27: 81-92.
- Gunsolus, J. L. and W. S. Curran. 2007. Herbicide mode of action and injury symptoms. *Urbana* 51: 217-333.

- Harper, J. 1974. Agricultural ecosystems. *Agro-ecosystems* 1: 1-6.
- Hart, R. D. 1985. Agroecosistemas. Conceptos básicos. Monografía. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 220 p.
- Hecht, S. 1995. La evolución del pensamiento agroecológico. *In: Altieri M. A.s (ed.). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan-Comunidad. Montevideo. pp. 17-30.*
- Henao, S. y O. Nieto. 2008. Curso de autoinstrucción en diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. . División de Salud y Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud (HEP/OPS), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) y proyecto PLAGSALUD de la OPS/OMS.
- Hernández-Ayón, H. y F. J. Hernández-Ayón. 2013. La caña de azúcar en su contexto histórico. *In: Hernández-Ayón F. J., Valencia -Ovalle A. d. C., Toledo-González J. A. and Hernández-Ayón H.s (eds.). El sector cañero en Nayarit desde una perspectiva organizacional y ambiental. libro electrónico, ISBN-13: 978-84-15774-91-4 URL: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1333/>*
- Hernández, X. E. 1977. Agroecosistemas de México: contribución a la enseñanza, la investigación y la divulgación agrícola. Escuela Nacional de Agricultura/Colegio de Postgraduados. Estado de México. 559 p.
- Hernández, X. E. 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior* 3: 673-678.
- Herrscher, E. G. 2005. Pensamiento sistémico: Caminar el cambio o cambiar el camino. Ediciones Granica SA. Buenos Aires. 272 p.
- Heylighen, F. and C. Joslyn. 2001. Cybernetics and second order cybernetics. *In: Meyers R. A.s (ed.). Encyclopedia of physical science & technology. New York: Academic Press. New York. pp. 155-170.*
- Hoffman, D. J., B. A. Rattner, G. A. Burton Jr and J. Cairns Jr. 2003. Introduction. *In: Hoffman D. J., Rattner B. A., Burton Jr G. A. and Cairns Jr J.s (eds.). Handbook of ecotoxicology. Lewis Publishers. Boca Ratón, Florida. pp. 1-5.*
- Horrigan, L., R. S. Lawrence and P. Walker. 2002. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental Health Perspectives* 110(5): 445-456.

- HRAC-WSSA. 2016. Herbicide global classification. Herbicide Resistance Action Committee. URL: : <http://hrac.tsstaging.com/tools/classification-lookup>
- INEGI. 2000. Estadísticas del medio ambiente. México 1999. . Instituto Nacional de Estadística y Geografía -Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. D.F. URL: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825480431_1.pdf
- INEGI (2014). Comercio al por mayor de fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra. Censos económicos 2014. Resultados definitivos. . Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC). <http://www.beta.inegi.org.mx/app/saic/default.aspx>
- Jablonkai, I. 2011. Molecular mechanism of action of herbicides. *In*: Hasaneen M. N.s (ed.). Herbicides - Mechanisms and mode of action. Intech open. Intech, pp. 3-24
- Jaime, A., R. González y H. Díaz. 2008. Estrés oxidativo asociado a la exposición ocupacional a sustancias químicas. *Rev. Cub. Salud y Trabajo* 8: 52-57.
- Jin, Y., S. Zheng, Y. Pu, L. Shu, L. Sun, W. Liu and Z. Fu. 2011. Cypermethrin has the potential to induce hepatic oxidative stress, DNA damage and apoptosis in adult zebrafish (*Danio rerio*). *Chemosphere* 82: 398-404.
- Joy, R. M. 1985. The effects of neurotoxicants on kindling and kindled seizures. *Toxicological Sciences* 5: 41-65.
- Kang, H. S., M. C. Gye and M. K. Kim. 2008. Effects of endosulfan on survival and development of *Bombina orientalis* (boulenger) embryos. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 81: 262-265.
- Karlin, A. 2002. Emerging structure of the nicotinic acetylcholine receptors. *Nature Reviews Neuroscience* 3: 102-114.
- Kesavachandran, C. N., M. Fareed, M. K. Pathak, V. Bihari, N. Mathur and A. K. Srivastava. 2009. Adverse health effects of pesticides in agrarian populations of developing countries. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* vol 200. Springer. pp. 33-52.
- Kumar, K. S. and T. Han. 2010. Physiological response of lemnis species to herbicides and its probable use in toxicity testing. *Toxicology and Environmental Health Sciences* 2: 39-49.

- Kumar, S., K. Habib and T. Fatma. 2008. Endosulfan induced biochemical changes in nitrogen-fixing cyanobacteria. *Science of the Total Environment* 403(1-3): 130-138.
- Lagunes, T. y J. Rodríguez. 1992. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. Los mecanismos de resistencia como base para el manejo de insecticidas y acaricidas agrícolas. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Posgraduados. México. 264 p.
- Lewis, K. A., J. Tzilivakis, D. J. Warner and A. Green. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 22: 1050-1064.
- López, B., L. M. Landoni, M. F. Martín-Jiménez, T. M. B. López, M. F. Landoni y T. M. Jimenez. 2002. *Farmacología y terapéutica veterinaria*. McGraw-Hill Interamericana. 734 p.
- Luhmann, N. 1996. *Introducción a la teoría de sistemas* (México, Universidad Iberoamericana, 1996) *sistemas sociales* (Barcelona, anthropos/universidad Iberoamericana, 1997) *complejidad y modernidad: De la unidad a la diferencia*. *Reís* 85: 315-367.
- Luhmann, N. 2007. *La sociedad de la sociedad*. 1ra ed. Herder. 955 p.
- Lukomski, A. 2009. Los sistemas autopoieticos y su papel en la fundamentación de la epistemología evolutiva. *Cuadernos de Filosofía Latinoamericana* 30: 86-94.
- Manahan, S. E. 2003. *Toxicological chemistry and biochemistry*. 3 ed. Lewis Publishers. Boca Ratón, Florida. 425 p.
- Mardones, J. M. y N. Ursua. 2003. *Filosofía de las ciencias humanas y sociales*. Fontamara, S.A. D.F., México. 260 p.
- Marten, G. and T. Rambo. 1988. Guidelines for writing comparative case studies on southeast asian rural ecosystems. *In: Rerkasem K. and Rambo T. A.s (eds.). Agroecosystem research for rural development* Multiple Cropping Centre, Chiangmai University. Thailand. pp. 263-285.
- Martínez-Dávila, J., F. Gallardo-López, L. Bustillo-García y A. Pérez-Vázquez. 2011. El agroecosistema, unidad de estudio y transformación de la diversidad agrícola. *In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (ed.). La biodiversidad en Veracruz: Estudio de estado. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)*. Xalapa, Veracruz. pp. 453-462.

- Martínez-Valenzuela, C. y S. Gómez-Arroyo. 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 23: 185-200.
- Martínez, J. 1999. Modelo conceptual del agroecosistema para el desarrollo agrícola sustentable basado en el hombre. *Memorias del. IV Reunión Nacional sobre Agricultura Sustentable. Comisión de estudios ambientales del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas y Universidad de Guadalajara. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. pp. 127-133.*
- McCauley, L. A., W. K. Anger, M. Keifer, R. Langley, M. G. Robson and D. Rohlman. 2006. Studying health outcomes in farmworker populations exposed to pesticides. *Environmental Health Perspectives* 114(6):953-960.
- Menone, M. L., S. F. Pesce, M. P. Díaz, V. J. Moreno and D. A. Wunderlin. 2008. Endosulfan induces oxidative stress and changes on detoxication enzymes in the aquatic macrophyte *Myriophyllum quitense*. *Phytochemistry* 69: 1150-1157.
- Meyer, K. J., J. S. Reif, D. R. Veeramachaneni, T. J. Luben, B. S. Mosley and J. R. Nuckols. 2006. Agricultural pesticide use and hypospadias in eastern Arkansas. *Environmental Health Perspectives* 114(10): 1589-1595.
- Mnif, W., A. I. H. Hassine, A. Bouaziz, A. Bartegi, O. Thomas and B. Roig. 2011. Effect of endocrine disruptor pesticides: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 2265-2303.
- Montaldo, P. 1982. *Agroecología del trópico americano. Libros y Materiales Educativos (IICA). p. 11.*
- Moreno, J. 2002a. Fuentes, autores y corrientes que trabajan la complejidad. *In: Velilla M. A.s (ed.). Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo Instituto Colombiano de Fomento de la Educación Superior - UNESCO. Bogotá, Colombia.*
- Moreno, J. C. 2002b. Tres teorías que dieron origen al pensamiento complejo: Sistémica, cibernética e información. *In: Velilla M. A.s (ed.). Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo. Colombia. Instituto Colombiano de Fomento de la Educación Superior, Corporación para el Desarrollo Complexus-UNESCO. Bogotá, Colombia.*
- Moretto, A. and C. Colosio. 2013. The role of pesticide exposure in the genesis of parkinson's disease: Epidemiological studies and experimental data. *Toxicology* 307: 24-34.

- Morin, E. 2001. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona. Gedisa. 167 p.
- Nauen, R., A. Elbert, A. McCaffery, R. Slater and T. C. Sparks. 2012. IRAC: Insecticide resistance, and mode of action classification of insecticides. Modern Crop Protection Compounds, Volumes 1-3, Second Edition: 935-955.
- Nunes, M. V. e E. H. Tajara. 1998. Efeitos tardios dos praguicidas organoclorados no homem. Rev Saúde Pública 32: 372-383.
- Odum, P. E. 1985. Fundamentos de ecología. Nueva Editorial Interamericana SA. D.F., México. 422 p.
- OEIDRUS. 2014. Caña de azúcar industrial. Producción anual 2014. SAGARPA. URL: http://www.oeidrus-veracruz.gob.mx/principal/anio_agricola?productos=Ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar%20industrial&indicadores=agri_SupCosechada
- Olea, N. y M. F. Fernández. 2001. Plaguicidas persistentes. In: Congreso Implementación del Convenio de Contaminantes Orgánicos Persistentes. Madrid. pp. 26-27.
- Ongley, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO: Riego y Drenaje Food & Agriculture Org. documento electrónico. URL: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm>
- Ortíz, B. F., R. M. López, F. M. Fernández, M. M. Yruela, N. B. J. A., C. J. López, P. J. Lirola, S. A. M. Morales, B. García, R. A. Martín, A. Alfonso, C. R. A. Martín, C. F. Márquez, F. J. Ejido y M. E. Caballero. 2004. Aplicación de plaguicidas: Nivel cualificado. 2 ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía, España.
- Palma, P., V. L. Palma, C. Matos, R. M. Fernandes, A. Bohn, A. M. Soares and I. R. Barbosa. 2009. Effects of atrazine and endosulfan sulfate on the ecdysteroid system of *Daphnia magna*. Chemosphere 74: 676-681.
- Pérez-Vázquez, A. 1998 El concepto de agroecosistema: Definiciones y enfoques. . Serie Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. 11 p.
- Petri, D., C. N. Glover, S. Ylving, K. Kolås, G. Fremmersvik, R. Waagbø and M. H. Berntssen. 2006. Sensitivity of atlantic salmon (*Salmo salar*) to dietary endosulfan as assessed by haematology, blood biochemistry, and growth parameters. Aquatic Toxicology 80: 207-216.

- Pimentel, D., H. Acquay, M. Biltonen, P. Rice, M. Silva, J. Nelson, V. Lipner, S. Giordano, A. Horowitz and M. D'amore. 1992. Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience* 42: 750-760.
- PNUMA. 2001. Convenio de estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. *In: Ambiente*. P. d. N. U. p. e. M.s (ed.). Organización de las Naciones Unidas. Nueva York. URL: http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_sp.pdf
- Polard, T., S. Jean, L. Gauthier, C. Laplanche, G. Merlina, J.-M. Sanchez-Pérez and E. Pinelli. 2011. Mutagenic impact on fish of runoff events in agricultural areas in south-west france. *Aquatic Toxicology* 101: 126-134.
- Potti, A., A. W. Panwalkar and E. Langness. 2003. Prevalence of pesticide exposure in young males (≤ 50 years) with adenocarcinoma of the prostate. *Journal of Carcinogenesis* 2(1): 4.
- Reale, G. y D. Antiseri. 1992. Historia del pensamiento filosófico y científico. Editorial Herder. Barcelona. 624 p.
- Rehman, S. and M. Waliullah. 2012. Chlorpyrifos-induced neuro-oxidative damage in bee. *Toxicology and Environmental Health Sciences* 4: 30-36.
- Rendon-von Osteen, J. 1990. Los insecticidas organoclorados. *In: Albert L. A.s (ed.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud*. Centro de Ecodesarrollo. D.F., México. pp. 99-120.
- Repetto, M. 1997. Toxicología fundamental. 3 ed. Ediciones Díaz de Santos. Madrid. 620 p.
- Rodrigues, K., M. Santana, J. Do Nascimento, D. Picanço-Diniz, L. Maués, S. Santos, V. Ferreira, M. Alfonso, R. Durán and L. Faro. 2010. Behavioral and biochemical effects of neonicotinoid thiamethoxam on the cholinergic system in rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 101-107.
- Rodríguez del Bosque, L. A., G. Vejar-Cota, I. Vázquez-López, J. A. Villaneva-Jiménez, J. López-Collado, A.-R. R. y F. Hernández-Rosas. 2014. Plagas. *In: Vázquez M. H., A. R. d. B. L., Rodríguez-Morelos V. H. and Vázquez-García E.s (eds.). Manejo integral de caña de azúcar*. Libro técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP). Monterrey, México. pp. 147-186.
- Rodríguez, D. T., M. I. Borrego, S. L. Pérez y O. C. Castillo. 2005. Determinación de inmunoglobulinas en obreros manipuladores de plaguicidas. *Revista Cubana de Salud y Trabajo* 6: 32-35.

- Romero, Y. 2002. Holismo y conocimiento en la obra de Francisco Varela. *In: Velilla M. A.s* (ed.). *Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo*. Instituto Colombiano de Fomento de la Educación Superior - UNESCO. Bogotá, Colombia. pp. 61-67.
- Ruckart, P. Z., K. Kakolewski, F. J. Bove and W. E. Kaye. 2004. Long-term neurobehavioral health effects of methyl parathion exposure in children in Mississippi and Ohio. *Environmental Health Perspectives* 112(1): 46-51.
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Enfoque de sistemas y agroecosistemas. *In: López, O., S. Ramírez, M. Ramírez, G. Moreno, A. Alvarado* (eds.). *Agroecología y agricultura orgánica en el trópico*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y Universidad Autónoma de Chiapas. México. pp. 27-35.
- Ruiz, R. O. 1995. Agroecosistema: El término, concepto y su definición bajo el enfoque agroecológico y sistémico. *Agroecología y desarrollo sustentable. Segundo seminario internacional de agroecología*. Red Interamericana de Agricultura y Democracia: 263-264.
- Saldana, T. M., O. Basso, D. D. Baird, J. A. Hoppin, C. R. Weinberg, A. Blair, M. C. Alavanja and D. P. Sandler. 2009. Pesticide exposure and hypertensive disorders during pregnancy. *Environmental Health Perspectives* 117: 1393-1396.
- Saldana, T. M., O. Basso, J. A. Hoppin, D. D. Baird, C. Knott, A. Blair, M. C. Alavanja and D. P. Sandler. 2007. Pesticide exposure and self-reported gestational diabetes mellitus in the agricultural health study. *Diabetes Care* 30: 529-534.
- Salgado, G., A. Bucio, D. Riestra y E. d. C. Lagunes. 20013. Caña de azúcar: Hacia un manejo sustentable. Centro de Posgraduados Campus Tabasco-Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- Sanborn, M., K. Kerr, L. Sanin, D. Cole, K. Bassil and C. Vakil. 2007. Non-cancer health effects of pesticides systematic review and implications for family doctors. *Canadian Family Physician* 53: 1712-1720.
- Sandoval-Castro, C. A. and J. A. Villanueva-Jiménez. 2009. Scope, sections, policies and language issues in TSA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(2): i-ii.
- Santivañez, T., S. S. Sánchez, F. R. Muñoz, N. P. Consuegra, L. C. J. Cid, C. González, E. Maturana y M. E. Rozas. 2009. El endosulfán y sus alternativas en América Latina. 28p. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN), a la Red de Acción sobre Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL).

URL: http://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_alt_endosulfan_latin_summary-es.pdf

Sarandón, S. J. 2002. El agroecosistema: Un sistema natural modificado. *In*: Sarandón S. J. and Flores C. C.s (eds.). Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Editorial de la Universidad de La Plata. La Plata, Argentina. pp. 100-135.

Secretaría de Economía,. 2012. Mercado de azúcar. Memoria documental. Administración pública 2006-2012. Dirección General de Industrias Básicas. Secretaría de Economía. México. p. 31. URL: http://www.economia.gob.mx/files/transparencia/informe_APF/memorias/21_memorias_azucar_sic.pdf

Sentíes-Herrera, H. E., F. C. Gómez-Merino, A. Valdez-Balero, H. V. Silva-Rojas and L. I. Trejo-Téllez. 2014. The agro-industrial sugarcane system in Mexico: Current status, challenges and opportunities. *Journal of Agricultural Science* 6(4): 26-54.

Smith, T. M. and G. W. Stratton. 1986. Effects of synthetic pyrethroid insecticides on nontarget organisms. *Residue reviews*. Springer. pp. 93-120.

Sparks, T. C. and R. Nauen. 2015. Irac: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 121: 122-128.

Stefanelli, P., A. Di Muccio, F. Ferrara, D. A. Barbini, T. Generali, P. Pelosi, G. Amendola, F. Vanni, S. Di Muccio and A. Ausili. 2004. Estimation of intake of organochlorine pesticides and chlorobiphenyls through edible fishes from the italian Adriatic sea during 1997. *Food Control* 15: 27-38.

Stephenson, G. R. and K. R. Solomon. 2007. Pesticides and the environment. Canadian Network of Toxicology Centres Press Guelph. 425 p.

Stoker, C., P. M. Beldoménico, V. L. Bosquiazzo, M. A. Zayas, F. Rey, H. Rodríguez, M. Muñoz-de-Toro and E. H. Luque. 2008. Developmental exposure to endocrine disruptor chemicals alters follicular dynamics and steroid levels in *Caiman latirostris*. *General and comparative endocrinology* 156: 603-612.

Subirós, R. F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. EUNED. Costa Rica. 443 p.

Szmedra, P. 2002. Bittersweet harvest-herbicides and farmers health in fiji. *Agrochemical Reports II*: 20-24.

- Tellez-Bañuelos, M. C., A. Santerre, J. Casas-Solis, A. Bravo-Cuellar and G. Zaitseva. 2009. Oxidative stress in macrophages from spleen of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to sublethal concentration of endosulfan. *Fish & Shellfish Immunology* 27: 105-111.
- Tinoco, R., L. Hunt, D. Halperin and N. Schwartz. 1999. Balancing risks and resources: Applying pesticides without using protective equipment in southern Mexico. *Anthropology in Public Health* 2da. Oxford Univ. Press, pp 235-254.
- Tomizawa, M. and J. E. Casida. 2003. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annual Review of Entomology* 48: 339-364.
- Torres-Nafarrate, J. 1999. El legado sociológico de Niklas Luhmann. *Historia y gráfica*: 265-284.
- UNC. 2015. Estadísticas de la agroindustria de la caña de azúcar -por estado. Unión Nacional de Cañeros, A. C. URL: <http://www.caneros.org.mx/estadisticas.html>
- UNEP. 2009. Endosulfan. Proyecto de perfil de riesgos Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Ginebra. 28 p.
- Urteaga, E. 2010. La teoría de sistemas de Niklas Luhmann. *Contrastes* 15: 301-317.
- Varela, F. 2003. Autopoiesis y una biología de la intencionalidad. *Autopoiesis & Perception*: 1-14.
- Ventura, B. D. C., D. D. F. Angelis and M. A. Marin-Morales. 2008. Mutagenic and genotoxic effects of the atrazine herbicide in *Oreochromis niloticus* (Perciformes, Cichlidae) detected by the micronuclei test and the comet assay. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 90: 42-51.
- Viveros, A. D. 1990. Los herbicidas. Aspectos generales. *In*: Albert L. A.s (ed.). *Los plaguicidas, el ambiente y la salud*. Centro de Ecodesarrollo. D.F., México. pp. 189-193.
- Viveros R., A. D. 2005. Química y ecotoxicología de los herbicidas. *In*: Botello A. V., Rendón-von Osten J., Gold-Bouchot G. and Agraz-Hernández C.s (eds.). *Golfo de México contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. Instituto Nacional de Ecología. Campeche, México. pp. 199-206.

- Ware, G. W. 1983. Pesticides, theory and application. 2 ed. W.H. Freeman. 308 p.
- Weiss, B., S. Amler and R. Amler. 2004. Pesticides Pediatrics 113(4): 1030-1036.
- Wessel, N., S. Rousseau, X. Caisey, F. Quiniou and F. Akcha. 2007. Investigating the relationship between embryotoxic and genotoxic effects of benzo [a] pyrene, 17 α -ethinylestradiol and endosulfan on crassostrea gigas embryos. Aquatic Toxicology 85: 133-142.
- WHO. 2010. Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas: Directrices para desarrollar un sistema de información sobre incidentes de salud y medioambientales causados por exposición a plaguicidas. World Health Organization. Ginebra. 35 p.
- Yassin, M., T. A. Mourad and J. Safi. 2002. Knowledge, attitude, practice, and toxicity symptoms associated with pesticide use among farm workers in the gaza strip. Occupational and Environmental Medicine 59: 387-393.
- Yerena, C. E., L. Hernández-Kelly, J. Ramírez, M. E. Riaño, M. del Refugio López, S. Fernández y A. Ortega. 2005. Influencia del polimorfismo del cyp2e1 sobre el riesgo de intoxicación aguda por exposición a plaguicidas. Bioquímica 30: 68-75.

CAPÍTULO I

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

USO HISTÓRICO DE PLAGUICIDAS EN CAÑA DE AZÚCAR DEL DR035 LA ANTIGUA, VERACRUZ

HISTORICAL USE OF PESTICIDES IN SUGARCANE PLANTATIONS IN THE DR035 LA ANTIGUA, VERACRUZ

Estela Ramírez-Mora¹, Arturo Pérez-Vázquez^{2*}, Cesáreo Landeros-Sánchez³, Juan Pablo Martínez-Dávila⁴, Juan A. Villanueva-Jiménez⁵, Luz del Carmen Lagunes-Espinoza⁶

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Correo electrónico: ramirez.estela@colpos.mx

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km. 88.5 de la Carretera Federal Xalapa - Veracruz, Predio Tepetates, Mpio. Manlio F. Altamirano, Veracruz. Tel. 012292010770 Ext. 64332. *Autor de correspondencia: parturo@colpos.mx

³ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Correo electrónico: clanderos@colpos.mx

⁴ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Correo electrónico: jpmartin@colpos.mx

⁵ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Correo electrónico: javj@colpos.mx

⁶ Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km. 3 Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Periférico Carlos A. Molina, Cárdenas C.P. 86500. Correo electrónico: lagunesc@colpos.mx

24 **USO HISTÓRICO DE PLAGUICIDAS EN CAÑA DE AZÚCAR DEL DR035 LA**

25 **ANTIGUA, VERACRUZ**

26 **HISTORICAL USE OF PESTICIDES IN SUGARCANE PLANTATIONS IN THE DR035**

27 **LA ANTIGUA, VERACRUZ**

28

29 **Resumen**

30 El cultivo de caña de azúcar involucra gran diversidad de plaguicidas. Por tanto se requiere
31 conocer su estatus de uso e identificar el nivel de riesgo en la salud de la población
32 ocupacionalment expuesta. El objetivo fue identificar los plaguicidas utilizados en los últimos 30
33 años en este agroecosistema en el Distrito de Riego 035 “La Antigua”, Veracruz, México y sus
34 efectos potenciales en salud humana. En el año 2011 se realizó una revisión de archivos
35 históricos y se aplicó una encuesta a productores de los ingenios el Modelo y la Gloria. Se
36 registraron los de plaguicidas utilizados del año 1980 al 2012. Se documentó la aplicación de 28
37 ingredientes activos. Destacan los insecticidas carbofurán y monocrotofós, y los herbicidas
38 triazinas, 2,4-D y metano arsonato monosodio. Los plaguicidas utilizados se relacionan con
39 disrupción endócrina e inmunitaria, daños al sistema nervioso central y periférico, y
40 carcinogénesis en humanos.

41

42 **Palabras clave:** Agricultores, exposición laboral, herbicidas, insecticidas, uso de plaguicidas.

43

44 **Abstract**

45 Sugarcane crop involves a wide variety of pesticides. Therefore, there is a need to know
46 their status of use and to identify their risk on occupationally exposed population health. The aim

47 was to identify pesticides used during the last 30 years on this agroecosystems, in the Irrigation
48 District 035 “La Antigua”, Veracruz, Mexico, and its potential health effects on humans based
49 on its toxicological effects. A search of historical data along with a survey among farmers in the
50 Modelo and Gloria mills were carried out in 2011. Twenty-eight different active ingredients have
51 been applied from 1980 to 2012. Carbofuran and monocrotophos had been the most common
52 insecticides used, and herbicides as triazine, 2,4-D and monosodium methylarsonate. Pesticides
53 used are close related to induce immune and endocrine disruption, damage to the peripheral and
54 central nervous systems, and carcinogenesis in humans.

55

56 **Keywords:** Farmers, herbicides, insecticides, occupational exposure, pesticide use

57

58 **1.1. Introducción**

59 El cultivo y la industrialización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en
60 México se realiza en 15 estados y 227 municipios, genera cerca de 2 millones de empleos directos
61 e indirectos y una derrama económica de 30 mil millones de pesos (Secretaría de Economía,
62 2012). Durante la zafra 2015/2016 se tuvo una producción aproximada de 6×10^6 t de azúcar. A
63 nivel nacional se destinaron 7.78×10^5 ha, siendo Veracruz el principal estado productor con
64 3.23×10^5 ha industrializadas y una cosecha de 20.3×10^6 t, lo que equivale al 40.37 % de la
65 producción nacional (CONADESUCA/SAGARPA, 2015).

66 El Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar PRONAR 2014-2018
67 (DOF, 2014), plantea acciones para el incremento de la producción de caña de azúcar y su
68 consolidación. Entre ellas, el fomento a la sanidad, eficiencia en el uso del agua, condiciones de
69 seguridad y salud en el trabajo, así como el fortalecimiento de la generación y uso de la

70 información. Además, identifica un área importante de atención en el manejo del agua, el uso de
71 agroquímicos y prácticas de cultivo en los campos cañeros para intentar alcanzar una producción
72 sustentable. La Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar en sus artículos 35 y 39,
73 indica que: “se deberá procurar el mejoramiento de las condiciones de vida de las familias cañeras
74 de las zonas de reabastecimiento”, “fomentar la modernización del campo cañero nacional y la
75 adopción de mejoras tecnológicas”, además de que “se deberá estudiar y promover el
76 establecimiento y perfeccionamiento del sistema de seguridad y prevención social en beneficio de
77 las familias cañeras. Esto, permitirá el mejoramiento de las condiciones de vida y promoverá un
78 desarrollo rural sustentable de la agroindustria de la caña de azúcar” (DOF, 2005).

79 El modelo de la “Revolución Verde” generado y adoptado en México desde 1950, ha
80 implicado una alta dependencia de agroquímicos en la producción de caña de azúcar. Derivado de
81 ello, la agroindustria de la caña de azúcar enfrenta, hoy día, serios problemas que merman su
82 producción, como son el ataque de plagas (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2014), la falta de
83 modernización de la infraestructura (Gómez-Merino *et al.*, 2014) y una exigua investigación
84 científica y tecnológica (SAGARPA, 2013).

85 La presencia de plagas afectan anualmente alrededor de 400×10^3 ha de cultivo (Rodríguez
86 del Bosque *et al.*, 2014), y para su control se emplea una gran cantidad de plaguicidas. De las más
87 de 150 especies de plagas que atacan al cultivo de caña, las de mayor importancia en México son
88 los barrenadores del tallo (*Diatraea saccharalis* F., *Diatraea magnifactella* Dyar y *Eoreuma*
89 *loftini* Dyar), el salivazo o mosca pinta (*Aeneolamia* spp. y *Prospapia* spp.), la gallina ciega
90 (*Phillophaga* spp.), el picudo de la caña (*Anacentrinus* spp., *Cholus* spp., *Calendra* spp.,
91 *Metamasium* spp. y *Limnobaris* spp.), el pulgón amarillo (*Sipha flava* (Forbes)), la chinche de
92 encaje (*Leptodictya tavidia* (Herrich-Schaeffer)) y la rata de campo (*Sigmodon hispidus* Say and

93 Ord, *Oryzomys couesi* Alston) (Aguilar-Rivera *et al.*, 2012; Rodríguez del Bosque *et al.*, 2014;
94 Sentíes-Herrera *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 20013). Por su parte, las malezas compiten con el
95 cultivo por agua, luz y nutrimentos y pueden afectar severamente el rendimiento de la caña
96 (Labrada y Parker, 1996).

97 El INEGI (2000) en su informe: “Estadísticas del medio ambiente”, destaca que para 1999
98 se aplicaron en la República Mexicana 23,000 t de insecticidas. Es decir, se utilizaron 60 % de los
99 22 plaguicidas clasificados como perjudiciales para la salud y el ambiente, de los cuales 42 % son
100 producidos en México. Además, se emplearon 30 de los 90 plaguicidas que han sido cancelados o
101 restringidos por la *Environmental Protection Agency* (EPA) en EUA.

102 Pese a la importancia de los plaguicidas en los cultivos, su uso y manejo deficiente
103 representa riesgos para la salud humana y la contaminación ambiental. Debido a la exposición a
104 los plaguicidas en el ser humano se han reportado síntomas agudos como dolores de cabeza,
105 náuseas, mareos o pérdida del conocimiento (McCauley *et al.*, 2006; Ngowi *et al.*, 2007; Abhilash
106 y Singh, 2009). Y manifestaciones de intoxicación crónica tales como carcinogénesis (Gold *et al.*,
107 2001; Abhilash y Singh, 2009; Andreotti *et al.*, 2009; Cockburn *et al.*, 2011), disrupción
108 endócrina (Bretveld *et al.*, 2006; Colborn y Carroll, 2007), asma (Faria *et al.*, 2005), entre otros
109 efectos a corto, mediano y largo plazo (Araújo *et al.*, 2000; Gold *et al.*, 2001; Alavanja *et al.*,
110 2004; Weiss *et al.*, 2004; Faria *et al.*, 2005; Ritter *et al.*, 2006; Bassil *et al.*, 2007; Zhao *et al.*,
111 2008; Durkin, 2010; Damalas y Eleftherohorinos, 2011).

112 La aplicación indiscriminada de plaguicidas puede ocasionar también diversos daños al
113 ambiente (Margni *et al.*, 2002), tanto a la flora como a la fauna, incluyendo la contaminación de
114 suelo, mantos freáticos y aguas continentales y costeras (Hernández-Romero *et al.*, 2004; Leong

115 *et al.*, 2007; Tariq *et al.*, 2007; Hildebrandt *et al.*, 2008). Colateralmente se pueden desarrollar
116 plagas resistentes, emergentes y la eliminación de organismos benéficos (Subirós, 1995).

117 Las personas se exponen a plaguicidas en forma directa o indirecta (Alavanja, Hoppin *et al.*,
118 2004). La exposición ocupacional representa la ruta directa y puede ocurrir en el caso de
119 trabajadores agrícolas directa o indirectamente relacionados a plaguicidas, ya sea a campo abierto
120 en invernaderos, trabajadores de la industria de fabricación de plaguicidas y en exterminadores
121 caseros de plagas. La presencia de plaguicidas en el ambiente laboral constituye un riesgo
122 potencial de exposición. Los trabajadores que intervienen en mezclar, cargar, transportar y aplicar
123 los plaguicidas reciben la mayor exposición por la naturaleza de su trabajo y son el grupo de
124 mayor riesgo de presentar intoxicación aguda y efectos a largo plazo (Damalas y
125 Eleftherohorinos, 2011). La exposición ocupacional a plaguicidas reviste una importancia central
126 al impactar directamente en la salud del productor e indirectamente en la economía del estado
127 (Pimentel *et al.*, 1992; Bowles y Webster, 1995). Los análisis costo-beneficio de la producción
128 agrícola generalmente excluyen o minimizan las externalidades por el uso de plaguicidas, así
129 como los impactos negativos a la sociedad y al ambiente (Bowles y Webster, 1995; Pimentel,
130 2005; Ngowi *et al.*, 2007; Pretty, 2008).

131 El objetivo de esta investigación fue identificar el uso histórico de los plaguicidas utilizados
132 en el cultivo de caña de azúcar en los últimos 30 años en el Distrito de Riego 035 La Antigua, y
133 su relación con riesgos a la salud humana.

134

135 **1.2. Materiales y Métodos**

136 *Área de estudio*

137 El Distrito de Riego 035 (DR035) es una región dedicada preponderantemente al cultivo de
138 la caña de azúcar. Se ubica en la región central costera del estado de Veracruz. Este Distrito
139 comprende los municipios de Actopan, Paso de Ovejas y Úrsulo Galván, entre otros. El cultivo de
140 caña de azúcar en el DR035 ocupa una superficie aproximada de 26,122 ha (UNC, 2016).
141 Predomina el monocultivo a altas densidades, principalmente bajo riego rodado, con un uso
142 intensivo de agroquímicos, incluido los plaguicidas. Los ingenios que operan en esta zona son: El
143 Modelo, previamente administrado por el Gobierno Federal, hoy por el Grupo Porres; y La
144 Gloria, perteneciente al Grupo Azucarero del Trópico. Durante la zafra 2014/2015, ambos
145 ingenios procesaron 2.426×10^6 t (13.69 %) de caña de azúcar, de un total de 18×10^6 t a nivel
146 estatal (CONADESUCA/SAGARPA, 2015).

147 *Datos históricos*

148 En 2013 se realizó una búsqueda histórica en las bases de datos de los Ingenios La Gloria y
149 El Modelo, de los plaguicidas empleados en los últimos 30 años (1980 al 2012).

150 *Entrevista*

151 Se entrevistaron 109 productores del DR035. Se documentó el nombre de los plaguicidas
152 utilizados en los ciclos productivos 2011 y 2012 y se clasificó por uso y grupo toxicológico. Se
153 contó con la colaboración de los técnicos encargados del Departamento de Plagas y
154 Enfermedades de ambos ingenios, quienes auxiliaron en el cotejo de la información lo que sirvió
155 de soporte para la recopilación y análisis de los datos.

156 *Análisis de la información*

157 La base de datos se construyó al capturar la información en el programa Microsoft® Excel®
158 2011, con el que se realizó estadística descriptiva.

159

160 **1.3. Resultados**

161 *Historial de uso de plaguicidas*

162 La Tabla 1 indica el historial de los insecticidas y herbicidas recomendados y empleados por
163 ambos ingenios del año 1980 al 2012. Se indica el grupo químico al cual pertenecen dichos
164 productos, nombre comercial, principio activo, dosis y periodo de uso. La información presentada
165 obedece a las recomendaciones que realizan los técnicos del Departamento de Plagas y
166 Enfermedades y a los registros de las aplicaciones en las parcelas donde el ingenio es contratado
167 para tal actividad. Sin embargo, cada productor tiene la libertad de comprar los plaguicidas que
168 requiera directamente en tiendas de agroquímicos, sin tener que reportar dicha compra al ingenio.
169

170 **Tabla 1.1.** Uso histórico de plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en el DR035 La Antigua,
171 Veracruz, México.

172

173 *Entrevista a productores*

174 El total de los 109 productores entrevistados pertenecen al sexo masculino, con una edad
175 media de 57 años (moda de 56 años). En la Tabla 2 se indica el porcentaje de productores
176 entrevistados y qué plaguicida utilizaron el ciclo 2012. Se encontró que 100 % de los
177 entrevistados utilizan carbofurán para el control de mosca pinta, seguido del organofosforado
178 monocrotofós y que el 54.2 % de los productores utilizan un segundo insecticida. El herbicida de
179 elección (91.4 %) es el glifosato, seguido por una formulación que contiene 2,4-D más ametrina
180 (80.2 %).

181

182 **Tabla 1.2.** Plaguicidas utilizados por los productores de caña de azúcar en el DR035 La Antigua,
183 Veracruz, México (Ciclo 2012/2013).

184

185 *Toxicidad de los plaguicidas utilizados*

186 En la Tabla 3 se indica la dosis letal media oral aguda (DL₅₀ OA) para los plaguicida de
187 mayor uso en el cultivo de caña de azúcar en la zona del DR035 de acuerdo con los datos
188 históricos arriba presentados. Se indica el grupo químico al que pertenecen, el nombre técnico y la
189 acción tóxica ejercida en mamíferos.

190

191 **Tabla 1.3.** Acción toxicológica de los insecticidas y herbicidas de mayor uso en el cultivo de caña
192 de azúcar en el DR035, de acuerdo con las respuestas de los productores entrevistados

193

194 **1.4. Discusión**

195 El productor o dueño de la parcela de caña de azúcar es quién normalmente decide lo
196 relacionado al control químico de plagas. En cada contrato que establece el productor en conjunto
197 con el ingenio, se decide si el ingenio o el propio productor se harán cargo del control de insectos
198 plaga, el producto a aplicar, la dosis y la periodicidad de la aplicación. Cuando el productor es el
199 responsable del control, lo realiza organizándose con los ejidatarios de su localidad, o lo hace
200 directamente. El control de maleza o arvenses lo realiza directamente el productor o algún
201 jornalero contratado para ello.

202 De los insecticidas que se utilizaron y recomendaron por parte del ingenio en el periodo de
203 1980 a 2012, el tricorfon, el carbaril y el malatión se encuentran en desuso para caña de azúcar, de
204 acuerdo con el sitio de internet de la Comisión Federal Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

205 El hexaclorociclohexano se encuentra prohibido para su uso en México desde 1991, cuando
206 entraron en vigencia los acuerdos del tratado de Rotterdam. El paraquat se encuentra como
207 restringido, lo que significa que sólo puede ser adquirido en las comercializadoras mediante la
208 presentación de una recomendación escrita de un técnico oficial o privado que haya sido
209 autorizado por el Gobierno Federal (CICOPLAFEST, 2004). Con respecto al insecticida
210 endosulfán, la última actualización al Catálogo de Plaguicidas en agosto de 2016, cancela su
211 registro.

212 La mayoría de los insecticidas y herbicidas que se siguen recomendando por los ingenios en
213 esta zona, no están aprobados para su uso en la Comunidad Económica Europea (CEE), como
214 son: cipermetrina, carbofurán (también prohibido en EUA), monocrotofós, tiametoxam (prohibido
215 en Bulgaria, Malta y Países Bajos), λ -cialotrina (sólo permitida en Estonia, Luxemburgo y Malta),
216 endosulfán (también prohibido en EUA y sólo aprobado en España), ametrina y atrazina (ambos
217 también prohibidos en EUA) y MSMA. Los herbicidas Glifosato y 2,4-D no tienen restricciones
218 de uso (Lewis *et al.*, 2016).

219 El riesgo, que representa el uso de productos prohibidos o restringidos en otros países, se
220 manifiesta por el grado de toxicidad de dichos productos, la dosis y periodicidad de la aplicación,
221 y se potencializa por las prácticas de uso por parte de los productores y aplicadores. Uno de los
222 productos más novedosos en caña de azúcar es thiametoxam. Sin embargo, ha demostrado
223 toxicidad moderada al pato ánade real (*Anas platyrhynchos* L.); toxicidad ligera a la trucha
224 arcoiris (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)) y a la pulga de agua (*Daphnia magna* Straus), y por
225 ello se encuentran prohibidos en Bélgica, Malta y Holanda (Lewis *et al.*, 2016).

226 Desde el año 1980 al 2012 se utilizaron ingredientes activos de todos los grupos principales:
227 organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides para insecticidas, y atrazinas,

228 organoarsenicales, fenoxiacético y bupiridilos para herbicidas. Todos los plaguicidas se aplican
229 solos o en formulación de dos o más principios activos. Algunos insecticidas extremadamente
230 tóxicos son el monocrotofos (organofosforado) y el carbofurán (carbamato), los cuales se siguen
231 utilizando en la zona.

232 Los productores indicaron que aplicaban insecticidas una o dos veces por ciclo y herbicidas
233 en promedio una vez por mes en la temporada de lluvias, periodo de mayor crecimiento de la
234 maleza y la presencia de plagas. Respecto a las marcas comerciales, no señalaron tener
235 preferencia por alguna, pero sí que utilizaban el producto comercial más caro a medio año cuando
236 tienen mayor solvencia económica, mientras que al principio y fin de año eligen las marcas de
237 menor precio en el mercado. Para controlar las hierbas con el menor daño al cultivo y al menor
238 costo de producción, los productores habían utilizado hasta 11 diferentes marcas comerciales de
239 glifosato, 10 diferentes productos que contenían 2,4-D en formulación con atrazina, cuatro que
240 contenían sólo 2,4-D, tres productos diferentes del bupiridilo paraquat y tres con el
241 organoarsenical metano arsenato monosodio (MSMA). La elección de plaguicidas la realizan
242 basados principalmente en el costo y la efectividad mostrada en el control de la plaga. Algunos
243 productores empezaban a utilizar los productos más novedosos, como es el caso del insecticida
244 thiametoxam (neonicotenoide), cuya elección se relacionó principalmente con la recomendación
245 de otros productores o del vendedor de la casa comercial. La principal razón para dejar de utilizar
246 un herbicida o un insecticida es su falta de efectividad, o porque presentaron síntomas de
247 intoxicación al momento de la aplicación o daños físicos al cultivo.

248 La exposición a plaguicidas se ha relacionado con diversos efectos a largo plazo,
249 especialmente en el caso de trabajadores agrícolas. Dichos efectos suelen presentarse como
250 consecuencia de una exposición crónica, resultado de una frecuente absorción del agente tóxico

251 en cantidades muy pequeñas, y que por acumulación van induciendo un estado patológico. El
252 trastorno puede permanecer latente por un periodo largo y desencadenarse incluso varios años
253 después de haber terminado la exposición (Repetto, 1997). Este daño directo es ejercido a las
254 estructuras celulares (potencial mutagénico y cancerígeno); por biotransformación interfieren con
255 los procesos bioquímicos necesarios para el funcionamiento normal de las células, dando como
256 resultado metabolitos tóxicos o una disrupción de la función hormonal.

257 En la mayoría de los casos, resulta difícil asociar un efecto tóxico a un plaguicida
258 determinado, ya que en la práctica agrícola generalmente se utilizan mezclas, se cambia de
259 plaguicida de manera constante o se usa diferente presentación comercial (Baker *et al.*, 2005). Los
260 factores sociales, culturales y genéticos, así como los patrones de alimentación de las personas
261 expuestas, dificultan la interpretación de resultados (Guillette *et al.*, 1998). No obstante, diversos
262 estudios en campo y laboratorio ponen de manifiesto el efecto perjudicial de la exposición a
263 plaguicidas en diversos mamíferos, incluido el ser humano (Weiss *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2008;
264 Rodrigues *et al.*, 2010).

265

266 **1.5. Conclusiones**

267 Se documentó que los plaguicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar en la región de
268 estudio han variado ligeramente en los últimos 30 años, salvo en su formulación. Es decir, no se
269 encontró que se busque o prefiera utilizar productos con menor nivel de toxicidad. El principal
270 insecticida utilizado es carbofurán y los herbicidas glifosato y 2,4-D. Se ha dejado de lado el uso
271 de organoclorados, aunque se constató el uso de endosulfán durante la fase de campo. Los
272 productos utilizados por los agricultores son aquellos recomendados desde que establecieron el
273 cultivo y no manifestaron interés alguno por cambiar o modificar el tipo de producto que están

274 aplicando, salvo cuando no logran el control de la plaga deseada o cuando presentan alguna
275 reacción alérgica o tóxica durante el manejo del producto.

276 En la región cañera del DR035 existe exposición de los trabajadores agrícolas y de los
277 habitantes rurales a plaguicidas clasificados como altamente o moderadamente tóxicos. Varias
278 afectaciones de mediano o largo plazo a la salud de la población expuesta, podrían pasar
279 inadvertidas por las autoridades sanitarias. Mientras el Sistema de Salud nacional no realice
280 estudios epidemiológicos extensos, los aplicadores y agricultores que laboran en las regiones
281 cañeras de México y ocupacionalmente expuestos a plaguicidas, podrían estar en un grave riesgo
282 de presentar afectaciones en el mediano y largo plazo. Además del tipo de plaguicida utilizado,
283 los estudios epidemiológicos deberán tomar en cuenta la frecuencia de uso y la toxicidad, los
284 síntomas y enfermedades presentes en la población bajo estudio, así como las prácticas de manejo
285 de los agricultores y aplicadores de plaguicidas expuestos.

286

287 **1.6. Referencias**

288

289 Abhilash, P. & Singh N. (2009). Pesticide use and application: An indian scenario. Journal of
290 Hazardous Materials, 165(1-3), 1-12.

291

292 Aguilar-Rivera, N., Rodríguez D., Enríquez V., Castillo A. & Herrera A. (2012). The mexican
293 sugarcane industry: Overview, constraints, current status and long-term trends. Sugar
294 Technology, 14(3), 207-222.

295

296 Alavanja, M. C., Hoppin J. A. & Kamel F. (2004). Health effects of chronic pesticide exposure:
297 Cancer and neurotoxicity* 3. Annual Reviews of Public Health, 25, 155-197.
298

299 Albert, L. A. & Loera R. (2005). Química y ecotoxicología de los insecticidas. En: Botello A. V.,
300 Rendón von Osten G., Gold-Bouchot G. & Agraz-Hernández C. S. (eds.). Golfo de
301 México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias (pp. 177-190).
302 Univ. Autónoma de Campeche-UNAM-INE. D.F..
303

304 Andreotti, G., Freeman L. E. B., Hou L., Coble J., Rusiecki J., Hoppin J. A., Silverman D. T. &
305 Alavanja M. C. (2009). Agricultural pesticide use and pancreatic cancer risk in the
306 agricultural health study cohort. International Journal of Cancer, 124, 2495-2500.
307

308 Araújo, A. C., D. P. Nogueira & L. G. Augusto. 2000. Impacto dos praguicidas na saúde: Estudo
309 da cultura de tomate. Revista de Saúde Pública 34(3), 309-313.
310

311 Baker, B. A., Alexander B. H., Mandel J. S., Acquavella J. F., Honeycutt R. & Chapman P.
312 (2005). Farm family exposure study: Methods and recruitment practices for a
313 biomonitoring study of pesticide exposure. Journal of Exposure Science and
314 Environmental Epidemiology 15(6), 491-499.
315

316 Bassil, K., Vakil C., Sanborn M., Cole D., Kaur J. S. & Kerr K. (2007). Cancer health effects of
317 pesticides systematic review. Canadian Family Physician 53, 1704-1711.
318

319 Bowles, R. & Webster J. (1995). Some problems associated with the analysis of the costs and
320 benefits of pesticides. *Crop Protection* 14(7), 593-600.
321

322 Bretveld, R. W., Thomas C. M., Scheepers P. T., Zielhuis G. A. & Roeleveld N. (2006).
323 Pesticide exposure: The hormonal function of the female reproductive system disrupted?
324 *Reproductive Biology and Endocrinology* 4, 1-14.
325

326 CICOPLAFEST. (2004). Catálogo de plaguicidas. México. Recuperado de:
327 <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>.
328
329

330 Cockburn, M., Mills P., Zhang X., Zadnick J., Goldberg D. & Ritz B. (2011). Prostate cancer and
331 ambient pesticide exposure in agriculturally intensive areas in California. *American*
332 *Journal of Epidemiology* 173(11), 1280-1288.
333

334 Colborn, T. & Carroll L. E. (2007). Pesticides, sexual development, reproduction, and fertility:
335 Current perspective and future direction. *Human and Ecological Risk Assessment: An*
336 *International Journal* 13(5), 1078-1110.
337

338 CONADESUCA/SAGARPA. (2015). Datos estatales de cierre. Zafra 2015. Sistema
339 INFOCAÑA. Recuperado de:
340 <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE>
341

342 Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk
343 assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*,
344 8(5), 1402–1419. <http://doi.org/10.3390/ijerph8051402>.
345

346 DOF. (2005). Ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar. Última modificación del 22 de
347 agosto de 2005. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Presidencia de la
348 República. Recuperado de: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LDSCA.pdf>
349

350 DOF. (2014). Programa nacional de la agroindustria de la caña de azúcar. 2014-2018. D.F.,
351 México. Recuperado de: [http://dof.gob.mx/copias_cert.php?acc=ajaxPaginas&paginas=1-](http://dof.gob.mx/copias_cert.php?acc=ajaxPaginas&paginas=1-25&seccion=UNICA&edicion=258241&ed=VESPERTINO&fecha=02/05/2014)
352 [25&seccion=UNICA&edicion=258241&ed=VESPERTINO&fecha=02/05/2014](http://dof.gob.mx/copias_cert.php?acc=ajaxPaginas&paginas=1-25&seccion=UNICA&edicion=258241&ed=VESPERTINO&fecha=02/05/2014)
353

354 Durkin, P. R. 2010. Lambda-cyhalothrin. Human health and ecological risk assessment. Nueva
355 York Final report. USDA/Forest Service.
356

357 Faria, N. M. X., Facchini, L. A., Gastal, A., & Tomasi, E. (2005). Pesticides and respiratory
358 symptoms among farmers. *Revista de Saúde Pública*, 39(6), 973–981. Retrieved from
359 [http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0034-](http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0034-89102005000600016&script=sci_arttext&tlng=pt)
360 [89102005000600016&script=sci_arttext&tlng=pt](http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0034-89102005000600016&script=sci_arttext&tlng=pt)
361

362 Ferrer, A. 2003. Intoxicación por plaguicidas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra* 26, 155-
363 171.
364

365 Gold, L. S., Slone, T. H., Ames, B. N., & Manley, N. B. (2001). Pesticide residues in food and
366 cancer risk: A critical analysis. In R. Krieger (Ed.), Handbook of pesticide toxicology
367 Volume I. Principles (Second, pp. 799–843). San Diego: Academic Press. Recuperado de:
368 <http://potency.berkeley.edu/pdfs/handbook.pesticide.toxicology.pdf>
369

370 Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez L. I., Morales-Ramos V., Salazar-Ortiz J., Velasco-Velasco
371 J., Sentíes-Herrera H. E. & Ladewig P. (2014). Necesidades de innovación en la
372 producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp). Agroproductividad 7, 22-26.
373

374 Guillette, E. A., Meza, M. M., Aquilar, M. G., Soto, A. D., & Garcia, I. E. (1998). An
375 anthropological approach to the evaluation of preschool children exposed to pesticides in
376 Mexico. Environmental Health Perspectives, 106(6), 347–53. Recuperado de:
377 [http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1533004&tool=pmcentrez&ren](http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1533004&tool=pmcentrez&rendertype=abstract)
378 [dertype=abstract](http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1533004&tool=pmcentrez&rendertype=abstract)
379

380 Hernández-Romero, a H., Tovilla-Hernández, C., Malo, E. a, & Bello-Mendoza, R. (2004).
381 Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico.
382 Marine Pollution Bulletin, 48(11–12), 1130–41.
383 <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.003>
384

385 Hildebrandt, A., Guillamón, M., Lacorte, S., Tauler, R., & Barceló, D. (2008). Impact of
386 pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North
387 Spain). Water Research, 42(13), 3315–26. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2008.04.009>

388

389 INEGI. (2000). Estadísticas del medio ambiente. México 1999. Instituto Nacional de Estadística
390 y Geografía -Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. D.F. Recuperado
391 de:
392 [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/pro](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825480431_1.pdf)
393 [ductos/historicos/2104/702825480431_1.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825480431_1.pdf)
394

395 Labrada, R. & Parker C. (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. Roma, Italia
396 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
397

398 Lagunes-Tejeda, A. & Villanueva-Jiménez J. A. (1994). Toxicología y manejo de insecticidas.
399 D.F. México. Colegio de Postgraduados.
400

401 Leong, K. H., Tan, L. L. B., & Mustafa, A. M. (2007). Contamination levels of selected
402 organochlorine and organophosphate pesticides in the Selangor River, Malaysia between
403 2002 and 2003. *Chemosphere*, 66(6), 1153–9.
404 <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.06.009>
405

406 Lewis, K. A., Tzilivakis J., Warner D. J. & Green A. (2016). An international database for
407 pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An*
408 *International Journal* 22, 1050-1064.
409

410 Margni, M., Rossier D., Crettaz P. & Jolliet O. (2002). Life cycle impact assessment of
411 pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93(1-
412 3), 379-392.

413

414 Martínez-Valenzuela, C. & Gómez-Arroyo S. (2007). Riesgo genotóxico por exposición a
415 plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*
416 23(4), 185-200.

417

418 McCauley, L. A., Anger W. K., Keifer M., Langley R., Robson M. G. & Rohlman D. (2006).
419 Studying health outcomes in farmworker populations exposed to pesticides. *Environmental*
420 *Health Perspectives* 114 (6), 953–960.

421

422 Ngowi, A., Mbise T., Ijani A., London L. & Ajayi O. (2007). Pesticides use by smallholder
423 farmers in vegetable production in northern tanzania. *Crop Protection* 26(11), 1617-1624.

424

425 Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily
426 in the United States. *Environment, Development and Sustainability* 7, 229-252.

427

428 Pimentel, D., Acquay H., Biltonen M., Rice P., Silva M., Nelson J., Lipner V., Giordano S.,
429 Horowitz A. & D'amore M. (1992). Environmental and economic costs of pesticide use.
430 *BioScience* 42(10), 750-760.

431

432 Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. Philosophical
433 Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences 363, 447-465.
434

435 Reigart, J. R. & Roberts J. R. (2009). Recognition and management of pesticide poisonings (5th
436 ed.). Nueva York. U.S. Environmental Protection Agency.
437

438 Repetto, M. (1997). Toxicología fundamental. 3 ed. Madrid. Ediciones Díaz de Santos.
439

440 Ritter, L., Goushleff N., Arbuckle T., Cole D.& Raizenne M. (2006). Addressing the linkage
441 between exposure to pesticides and human health effects-research trends and priorities for
442 research. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B 9(6), 441-456.
443

444 Rodrigues, K., Santana M., Do Nascimento J., Picanço-Diniz D., Maués L., Santos S., Ferreira
445 V., Alfonso M., Durán R.& Faro L. (2010). Behavioral and biochemical effects of
446 neonicotinoid thiamethoxam on the cholinergic system in rats. Ecotoxicology and
447 Environmental Safety 73, 101-107.
448

449 Rodríguez del Bosque, L. A., Vejar-Cota G., Vásquez-López I., Villaneva-Jiménez J. A., López-
450 Collado J., & Hernández-Rosas F. (2014). Plagas. En: Vázquez M. H., Rodríguez-Morelos
451 V. H. & Vázquez-García E. (eds.). Manejo integral de caña de azúcar. Libro técnico. (pp.
452 147-186). Monterrey, México. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y
453 Forestales (INIFAP),.
454

455 SAGARPA. (2013). Importancia de la agroindustria de la caña de azúcar. Recuperado de:
456 [http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impacto](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf)
457 [s%20Ca%C3%B1a.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf). D.F. México.
458

459 Salgado, G., Bucio A., Riestra D. & Lagunes E. L d. C. (2013). Caña de azúcar: Hacia un manejo
460 sustentable. Villahermosa, Tabasco. Centro de Posgraduados Campus Tabasco-Instituto
461 para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco.
462

463 Secretaría de Economía. (2012). Análisis de la situación económica, tecnológica y de política
464 comercial del sector edulcorantes en México. Dirección General de Industrias Básicas.
465 Gobierno Federal. D.F., México. p. 94. Recuperado de:
466 [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sect](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf)
467 [orial_Mercado_Edulcorantes.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf)
468

469 Senties-Herrera, H. E., Gómez-Merino F. C., Valdez-Balero A., Silva-Rojas H. V. & Trejo-
470 Téllez L. I. (2014). The agro-industrial sugarcane system in Mexico: Current status,
471 challenges and opportunities. *Journal of Agricultural Science* 6(4), 26-54.
472

473 Subirós, R. F. (1995). El cultivo de la caña de azúcar. Costa Rica. EUNED.
474

475 Tariq, M. I., Afzal S., Hussain I. & Sultana N.. 2007. Pesticides exposure in pakistan: A review.
476 *Environment International* 33(8), 1107-1122.
477

478 Tomizawa, M. & Casida J. E. (2003). Selective toxicity of neonicotinoids attributable to
479 specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annual Review of Entomology*
480 48, 339-364.

481

482 Weiss, B., Amler S. & Amler R. (2004). *Pesticides Pediatrics*, 113(4), 1030-1036.

483

484 Zhao, M., Zhang Y., Liu W., Xu C., Wang L. & Gan J. (2008). Estrogenic activity of lambda-
485 cyhalothrin in the mcf- 7 human breast carcinoma cell line. *Environmental Toxicology and*
486 *Chemistry* 27(5), 1194-1200.

487

488 **Cuadro 1.1.** Uso histórico de plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en el DR035 La
 489 Antigua, Veracruz, México

| INSECTICIDAS | | | |
|----------------------------|----------------------------|---|--------------------|
| Nombre técnico | Grupo químico | Dosis recomendada | Años de uso |
| hexaclorobenceno (BCH) | Organoclorado | 20 kg ha ⁻¹ | 1980-1985 |
| triclorfon | Organofosforado | 2 kg ha ⁻¹ | 1980-1985 |
| carbaril | Carbamato | 25 kg ha ⁻¹ | 1980-1985 |
| malatión | Organofosforado | 20 kg ha ⁻¹ | 1980-1985 |
| clorpirifos | Organofosforado | 1.0 L ha ⁻¹ | 1985-1990 |
| endosulfán | Organoclorado | 1.5 L ha ⁻¹ | 1985-2004 |
| monocrotofos | Organofosforado | 1.0 L ha ⁻¹ | 1985- vigente |
| carbofurán | Carbamato | 1.5 L ha ⁻¹ ó 20 kg ha ⁻¹ | 1985- vigente |
| paratión metílico | Organofosforado | 1.5 L ha ⁻¹ | 1985- vigente |
| cipermetrina | Piretroide | 0.4 L ha ⁻¹ | 2000- vigente |
| λ-cialotrina | Piretroide | 0.4 L ha ⁻¹ | 2000- vigente |
| pirimicarb | Carbamato | 0.15 kg L ⁻¹ | 2005- vigente |
| zeta cipermetrina | Piretroide | 0.5 L ha ⁻¹ | 2008- vigente |
| carbosulfan | Carbamato | 1.5 L ha ⁻¹ | 2008- vigente |
| thiametoxam + λ-cialotrina | Neonicotenoide, piretroide | 0.3 L ha ⁻¹ | 2009- vigente |
| HERBICIDAS | | | |
| Nombre técnico | Grupo químico | Dosis | Años de uso |
| ametrina | Triazina | 2.0 a 5.0 kg ha ⁻¹ | 1980-vigente |
| diurón | Derivado de la urea | 2.0 kg ha ⁻¹ | 1980-vigente |
| atrazina | Triazina | 4.0 kg ha ⁻¹ | 1982- vigente |
| 2,4-D | Fenoxiacético | 2.0 L ha ⁻¹ | 1985- vigente |
| paraquat | Bipiridilo | sol. 2 % | 1985- vigente |
| picloram | Piridina | 2.0 L ha ⁻¹ | 1990-2000 |
| fluazifop-ρ-butilo | Fenoxiacético | 1.0 L ha ⁻¹ | 1995- 1998 |
| terbutrina | Triazina | 4.0 kg ha ⁻¹ | 1995-2000 |
| glifosato | Aminofosfonato | sol. 2 % | 1995- vigente |
| hexazinona | Triazina | 3.0 kg ha ⁻¹ | 2000- vigente |
| dicamba | Organoclorado | 2.0 L ha ⁻¹ | 2000- vigente |
| MSMA | Organoarsenical | sol. 2 % | 2005- vigente |
| trifloxisulfurón | Sal de sodio | 2.5 kg ha ⁻¹ | 2007- vigente |
| imazapic | Derivado imidazol | 0.21 kg ha ⁻¹ | 2007- vigente |

490

491

492 **Cuadro 1.2.** Plaguicidas utilizados por los productores de caña de azúcar en el DR035 La
 493 Antigua, Veracruz, México (Ciclo 2011/2012)

| INSECTICIDA | | |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Grupo químico | Nombre técnico | Porcentaje de uso (%) |
| Carbamato | carbofurán | 100.0 |
| | carbosulfán | 4.9 |
| Organofosforado | monocrotofos | 40.7 |
| Piretroide | cipermetrina | 6.2 |
| Neonicotenoide + Piretroide | thiametoxam, λ -cialotrina | 1.2 |
| Organoclorado | endosulfán | 1.2 |
| HERBICIDAS | | |
| Grupo químico | Nombre técnico | Porcentaje de uso (%) |
| Aminofosfonato | glifosato | 91.4 |
| Fenoxiacético + triazina | 2,4-D + ametrina | 80.2 |
| Clorofenoxi | 2,4-D | 46.9 |
| Triazinas | ametrina + atrazina | 51.9 |
| Organoarsenical | metano arsonato monosodio | 55.6 |
| Bipiridilo | paraquat | 7.4 |
| Derivado de urea | diurón | 11.1 |
| Piridina | picloram | 4.9 |

494

495

496 **Cuadro 1.3.** Acción toxicológica de los insecticidas y herbicidas de mayor uso en el cultivo de
 497 caña de azúcar en el DR035, de acuerdo con las respuestas de los productores entrevistados

| Nombre | DL ₅₀ * | Grupo químico** | Acción tóxica |
|-------------------|--------------------|---|---|
| endosulfán | 22.7* | Derivados de hidrocarburos halogenados | Se une a las proteínas de la membrana, altera su permeabilidad a iones sodio y potasio (Ferrer, 2003; Albert y Loera, 2005) |
| paratión metílico | 6* | Ésteres derivados del ácido fosfórico | Inhibición irreversible de AchE y estearasa neuropática, incremento del calcio celular lo que provoca desmielinización y degeneración del axón (Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo, 2007) |
| monocrotofos | 8* | | |
| carbofurán | 8* | Ésteres metilados y dimetilados del ácido carbámico con un grupo amino unido a un carbonilo | Inhibición reversible la actividad de la enzima AchE en su sitio activo (Albert y Loera, 2005) |
| carbosulfán | 51* | | |
| cipermetrina | 250* | Estructura similar a los ésteres del ácido crisantémico obtenidos del <i>C. cinerarietolium</i> | Cierra los canales de sodio que regulan la comunicación neuronal y el impulso nervioso, se manifiesta como parálisis (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994) |
| zetametrina | 320* | | |
| λ-cialotrina | 56* | | |
| thiametoxam | 1563* | Tiazol | Agonistas de los receptores postsinápticos nicotínicos de la Aco (Tomizawa y Casida, 2003; Rodrigues <i>et al.</i> , 2010) |
| glifosato | 5* | Amida fosfonometilada derivada de la glicina | Inhibe la síntesis de proteínas (Reigart y Roberts, 2009) |
| 2,4-D | 699* | Contienen un anillo aromático, halógenos y el grupo carbonilo | Disruptor endócrino (Reigart y Roberts, 2009) |
| ametrina | 508* | Imidazoles con sustituyentes halogenados, tiometilados y/o metoxilados | Disruptor de sistemas endócrinos e inmunitarios (Reigart y Roberts, 2009) |
| atrazina | 1780* | | |
| paraquat | 50** | Bipiridilos cuaternarios | Forma radicales libres que dañan los órganos de absorción (Reigart y Roberts, 2009) |

498 *DL50: dosis letal media (50 %) oral aguda en *rata, **bovinos (mg kg⁻¹). AchE: Acetil
 499 colinesterasa. Aco: Acetil colina. ** Tomado de (Albert y Loera, 2005).

CAPÍTULO II.
USO DE PLAGUICIDAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE RIEGO-035 LA
ANTIGUA, VERACRUZ

PESTICIDE USE IN SUGARCANE AGROECOSYSTEMS IN THE IRRIGATION
DISTRICT-035 LA ANTIGUA, VERACRUZ

Resumen

Objetivo: calificar las prácticas de uso de plaguicidas y analizar su relación con los síntomas de exposición ocupacional en productores de caña de azúcar y aplicadores de plaguicidas. Métodos: se realizaron 147 entrevistas a productores, productores-aplicadores y aplicadores en tres municipios del Distrito de Riego 035 en Veracruz. Se documentó prácticas de uso y plaguicidas utilizados. Se estimó un Índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (ICUP). Resultados: los agricultores utilizan de 3 a 6 herbicidas y de 1 a 2 insecticidas por ciclo. Los plaguicidas son elegidos por el productor con base en su experiencia. Es sobresaliente que los contenedores vacíos son dejados e incinerados en la parcela, desconocimiento sobre el tiempo de reentrada y el uso incompleto del equipo de protección personal (EPP). El ICUP fue mayor para el grupo de aplicadores (Tukey, $p \leq 0.05$), y presentó correlaciones significativas respecto a: edad, escolaridad, antigüedad como aplicador, antigüedad como productor, y frecuencia de uso de EPP como manga larga y pantalón, bota de trabajo, sombrero o gorra, guantes, protección dorsal y frontal. El 52 % de los entrevistados ha presentado síntomas de intoxicación aguda, con mayor prevalencia en el grupo de aplicadores, aunque no se detectaron efectos a largo plazo. Conclusiones: el uso de plaguicidas en los agroecosistemas cañeros se basa más en la experiencia personal que en algún proceso de transferencia de tecnología o capacitación técnica por parte de los ingenios. La escolaridad es un factor importante en las buenas prácticas de uso de plaguicidas.

Palabras claves: agricultores, exposición ocupacional, herbicidas, insecticidas, trabajadores rurales.

Abstract

Objective: qualify the practices of pesticide use and to analyze their relationship with the symptoms related to occupational exposure in sugarcane producers and pesticide applicators in sugar cane. Methods: one hundred and forty seven interviews were conducted with farmers and farmers-applicators and pesticide applicators in three municipalities of in the Irrigation District 035 in Veracruz. Management practices and pesticide use were documented. A Quality of Pesticide Use Index (QPUI) was estimated. Results: farmers use 3 to 6 herbicides and 1 or 2 insecticides per annual cycle. Pesticides are chosen by farmers relying on their experience. It is remarkable that empty containers are left and burned in the plot, lack of knowledge about the time of reentry and the incomplete use of personal protection equipment (PPE). The QPUI grater in the applicators group (Tukey, $p \leq 0.05$) and significant correlations with age, educational level, seniority as an applicator, seniority as a farmer, frequency in PPE use, such as long sleeve shirt and pants, neoprene boots, hat or cap, gloves, dorsal and frontal protection. Symptoms of acute intoxication were present in 52 % of interviewed, with greater prevalence in the applicators group, although no long lasting effects were detected. Conclusions: the use of pesticides in sugarcane agroecosystems relies most on farmers experience than in a real technology transfer processes or technical training supported by sugar factories technicians. The level of schooling is an important factor for best management practices on pesticide use.

Key words: farmers, herbicides, insecticides, occupational exposure, rural workers.

2.1. Introducción

El uso de los plaguicidas en la agricultura para el control de plagas es una práctica común desde los años posteriores a la II Guerra Mundial (Chambers *et al.*, 2001). En la agricultura convencional el uso de plaguicidas también presenta efectos negativos, como son los riesgos a la salud humana y la contaminación ambiental (van der Werf, 1996; Arias-Estévez *et al.*, 2008). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año ocurren alrededor de 3 millones de casos de intoxicación aguda por el deficiente uso y manejo de plaguicidas, con alrededor de 220 mil muertes (Jaga y Dharmani, 2003; Blair *et al.*, 2014). Cerca de 70 % de estas muertes se deben a exposición ocupacional (Yerena *et al.*, 2005). Pimentel (2005) estima que el costo del impacto en la salud pública por el uso de plaguicidas en EUA es de aproximadamente \$1140 millones de dólares por año. En la India se reporta un costo en salud anual de \$36 dólares por aplicador (Devi, 2007).

Los plaguicidas son definidos por la FAO como las sustancias que se emplean para destruir, atraer, controlar o repeler organismos considerados dañinos o indeseables. Los individuos se exponen a plaguicidas en forma directa o indirecta (Alavanja *et al.*, 2004). La exposición ocupacional representa la ruta directa y puede ocurrir en el caso de trabajadores agrícolas, ya sea a campo abierto o en invernaderos, trabajadores de la industria de fabricación de plaguicidas y en exterminadores caseros de plagas. La ruta indirecta ocurre en el resto de la población que no maneja plaguicidas, pero que entran en contacto con ellos a través de los alimentos, el agua y el aire (Damalas y Eleftherohorinos, 2011). La salud ocupacional, aunque bien documentada en los países desarrollados, es un tema que permanece ignorado en muchos países en desarrollo (Atreya, 2008). La presencia de plaguicidas en el ambiente laboral, sin importar el motivo, constituye un riesgo potencial de exposición (Starks *et al.*, 2012; Alavanja *et al.*, 2013; Butinof *et al.*, 2015). Los trabajadores que mezclan, cargan, transportan y aplican las formulaciones de plaguicidas son generalmente considerados como el grupo de mayor exposición por la naturaleza de su trabajo y son por tanto, el grupo con el mayor riesgo de presentar intoxicación aguda, crónica y efectos a largo plazo (Damalas y Eleftherohorinos, 2011; Liew *et al.*, 2014). En términos epidemiológico, los efectos de los plaguicidas en la salud humana están ampliamente documentados. Se sabe por ejemplo, que la exposición crónica a plaguicidas puede ocasionar problemas de salud agudos y graves como cáncer, desordenes endócrinos, reproductivos y degenerativos, y enfermedades respiratorias, entre otros (Yassin *et al.*, 2002; Kesavachandran *et*

al., 2009; Mnif *et al.*, 2011; Moretto y Colosio, 2013). A pesar de los efectos en su salud, los agricultores de países en desarrollo, siguen utilizando e incrementando la cantidad de plaguicidas aplicados (Atreya, 2008; Kesavachandran *et al.*, 2009). Además, existe aún el uso de productos prohibidos y restringidos en otros países (Ecobichon, 2001; Wilson y Tisdell, 2001; CICOPLAFEST, 2004; Lewis *et al.*, 2016).

La evaluación de la exposición en zonas rurales presenta diversas dificultades, debido al uso irregular de plaguicidas y a las fluctuaciones en sus formas de uso (Tielemans *et al.*, 2007). Las cifras oficiales con relación a los casos de intoxicación aguda por plaguicidas no reflejan la magnitud real del problema, ya que es evidente un subregistro en las estadísticas (Henaó y Nieto, 2008). Falta atención a estos casos de salud en las zonas rurales, donde los trabajadores agrícolas sufren los efectos más severos a consecuencia de la incorrecta aplicación de la legislación y del empleo de plaguicidas sin poseer el adecuado entrenamiento técnico (Hernández González *et al.*, 2007). Aunado a lo anterior, no existe un monitoreo sobre la población expuesta para conocer los casos de intoxicación crónica y la manifestación de efectos a largo plazo (Yerena *et al.*, 2005).

Dentro de los agroquímicos utilizados en el combate de plagas en la agricultura, sobresalen los insecticidas, funguicidas y herbicidas. En México, datos oficiales de la FAO indican que para el año 2013 el uso de insecticidas fue de 37×10^3 t y 31×10^3 t de herbicidas (FAO, 2014), y los estados con mayor volumen de comercialización de plaguicidas son Michoacán, Jalisco, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Guanajuato y Chiapas (INEGI, 2014).

La caña de azúcar es el cultivo más productivo a nivel mundial (Sentíes-Herrera *et al.*, 2014) y el principal cultivo industrial de México. Se practica en 15 estados de la República, y Veracruz es el principal estado productor (SAGARPA, 2013). El valor de producción primaria nacional es de 28×10^9 M.N. Participan en ella más de 165,000 productores y se emplea una cantidad no contabilizada de jornaleros (Aguilar-Rivera *et al.*, 2012). La caña de azúcar se cultiva en 227 municipios de México (Sentíes-Herrera *et al.*, 2014). Actopan, Paso de Ovejas y Úrsulo Galván son municipios ubicados en la zona centro del estado de Veracruz, y tienen una superficie cultivada con caña de azúcar de 17,401 ha (UNC, 2016), que por el volumen de plaguicidas utilizados y la proporción de población ocupacionalmente expuesta resulta en un alto impacto en la salud.

Para Baker *et al.* (2005), la caracterización de la exposición es uno de los mayores retos en el estudio de la relación de los plaguicidas y la salud. Lantieri *et al.* (2009), mencionan que la

aplicación de instrumentos adecuados, constituye una herramienta metodológica que permite construir perfiles sociolaborales de trabajadores en riesgo ocupacional, e identificar los factores de riesgo vinculados a las condiciones de utilización de los plaguicidas por parte de los agricultores, que fuesen condicionantes de una mayor exposición y que sean posibles de cambio con el objetivo de desarrollar medidas efectivas de protección.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue, calificar las prácticas de uso de plaguicidas los productores de caña de azúcar y aplicadores de plaguicidas, en el Distrito de Riego 035 La Antigua y analizar la relación entre las prácticas de uso de plaguicidas de los productores de caña de azúcar y aplicadores de plaguicidas con la presencia de síntomas asociados a exposición, aguda, crónica y efectos a largo plazo. Bajo la hipótesis de que las prácticas de uso de plaguicidas en la población ocupacionalmente expuesta (productores y aplicadores) en agroecosistemas con caña de azúcar del Distrito de Riego 035, son inadecuadas y el grado de exposición entre productores y aplicadores es diferencial y se relaciona con las prácticas de uso de plaguicidas mismo que se manifiesta mediante una mayor frecuencia de síntomas de intoxicación aguda y presencia de efectos a largo plazo en aplicadores.

2.2. Materiales y Métodos

Diseño

Este estudio fue conducido en tres municipios del DR035 La Antigua, perteneciente a la Región Hidrológica Golfo Centro, en el estado de Veracruz, los cuales son reconocidos por su importancia en la producción cañera. Estos municipios fueron: Actopan, Paso de Ovejas y Úrsulo Galván. Con una altitud que oscila de 24 a 175 msnm y una superficie de sembrada de caña de azúcar de 17,401 ha.

Cuestionario

Se operacionalizó la hipótesis de investigación y se diseñó un cuestionario preliminar estructurado, el cual fue utilizado en una prueba piloto a 20 sujetos de la misma zona de estudio. Posteriormente, el cuestionario final (Anexo 2) fue aplicado a 147 sujetos. Este cuestionario estuvo compuesto de la siguiente manera: características demográficas de los entrevistados, edad, sexo, escolaridad, antigüedad como productor y/o aplicador, extensión de la parcela con caña de azúcar, variedad de caña de azúcar, otros cultivos y su extensión, plaguicidas habituales que aplica en su parcela en caso de ser productor y en caso de ser aplicador a qué plaguicidas se

expone, características de su vivienda (material de construcción de paredes, piso y techo, número habitaciones, baños, ventanas, servicio de agua), características de su consumo de agua, combustible para cocinar y número de personas con las que habita, qué personas integran la familia con quien habita. Preguntas relacionadas con la toma de decisiones en la adquisición y aplicación de plaguicidas (sólo para productores). Prácticas habituales al momento de preparar y aplicar plaguicidas y uso de equipo de protección personal. Higiene posterior a la aplicación y forma de desecho y destino final de envases vacíos. Historial médico y herencia familiar. Presencia de síntomas relacionados con intoxicación a plaguicidas, así como relatoría de los eventos de intoxicación en caso de haberlos sufrido. En total el cuestionario constó de 156 preguntas.

Criterios de inclusión

Se constituyeron tres categorías de encuestados. Para definir a los productores (P) se seleccionaron hombres mayores de edad (≥ 18 años), dueños de al menos una parcela con caña de azúcar y que sólo aplicaran plaguicidas en su parcela. Se excluyó a productores con más de 15 ha de caña de azúcar, ya que al contar con mayores recursos y una extensión de tierra mayor recurren más a la contratación de jornaleros para la realización de las actividades dentro de la parcela, además de contar con algún trabajador que funge como administrador, dichos productores al tratar de responder a la entrevista se mostraron poco conocedores de los plaguicidas que se utilizan, épocas de uso y dosis. Para seleccionar a los productores aplicadores (PA) se eligieron hombres mayores de edad, dueños de al menos una parcela con el cultivo de caña de azúcar y que además de aplicar plaguicidas en su parcela, laboren aplicando plaguicidas en otras parcelas de caña de azúcar en la zona. Los aplicadores (A) fueron hombres mayores de edad que no fueran propietarios de parcelas con caña de azúcar y cuya principal actividad laboral sea la aplicación de plaguicidas en parcelas de caña de azúcar en la zona de estudio.

Sujetos

En este estudio se entrevistó un total de 147 sujetos. Para obtener el tamaño de muestra se recurrió a la fórmula de Scheaffer (Scheaffer *et al.*, 1987) a partir de un tamaño poblacional de 3480 productores registrados en el Módulo II del DR035. La muestra de acuerdo con la fórmula debió ser de 345 sujetos, sin embargo en el transcurso de la aplicación de entrevistas se llegó a un punto de saturación y se decidió recortar el tamaño de muestra a 109 productores y 38 aplicadores. La técnica utilizada para seleccionar a los entrevistados fue “bola de nieve”. Además, los informantes

claves fueron los trabajadores de la oficina de riego del DR035. Se explicó el objetivo del estudio a todos los participantes y se obtuvo su consentimiento antes de realizarles la entrevista.

Análisis de la información

La información recabada se incorporó en una base de datos en el programa STATISTICA. Con los datos obtenidos se construyó un Índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (ICUP), al otorgar una calificación específica, designada por expertos en el área, a cada una de las respuestas dadas por los entrevistados. El promedio de la puntuación obtenida por cada entrevistado conformó el ICUP (escala de 0 a 10), donde a mejores prácticas de uso, mayor ICUP:

$$\text{ICUP} = (\text{Calificación de la Pregunta 1} + \text{Calif. Preg. 2} + \dots + \text{Calif. Preg. } n) / n$$

Se realizó un análisis cualitativo de los datos demográficos (tipo: P, PA y A, edad, escolaridad, superficie con caña de azúcar, superficie con otros cultivos, superficie total, consumo de alcohol y cigarros), un análisis cualitativo de las variables nominales y cuantitativo bi-variado y correlaciones lineales de las variables numéricas (edad, escolaridad, años de experiencia en su trabajo: productor o aplicador, tamaño parcela, extensión con otros cultivos, extensión total de tierra, frecuencia de uso de: overol o traje completo, camisa de manga larga, pantalón, bota de trabajo, sombrero o gorra, mascarilla o paliacate, guantes, protección dorsal, protección frontal y lectura de la etiqueta, número de síntomas presentados e ICUP).

2.3. Resultados y Discusión

Perfil de los entrevistados

Se realizaron 147 entrevistas a productores y aplicadores de plaguicidas en la zona de abasto con la siguiente distribución por municipio: 59 encuestas (40.1 %) en Actopan, 38 (25.8 %) en Paso de Ovejas y 50 (34.1 %) en Úrsulo Galván. Del total de los entrevistados, 50 % fueron productores, 23.8 % productores que laboran como aplicadores de plaguicidas y 25.8 % aplicadores de plaguicidas exclusivamente. En el Cuadro 2.1 se presentan las características demográficas de los entrevistados.

Cuadro 2.1. Datos demográficos de los entrevistados.

| Características | Productor (N = 74) | Productor-Aplicador (N = 35) | Aplicador (N = 38) |
|--|-------------------------------|---|--|
| Género | Hombres | Hombres | Hombres |
| Edad en años [Media ± Desviación Estándar (DE)] | 57 ± 0.16 | 51.7 ± 0.28 | 37 ± 0.29 |
| Escolaridad máxima en años [Media ± DE] | 5.5 ± 0.05 | 5.2 ± 0.09 | 7.01 ± 0.1 |
| Superficie con caña de azúcar (ha) [Media ± DE] | 4.31 ± 0.04 | 3.33 ± 0.05. | NA |
| Consumidores de alcohol [n, (%)] | 40 (54 %) | 15 (42.85 %) | 28 (73.68 %) |
| Fumadores [n (%)] | 10 (13.51 %) | 7 (20 %) | 7 (18.4 %) |
| Superficie total con caña y/o otros cultivos (ha) [Media ± DE] | 5.29 ± 0.04 | 3.85 ± 0.06 | Un aplicador tiene 0.8 ha y dos tienen 4 ha de otros cultivos |

Prácticas de selección de plaguicidas

El control de plagas en caña de azúcar en los municipios bajo estudio lo realiza tanto el ingenio como los productores de caña de azúcar. El ingenio, previa autorización de los productores, realiza el control anual de mosca pinta, barrenadores del tallo y roedores. Por su parte, los productores se encargan principalmente del control de maleza, aunque también realizan la aplicación de insecticidas si lo consideran necesario, o si no contratan ese servicio con el ingenio. Para Sentíes-Herrera *et al.* (2014), la agroindustria de la caña de azúcar es una cadena de valor donde las organizaciones de productores primarios y la industria forman una red compleja bien estructurada. Este agronegocio representa el funcionamiento del sistema socioeconómico con más tradición y arraigo, a partir del triunfo de la Revolución Mexicana. Los resultados de este estudio muestran que efectivamente, el manejo de este agroecosistema se basa en tradiciones, en los sistemas de producción de subsistencia y de producción de transición, en las prácticas agrícolas en relación con la aplicación de plaguicidas, insecticidas y herbicidas. El productor tiene un papel preponderante como sistema de conciencia, así como la memoria colectiva, de tal forma que a lo largo del tiempo se ha logrado reproducir la actividad agrícola.

Prácticamente todo el proceso relacionado con la elección de los plaguicidas se basa en la experiencia que el productor ha ganado con el paso del tiempo o bien con la enseñanza intergeneracional (Cuadro 2.2). El productor elige los productos plaguicidas, las dosis, la periodicidad y la forma de aplicación. Los entrevistados indicaron que “aquí todos lo hacemos igual”, “los productos son los mismos cada año” o bien, “él (refiriéndose a un productor que lo acompaña) y yo, y todos los que estamos aquí, ponemos lo mismo”, “desde que entró la caña aquí, son los mismos (refiriéndose a los plaguicidas), los tengo anotados en mi libreta, era la de mi papá y ahora la uso yo”, “lo único que cambió es el nombre, el producto, como quien dice la sustancia, es la misma”.

De los 109 productores (P) entrevistados, 89 (81.6 %) dijeron elegir los plaguicidas que van a aplicar de acuerdo con su experiencia, puesto que cada año aplican los mismos productos; 18 productores (16.5 %) dijeron recurrir a algún especialista, ya fueran los técnicos de campo del ingenio, los técnicos de la asociación cañera o los vendedores de la tienda de agroquímicos; dos (1.83 %) mencionaron leer las etiquetas de los productos antes de adquirirlos, para elegir cual se adecua a sus necesidades. Para conocer si el producto que quieren aplicar controlará eficazmente las plagas de su cultivo, 54 productores entrevistados (49.54 %) recurren a su experiencia, ya que cada año son las mismas: gusano barrenador y salivazo, así como diversas arvenses.

Cuadro 2.2. Información sobre los criterios de selección, almacenamiento y preparación de plaguicidas seguidos por los productores entrevistados.

| Variable | Productores entrevistados (N = 109) [n (%)] |
|--|--|
| ¿Cómo se informa Ud. si el plaguicida de su interés es el adecuado para el cultivo? | |
| Porque lo dice la etiqueta | 1 (0.92) |
| Porque lo dicen los técnicos, supervisores, especialistas y/o vendedores | 42 (38.53) |
| Porque lo dicen otros productores | 9 (8.25) |
| Porque son los que se utilizan cada año | 57 (52.3) |
| ¿Cómo se informa Ud. si el plaguicida de su interés es el adecuado para la plaga que desea combatir? | |
| Algún especialista me dice qué producto debo adquirir, dependiendo de la plaga de mi cultivo | 43 (39.44) |
| Son los que se indican en la etiqueta, para la plaga que deseo combatir | 8 (7.33) |
| Se basa en su experiencia, cada ciclo usa los mismos | 54 (49.54) |
| Todos sirven por igual | 4 (3.66) |

| Variable | Productores entrevistados (N = 109) [n (%)] |
|--|--|
| ¿Cómo decide cuándo es necesario realizar mezclas? | |
| No mezclo productos | 11 (10.9) |
| Pregunto al técnico del ingenio, de la casa vendedora u otro especialista del área | 17 (15.6) |
| Verifico en la etiqueta las mezclas permitidas en cada producto | 4 (3.7) |
| De acuerdo con la experiencia de otros y la propia | 76 (69.7) |
| Todos los productos se pueden mezclar | 1 (0.92) |
| ¿Cómo elige la dosis de producto por hectárea? | |
| De acuerdo con lo que diga la etiqueta | 29 (26.6) |
| De acuerdo con lo que le indique el técnico del ingenio o el vendedor de la casa de agroquímicos | 15 (13.76) |
| De acuerdo a mi experiencia | 62 (56.88) |
| De acuerdo a lo que me recomienden otros productores | 3 (2.75) |
| ¿Cómo elige el número de aplicaciones por ciclo? | |
| Cuando considera que hay mucha plaga | 101 (92.66) |
| Tiene un calendario establecido con fechas de aplicación | 8 (7.34) |
| ¿En dónde almacena los plaguicidas nuevos? | |
| Bodega | 79 (72.47) |
| Patio o baño externo | 21 (19.26) |
| Dentro de la casa | 9 (8.25) |
| ¿Investiga tiempo de reentrada? | |
| En la etiqueta | 3 (2.75) |
| Los especialistas (técnicos, vendedores) nos dicen | 3 (2.75) |
| Pregunta a otro productor | 1 (0.91) |
| No investiga | 102 (93.57) |

La mayoría de los productores-aplicadores entrevistados pertenece al grupo de productores de subsistencia (1 a 5 ha de caña), los cuales generalmente aplican los plaguicidas ellos mismos y no contratan jornaleros. Sólo 3 de ellos (8.57 %) tiene más de 5 ha de caña de azúcar (5.5 y 6 ha), y son los que con mayor frecuencia trabajan como aplicadores en otras parcelas, sólo seis (17.14 %) tienen de 1 a 3 ha dedicadas a otro cultivo. De los productores que sólo aplican plaguicidas en su parcela con caña, 54 (72.97 %) pertenecen al grupo de productores de subsistencia, y de éstos, 23 (31.08 %) tienen tierra dedicada a otros cultivos y 26 (35.13 %) son adultos mayores (entre 60 y 80 años), que poco a poco le van cediendo el manejo del agroecosistema a algún hijo o yerno.

Todos los entrevistados aplican insecticidas y herbicidas (Cuadro 2.3), clasificados como extremadamente tóxicos, altamente tóxicos, moderadamente tóxicos y ligeramente tóxicos (CICOPLAFEST, 2004). De los insecticidas y herbicidas que utilizan los productores en esta zona de abasto, la mayoría no están aprobados para su uso en la Comunidad Económica Europea y son: cipermetrina, carbofurán (también prohibido en EUA), monocrotofos, thiametoxam (prohibido en Bulgaria, Malta y Países Bajos), λ -cialotrina (sólo permitida en Estonia, Luxemburgo y Malta), endosulfán (también prohibido en EUA y sólo aprobado en España), ametrina y atrazina (ambas prohibidas en EUA) y MSMA. Glifosato y 2,4-D no tienen restricciones de uso (Lewis *et al.*, 2016).

Cuadro 2.3. Plaguicidas utilizados por los productores entrevistados (N=109) y su categoría toxicológica.

| Plaguicida aplicado | Productores [n (%)] | Categoría toxicológica |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| carbofurán | 109 (100), | II |
| monocrotofos | 44 (40.7) | I |
| cipermetrina | 7 (6.4) | III |
| thiametoxam + λ -cialotrina | 2 (1.83) | IV y III |
| endosulfán | 2 (1.83), | II |
| glifosato | 100 (91.74) | IV |
| 2,4-D + ametrina | 87 (79.81) | III |
| 2,4-D | 51 (46.78) | III |
| ametrina + atrazina | 57 (52.29) | III, IV |
| MSMA | 61 (55.96) | III |
| paraquat | 8 (7.33) | II |

*Categoría toxicológica: I (extremadamente tóxico), II (altamente tóxico), III (moderadamente tóxico) y IV (ligeramente tóxico) (CICOPLAFEST, 2004).

En la más reciente actualización del Catálogo Plaguicidas, en agosto de 2016, COFEPRIS retiró el registro del insecticida endosulfán, junto con otros seis compuestos, el cual se encuentra en la categoría toxicológica II, como altamente tóxico. El proceso de cancelación inició en septiembre de 2013 y se hizo efectivo en agosto de 2016, una vez que se agotaron las existencias de dicho plaguicida en México (Méndez, 2014). El monocrotofos es categoría toxicológica I, extremadamente tóxico, y sin embargo tiene permitido su uso agrícola. Por su parte paraquat se encuentra en estatus de restringido y de acuerdo con la legislación vigente, sólo puede ser adquirido en las comercializadoras mediante la presentación de una recomendación escrita de un

técnico oficial o privado que haya sido autorizado por el Gobierno Federal (CICOPLAFEST, 2004).

Prácticas de aplicación de plaguicidas

El Cuadro 2.4 muestra las diferentes prácticas de aplicación de plaguicidas por parte de los 147 entrevistados respecto al horario de aplicación, cumplimiento del tiempo de reentrada, uso de equipo de protección personal, realización de tripe lavado de envases vacíos y su destino final.

La preparación tanto de insecticidas como de herbicidas es similar en todos los casos. Se utilizan tanques de 200 L que se venden en las casas comerciales y en cada tanque se preparan hasta 4 L o kg del plaguicida que se va a utilizar, o más en el caso de utilizar mezclas. La dosis de los agroquímicos varía según el criterio del dueño de la parcela, desde uno a tres tanques por hectárea.

El 55.9 % de los productores manifestaron preparar sus plaguicidas utilizando una o dos “medidas” de producto, sin especificar el volumen o el peso al que corresponden dichas medidas. Dijeron utilizar como medida una lata de chiles (de 90 a 220g), vasos desechables o bien “copitas”, cuando preparan menos de 200 L de producto (dosis por una aspersora de 20 L), principalmente durante la aplicación de herbicidas en el perímetro de la parcela, o en el caso de la preparación de insecticidas.

En la mayoría de los casos (96.59 %), la aplicación se realiza entre las 6 y las 10 h, porque son las horas más frescas del día y con menor viento, lo que facilita la aplicación. De los 147 entrevistados, 4 (2.72 %) manifestaron ser acompañados por algún amigo o familiar que no participa en la aplicación, con la finalidad de auxiliarlos en caso de algún accidente. Esta práctica sólo es realizada por algunos productores que han presentado síntomas de intoxicación mientras trabajan.

Es sobresaliente la falta de uso de EPP completo, como lo describen el Código de Conducta Internacional sobre la Distribución y Uso de Plaguicidas (FAO, 2006) y la NOM-017-STPS-2008 (DOF, 2008). Si bien, más de 90 % de los entrevistados utilizan pantalón, camisa de manga larga y sombrero o gorro cuando aplican plaguicidas, manifestaron que lo hacen por costumbre y porque los bordes de la hoja de caña logra lastimarles o cortarles la piel. Este mismo comentario lo realizaron aquellos entrevistados que utilizan paliacate o cubre-bocas (32.65 %). Los entrevistados que usan protección dorsal (25.85 %), corresponden al 20.27 % de los productores

y 31.5 % de los aplicadores; los que utilizan protección frontal (18.72 %), corresponden al 14.86 % de productores y 24.65 % de aplicadores.

Cuadro 2.4. Información sobre las prácticas de uso de plaguicidas observadas por los sujetos entrevistados (N=147).

| Variable | Productores entrevistados [n (%)] |
|--|--------------------------------------|
| Horario de la aplicación | |
| A partir de las 6 h | 142 (96.59) |
| Después de la 17 h | 1 (0.68) |
| De 6 a 13 h y de 16 a 18 h | 4 (2.72) |
| Duración de la jornada laboral | |
| 4 h | 122 (82.28) |
| 6 h | 21 (14.28) |
| 8 h | 4 (2.72) |
| Acompañantes durante la aplicación | |
| Supervisor que me auxilia en caso de accidente | 4 (2.72) |
| Ayudante | 113 (76.87) |
| Va solo | 30 (20.4) |
| Uso de Equipo de Protección Personal | |
| Bota o zapato cerrado/sombrero o gorra | 147 (100) |
| Camisa de manga larga | 143 (97.27) |
| Mascarilla, cubre-bocas o paliacate | 48 (32.65) |
| Guantes | 34 (23.12) |
| Protección dorsal, usualmente con un plástico | 38 (25.85) |
| Protección frontal, usualmente con un plástico | 29 (18.72) |
| Fuma durante la aplicación | |
| Si | 11 (7.48) |
| No | 136 (92.51) |
| Come y/o bebe líquidos durante la aplicación | |
| Al terminar y aseado | 66 (44.89) |
| Hago una pausa y me lavo las manos | 54 (36.73) |
| Al terminar pero no me lavo las manos | 5 (3.40) |
| No como, pero tomo líquidos mientras aplico si me da sed | 22 (14.96) |
| Higiene posterior a la aplicación | |
| Se baña en la parcela y cambia de ropa por limpia | 1 (0.68) |
| Cambio de ropa en la parcela pero se baña en casa | 14 (9.52) |
| En casa se baña y cambia de ropa cuando regresa de aplicar | 83 (56.46) |
| En casa se cambia de ropa cuando regresa de aplicar, pero se baña hasta la noche | 40 (27.21) |
| Se baña y se cambia de ropa hasta la noche | 9 (6.12) |
| Triple lavado de envases vacíos | |
| Triple lavado y perforación | 52 (35.37) |

| | |
|--|-------------|
| Lavado una o dos veces sin perforación | 75 (51.02) |
| Sin lavar se desechan | 19 (12.92) |
| Sin lavar se reutilizan | 1 (0.68) |
| Destino de envases vacíos | |
| Centro de acopio | 18 (12.24) |
| Basurero | 13 (8.84) |
| Se dejan en la parcela | 115 (78.23) |
| Se entierran en la parcela | 1 (0.68) |
| Ha presentado síntomas de intoxicación | 77 (52.38) |

La baja tasa de uso de equipo de protección personal fue encontrada en otros estudios (Delgado y Paumgartten, 2004; Waichman *et al.*, 2007; Recena y Caldas, 2008; Butinof *et al.*, 2015). Las razones dadas por los agricultores de su escaso uso fueron entre otras, la falta de costumbre, incomodidad por el calor y su costo (Austin *et al.*, 2001; Wilson y Tisdell, 2001; Cole *et al.*, 2002; Isin y Yildirim, 2007). (Cortés-Genchi *et al.*, 2008) también reportaron escaso uso de EPP, nulo apego a los tiempos de reentrada, así como falta de higiene inmediata a la aplicación de plaguicidas en 303 productores de hortalizas y floricultores de Valle de Tixtla, Guerrero, México.

Aunque 93.87 % de los entrevistados se cambia de ropa al terminar la aplicación, ya sea en la parcela o en su casa, es generalizada la costumbre de no lavar la ropa de trabajo durante los días que dure la aplicación de plaguicidas; tanto el pantalón como la camisa y las botas son dejadas al sol para que se sequen y son reutilizadas sin lavar los días siguientes.

El 35.37 % de los entrevistados mencionó seguir las indicaciones de triple lavado de envases vacíos y su perforación como se describe en la NOM-003-STPS-1999 (DOF, 1999), pero sólo el 12.24 % lleva los envases vacíos a los centros de acopio, que de acuerdo con el programa federal Campo Limpio, han sido instalados en las diferentes localidades de la zona. Una importante proporción de los entrevistados (12.92 %) desecha los envases sin lavar y 78.23 % los deja incluso en la parcela, donde son quemados durante la cosecha.

Presencia de síntomas de intoxicación

El 52.38 % de los entrevistados ha presentado síntomas de intoxicación durante la aplicación de plaguicidas al cultivo, de ellos 32 son productores (29.35 %), 21 productores-aplicadores (60 %) y 24 aplicadores (63.15 %). Los síntomas presentados son: ardor y/o comezón de piel,

quemaduras y/o ronchas, comezón, ardor y resequeidad de mucosas, mareo, náusea y/o vómito, cólicos estomacales, diarrea, dolor de cabeza, nerviosismo y reflejos alterados, somnolencia, sudoración, escalofríos, visión borrosa, entumecimiento y/o equimosis de lengua, debilidad y pérdida del conocimiento. Es destacable que de los 77 entrevistados (52.38 %) que manifestaron al menos uno de estos síntomas, sólo 3.4 %, todos ellos productores que presentaron desmayo o pérdida del conocimiento, fueron llevados a la clínica de salud de la comunidad. La baja tasa de atención médica recibida, evidencia el subregistro de casos de intoxicación, lo que ha sido documentado previamente por Cortés-Genchi *et al.* (2008).

Algunas declaraciones recurrentes durante las entrevistas se refirieron a la percepción de los productores sobre susceptibilidad de las plagas o los aplicadores a los plaguicidas utilizados y también sobre la generación de resistencia entre la población expuesta: “ellos (refiriéndose a las plagas) se hacen resistentes y nosotros también”, “al principio como que sí afecta, pero con el tiempo el cuerpo se va acostumbrando”, “el que es alérgico es alérgico y el que no, no”, “si me va a afectar, no importa lo que haga, porque uno ya lo trae”.

La alta incidencia de síntomas de intoxicación aguda en aplicadores de plaguicidas ya ha sido reportada por varios autores en México (Durán-Nah y Collí-Quintal, 2000; Hernández González *et al.*, 2007; Cortés-Genchi *et al.*, 2008; Mackinlay, 2008), en Argentina (Altamirano *et al.*, 2004; Lantieri *et al.*, 2009) y en Zimbawe (Maumbe y Swinton, 2003), por citar algunos ejemplos. Estadísticas de Centroamérica indican que 3 % de los trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas sufren cada año una intoxicación aguda (Fernández *et al.*, 2010). De los entrevistados en este estudio, 30 % refirió haberse intoxicado al menos una vez en su vida laboral y sólo el 14 % acudió al médico a tratar dicha intoxicación. El 23 % indicó haber presentado al menos un síntoma relacionado con exposición a plaguicidas. La presencia de una mayor frecuencia de síntomas, tanto en aplicadores como productores-aplicadores, pone de manifiesto que existe un mayor grado de exposición en estos dos grupos, con respecto al grupo de productores (Figura 2.1).

Los estudios epidemiológicos han asociado varios efectos sobre la salud con la exposición subaguda plaguicidas, incluyendo cáncer (Kang *et al.*, 2008), efectos endócrinos (Curwin *et al.*, 2005), reproductivos (Bretveld *et al.*, 2006; Meyer *et al.*, 2006), inmunológicos (Mamane *et al.*, 2015) y neurológicos (Casey y Collie, 1984; Starks *et al.*, 2012; Kang *et al.*, 2014), pero los resultados no han sido consistentes.

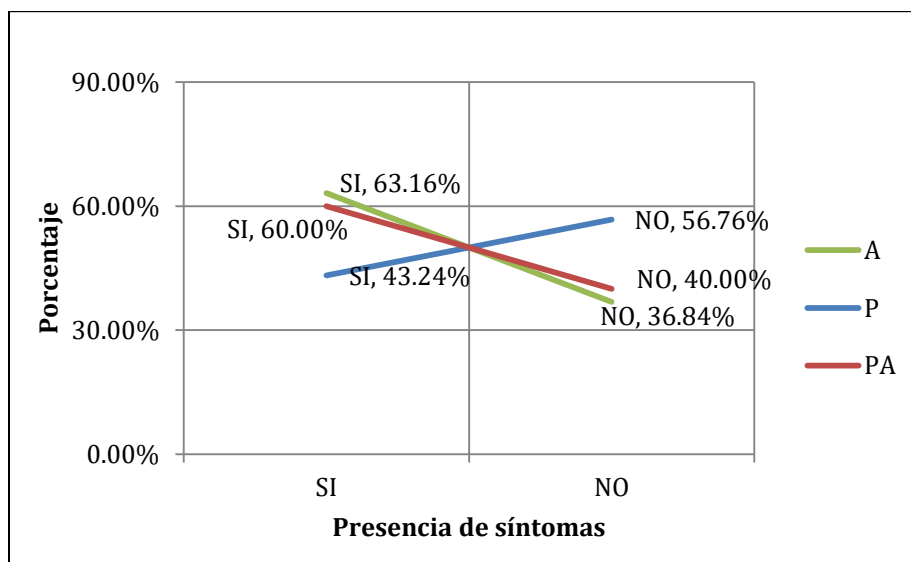


Figura 2.1. Presencia de síntomas de intoxicación aguda por grupo de entrevistados: productores (P), productores-aplicadores (PA) y aplicadores (A).

En este estudio no se logró encontrar una correlación entre la exposición a plaguicidas con efectos a largo plazo, probablemente por la baja frecuencia con la que el personal expuesto acude a los centros de salud ante los síntomas de intoxicación aguda, lo que dificulta su seguimiento.

Índice de calidad de uso de plaguicidas (ICUP)

El ICUP mostró diferencias entre los grupos estudiados (Figura 2.2) siendo mayor en el grupo de aplicadores con una calificación de 7.39 y con un valor de 6.84 y 6.88 para productores y productores-aplicadores respectivamente. En el Cuadro 2.5 se presentan las correlaciones de las variables numéricas evaluadas. Se aprecia que las dos variables correlacionadas con un mayor ICUP son edad y escolaridad, donde a mayor edad del entrevistado menor fue el ICUP y a mayor escolaridad mayor el ICUP. El grupo de aplicadores entrevistados presentó una media de edad de 37 años y una escolaridad de 7 años, mientras que el grupo de productores y productores aplicadores presentaron una edad promedio de 57 y 51.7 años, respectivamente y una escolaridad de 5 años en ambos grupos.

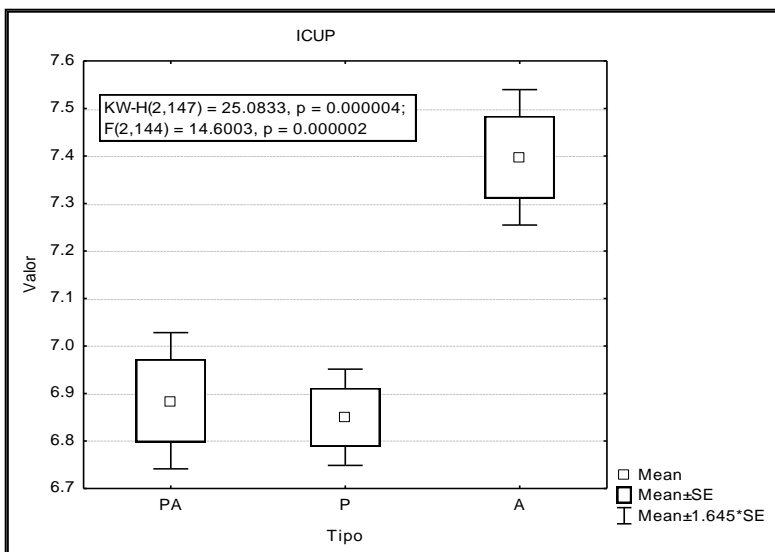


Figura 2.2. Índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (ICUP), por categoría de sujetos entrevistados: productores (P), productores-aplicadores (PA) y aplicadores (A).

El ICUP también presentó correlaciones significativas con antigüedad como productor y antigüedad como aplicador. A mayor antigüedad o experiencia como productor, menor ICUP y a mayor antigüedad o experiencia como aplicador mayor ICUP, esto quiere decir que la experiencia de los productores no los lleva a mejores prácticas de uso de plaguicidas. No hubo una correlación significativa entre ICUP y el número de síntomas presentados. La frecuencia de lectura de la etiqueta se correlacionó positivamente con el grado de instrucción de los entrevistados. Isin y Yildirim (2007) mencionan que el conocimiento por parte de los agricultores sobre el daño que pueden causarles los plaguicidas, no es suficiente para cambiar su comportamiento. Su principal preocupación es el ataque de plagas a su cultivo, lo que les conduciría a la pérdida de su seguridad económica.

Atreya (2007), con información similar sobre el uso de plaguicidas en Nepal, concluye que la población de aplicadores tiene un riesgo elevado de exposición debido a su bajo nivel de uso de plaguicidas, es decir, su poca capacitación.

Cuadro 2.5. Correlaciones de las variables numéricas evaluadas.

| | ED. | ESC. | A. PROD. | A. APLIC. | F. M. L. Y PANT. | F. B. | F. S/G | F. M/ C /P | F. G. | F. PD. | F. PF. | F. LE. | N. S. | ICUP |
|------------------|------|--------------|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| ED. | 1.00 | -0.60 | 0.69 | -0.14 | -0.09 | -0.15 | -0.12 | 0.07 | -0.13 | 0.04 | 0.01 | -0.09 | -0.22 | -0.22 |
| ESC. | | 1.00 | -0.27 | -0.10 | 0.06 | 0.09 | 0.14 | -0.01 | 0.16 | 0.08 | 0.08 | 0.19 | 0.14 | 0.21 |
| A. PROD | | | 1.00 | -0.47 | -0.06 | -0.03 | -0.03 | 0.00 | -0.16 | -0.04 | -0.03 | 0.01 | -0.15 | -0.33 |
| A. APLIC. | | | | 1.00 | 0.12 | 0.13 | 0.07 | -0.08 | 0.13 | 0.14 | -0.01 | -0.05 | 0.10 | 0.18 |
| F. M. L. Y PANT. | | | | | 1.00 | 0.72 | 0.77 | 0.07 | 0.14 | 0.08 | 0.14 | 0.01 | 0.13 | 0.23 |
| F. B. | | | | | | 1.00 | 0.79 | -0.01 | 0.11 | 0.05 | 0.13 | -0.07 | 0.12 | 0.26 |
| F. S/G | | | | | | | 1.00 | 0.09 | 0.07 | 0.01 | 0.10 | 0.03 | 0.14 | 0.20 |
| F. M/C/P | | | | | | | | 1.00 | 0.33 | 0.29 | 0.39 | 0.10 | 0.05 | 0.17 |
| F. G. | | | | | | | | | 1.00 | 0.36 | 0.30 | 0.13 | 0.13 | 0.21 |
| F. P.D. | | | | | | | | | | 1.00 | 0.71 | 0.08 | 0.08 | 0.35 |
| F. P.F. | | | | | | | | | | | 1.00 | 0.09 | 0.14 | 0.33 |
| F. LE. | | | | | | | | | | | | 1.00 | 0.02 | -0.02 |
| N. S. | | | | | | | | | | | | | 1.00 | 0.10 |
| ICUP | | | | | | | | | | | | | | 1.00 |

Correlaciones. Las correlaciones marcadas son significativas a $p < .05000$, N=14

ED.: edad (años), ESC: escolaridad (años), A. PROD.: antigüedad como productor (años), A. APLIC.: antigüedad como aplicador (años), F. M. L. Y PANT.: frecuencia de uso de manga larga y pantalón, F.B.: frecuencia de uso de bota de neopreno, F.S/G: frecuencia de uso de sombrero o gorra, F. M/C/P: frecuencia de uso de mascarilla, cubrebocas o paliacate, F. G.: frecuencia de uso de guantes, F. PD.:frecuencia de uso de protección dorsal, F. PF.: frecuencia de uso de protección frontal, F. LE.: frecuencia de lectura de etiqueta, N.S.: número de síntomas que han presentado

Para Abhilash y Singh (2009) la aplicación de plaguicidas en los países en vías desarrollados es poco segura, mencionan como factores relevantes a la falta de entrenamiento de productores y aplicadores sobre el uso adecuado de agroquímicos, el bajo grado de escolaridad, ignorancia sobre los riesgos potenciales que acarrea el uso de plaguicidas, prácticas de aplicación incorrectas, medición de la dosis por escalas propias, jornada laboral extendida, fumar y comer durante la aplicación, falta de EPP, principalmente botas, guantes y lentes o mascarilla, falta de facilidades para realizar su higiene posterior a la exposición, almacenamiento y disposición inadecuada de envases, carencia de servicios médicos adecuados, así como confusión de los síntomas de intoxicación con enfermedades comunes.

Efectivamente, en estos resultados se pone de manifiesto la importancia del grado de escolaridad sobre el correcto o incorrecto uso de plaguicidas; se documentó que los productores presentan una tendencia a hacer sus escalas propias de dosificación, lo que es una consecuencia de su baja capacitación en el uso adecuado de plaguicidas y de su poco conocimiento de los riesgos para la salud y el medio ambiente una dosificación inadecuada.

A pesar de la falta de actividades de capacitación por parte de los ingenios de la zona o de las organizaciones cañeras, los técnicos de campo hacen recorridos por los ejidos semanalmente y realizan recomendaciones concernientes al tipo de producto a aplicar, pero no sobre las prácticas adecuadas de uso de los agroquímicos.

2.4. Conclusiones

El proceso de toma de decisiones al que se enfrenta el productor al momento de elegir el o los plaguicidas que aplica en su cultivo, se basa en su experiencia y sólo en pocas ocasiones recurre al consejo de los técnicos de campo del ingenio u otros especialistas. La memoria colectiva toma un papel protagónico al momento de la elección de plaguicidas, a lo largo de las actividades relacionadas con la aplicación de los mismos.

La elevada frecuencia de síntomas asociados con exposición a plaguicidas, denota la vulnerabilidad de la población de productores y aplicadores expuestos. Además, sus condiciones de riesgo se exacerban por la falta de registros epidemiológicos y la escasa búsqueda de atención médica por parte de productores y aplicadores.

Las ICUP mayor en el grupo de aplicadores puso de manifiesto la importancia de la escolaridad en la mejora de las prácticas de uso de plaguicidas y una mayor frecuencia en la lectura de la etiqueta de los plaguicidas.

Se encontró una presencia diferenciada en el número de síntomas entre los grupos entrevistados, siendo mayor en aplicadores debido a que se exponen más tiempo a los plaguicidas que los productores que sólo aplican agroquímicos en su parcela.

A pesar de que se documentó la presencia de síntomas de intoxicación aguda a plaguicidas en un porcentaje elevado de la población entrevistada, no se encontró una relación entre la presencia de síntomas agudos y efectos a largo plazo por exposición crónica a plaguicidas. No obstante la presencia de síntomas agudos, las prácticas de uso de plaguicidas se mantienen entre los entrevistados. Destacó la falta de Equipo de Protección Personal completo y la presencia de prácticas higiénicas inadecuadas para la prevención de intoxicación aguda en todos los grupos.

2.5. Referencias

Abhilash, P. and N. Singh. 2009. Pesticide use and application: An indian scenario. *Journal of Hazardous Materials* 165: 1-12.

Aguilar-Rivera, N., D. Rodríguez, V. Enríquez, A. Castillo and A. Herrera. 2012. The mexican sugarcane industry: Overview, constraints, current status and long-term trends. *Sugar Tech* 14: 207-222.

Alavanja, M. C., J. A. Hoppin and F. Kamel. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: Cancer and neurotoxicity 3. *Annual Review of Public Health* 25: 155-197.

Alavanja, M. C., M. K. Ross and M. R. Bonner. 2013. Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure. *CA: A Cancer Journal for Clinicians* 63: 120-142.

Altamirano, J., R. Franco y M. B. Miltre. 2004. Modelo epidemiológico para el diagnóstico de intoxicación aguda por plaguicidas. *Revista de Toxicología* 21: 98-102.

Arias-Estévez, M., E. López-Periago, E. Martínez-Carballo, J. Simal-Gándara, J.-C. Mejuto and L. García-Río. 2008. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 123: 247-260.

- Atreya, K. 2007. Pesticide use knowledge and practices: A gender differences in nepal. *Environmental Research* 104: 305-311.
- Atreya, K. 2008. Health costs from short-term exposure to pesticides in nepal. *Social Science & Medicine* 67: 511-519.
- Austin, C., T. A. Arcury, S. A. Quandt, J. S. Preisser, R. M. Saavedra and L. F. Cabrera. 2001. Training farmworkers about pesticide safety: Issues of control. *Journal of Health Care for the Poor and Underserved* 12: 236-249.
- Baker, B. A., B. H. Alexander, J. S. Mandel, J. F. Acquavella, R. Honeycutt and P. Chapman. 2005. Farm family exposure study: Methods and recruitment practices for a biomonitoring study of pesticide exposure. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 15: 491-499.
- Blair, A., B. Ritz, C. Wesseling and L. B. Freeman. 2014. Pesticides and human health. *Occupational and Environmental Medicine* 72: 81–82.
- Bretveld, R. W., C. M. Thomas, P. T. Scheepers, G. A. Zielhuis and N. Roeleveld. 2006. Pesticide exposure: The hormonal function of the female reproductive system disrupted? *Reproductive Biology and Endocrinology* 4: 1-14.
- Butinof, M., R. A. Fernandez, M. I. Stimolo, M. J. Lantieri, M. Blanco, A. L. Machado, G. Franchini and M. d. P. Díaz. 2015. Pesticide exposure and health conditions of terrestrial pesticide applicators in córdoba province, argentina. *Cadernos de Saúde Pública* 31: 633-646.
- Casey, P. H. and W. R. Collie. 1984. Severe mental retardation and multiple congenital anomalies of uncertain cause after extreme parental exposure to 2, 4-d. *The Journal of Pediatrics* 104: 313-315.
- CICOPLAFEST. 2004. Catálogo de plaguicidas. México. URL: <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>.
- Cole, D. C., S. Sherwood, C. Crissman, V. Barrera and P. Espinosa. 2002. Pesticides and health in highland ecuadorian potato production: Assessing impacts and developing responses. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 8: 182-190.
- Cortés-Genchi, P., A. Villegas-Arrizón, G. Aguilar-Madrid, M. del Pilar Paz-Román, M. Maruris-Reducindo y C. A. Juárez-Pérez. 2008. Síntomas ocasionados por plaguicidas en

- trabajadores agrícolas. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* 46: 145-152.
- Curwin, B. D., M. J. Hein, W. T. Sanderson, D. B. Barr, D. Heederik, S. J. Reynolds, E. M. Ward and M. C. Alavanja. 2005. Urinary and hand wipe pesticide levels among farmers and nonfarmers in iowa. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 15: 500-508.
- Chambers, H., J. Boone, R. Carr and J. Chambers. 2001. Chemistry of organophosphorus insecticides. *In: Robert I. K.s (ed.). Handbook of pesticide toxicology Academic Press. California, EUA. pp. 913-917.*
- Damalas, C. A. and I. G. Eleftherohorinos. 2011. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 1402-1419.
- Delgado, I. F. e F. J. R. Paumgarten. 2004. Intoxicações e uso de pesticidas por agricultores do município de paty do alferes, Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* 20: 180-186.
- Devi, I. P. 2007. Pesticide use in the rice bowl of kerala: Health costs and policy options. South Asian Network for Development and Environmental Economics (SANDEE). SANDEE Working Paper No. 20-07. ISBN: 978-99946-810-9-9 Kathmandu, Nepal. 52p. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.5606&rep=rep1&type=pdf>
- DOF. 1999. Nom-003-stps-1999 norma oficial mexicana, actividades agrícolas-uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-condiciones de seguridad e higiene. URL: http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/guias/Guia_003.pdf.
- DOF. 2008. Norma oficial mexicana nom-017-stps-2008, equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo. URL: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-017.pdf>.
- Durán-Nah, J. J. y J. Collí-Quintal. 2000. Intoxicación aguda por plaguicidas. *Salud Pública de México* 42: 53-55.
- Ecobichon, D. J. 2001. Pesticide use in developing countries. *Toxicology* 160: 27-33.

- FAO. 2006. Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Versión revisada ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Roma. 35 pp. URL: <http://www.fao.org/3/a-a0220s.pdf>
- FAO. 2014. Uso de plaguicidas en México, año 2013. URL: <http://faostat3.fao.org/download/R/RP/S>.
- Fernández, D. G., L. C. Mancipe y D. C. Fernández. 2010. Intoxicación por organofosforados. Revista Med de la Facultad de Medicina 18(1): 84-92.
- Henaó, S. y O. Nieto. 2008. Curso de autoinstrucción en diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. . División de Salud y Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud (HEP/OPS), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) y proyecto PLAGSALUD de la OPS/OMS.
- Hernández González, M. M., C. Jiménez Garcés, F. R. Jiménez Albarrán y M. E. Arceo Guzmán. 2007. Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: Perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del Estado de México, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 23: 159-167.
- INEGI. 2014. Comercio al por mayor de fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra. Censos económicos 2014. Resultados definitivos. Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC). URL: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/saic/default.aspx>
- Isin, S. and I. Yildirim. 2007. Fruit-growers' perceptions on the harmful effects of pesticides and their reflection on practices: The case of Kemalpaşa, Turkey. Crop Protection 26: 917-922.
- Jaga, K. and C. Dharmani. 2003. Sources of exposure to and public health implications of organophosphate pesticides. Revista Panamericana de Salud Pública 14: 171-185.
- Kang, H., E. S. Cha, G. J. Choi and W. J. Lee. 2014. Amyotrophic lateral sclerosis and agricultural environments: A systematic review. Journal of Korean Medical Science 29: 1610-1617.
- Kang, H. S., M. C. Gye and M. K. Kim. 2008. Effects of endosulfan on survival and development of *Bombina orientalis* (Boulenger) embryos. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 81: 262-265.

- Kesavachandran, C. N., M. Fareed, M. K. Pathak, V. Bihari, N. Mathur and A. K. Srivastava. 2009. Adverse health effects of pesticides in agrarian populations of developing countries. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol 200. Springer. pp. 33-52.
- Lantieri, M., R. M. Paz, M. Butinof, R. Fernández, M. Stimolo y M. Díaz. 2009. Exposición a plaguicidas en agroaplicadores terrestres de la provincia de Córdoba, Argentina: Factores condicionantes. *Agriscientia* 26: 43-54.
- Lewis, K. A., J. Tzilivakis, D. J. Warner and A. Green. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 22: 1050-1064.
- Liew, Z., A. Wang, J. Bronstein and B. Ritz. 2014. Job exposure matrix (JEM)-derived estimates of lifetime occupational pesticide exposure and the risk of parkinson's disease. *Archives of Environmental & Occupational Health* 69: 241-251.
- Mackinlay, H. 2008. Jornaleros agrícolas y agroquímicos en la producción de tabaco en Nayarit. *Alteridades* 18: 123-143.
- Mamane, A., C. Raheison, J.-F. Tessier, I. Baldi and G. Bouvier. 2015. Environmental exposure to pesticides and respiratory health. *European Respiratory Review* 24: 462-473.
- Maumbe, B. M. y S. M. Swinton. 2003. Hidden health costs of pesticide use in Zimbabwe's smallholder cotton growers. *Social Science & Medicine* 57: 1559-1571.
- Méndez, E. 2014. Instan cancelar el registro de endosulfán. Nota periodística, sección sociedad y justicia. . La jornada, URL: <http://www.jornada.unam.mx/2013/09/23/sociedad/038n3soc>.
- Meyer, K. J., J. S. Reif, D. R. Veeramachaneni, T. J. Luben, B. S. Mosley and J. R. Nuckols. 2006. Agricultural pesticide use and hypospadias in eastern Arkansas. *Environmental Health Perspectives*: 1589-1595.
- Mnif, W., A. I. H. Hassine, A. Bouaziz, A. Bartegi, O. Thomas y B. Roig. 2011. Effect of endocrine disruptor pesticides: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 2265-2303.
- Moretto, A. and C. Colosio. 2013. The role of pesticide exposure in the genesis of parkinson's disease: Epidemiological studies and experimental data. *Toxicology* 307: 24-34.

- Pimentel, D. 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability* 7: 229-252.
- Recena, M. C. P. e E. D. Caldas. 2008. Percepção de risco, atitudes e práticas no uso de agrotóxicos entre agricultores de Culturama, MS. *Revista de Saúde Pública* 42: 294-301.
- SAGARPA. 2013. Importancia de la agroindustria de la caña de azúcar. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf>. D.F. México. .
- Scheaffer, R. L., W. Mendenhall y L. Ott. 1987. *Elementos de muestreo*. Grupo Editorial Iberoamérica. D.F., México. 321 p.
- Sentíes-Herrera, H. E., F. C. Gómez-Merino, A. Valdez-Balero, H. V. Silva-Rojas and L. I. Trejo-Téllez. 2014. The agro-industrial sugarcane system in Mexico: Current status, challenges and opportunities. *Journal of Agricultural Science* 6(4):26-54.
- Starks, S. E., J. A. Hoppin, F. Kamel, C. F. Lynch, M. P. Jones, M. C. Alavanja, D. P. Sandler and F. Gerr. 2012. Peripheral nervous system function and organophosphate pesticide use among licensed pesticide applicators in the agricultural health study. *Environmental Health Perspectives* 120(4): 515-520.
- Tielemans, E., R. Bretveld, J. Schinkel, B. V. W. De Joode, H. Kromhout, R. Gerritsen-Ebben, N. Roeleveld and L. Preller. 2007. Exposure profiles of pesticides among greenhouse workers: Implications for epidemiological studies. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 17: 501-509.
- UNC. 2016. Estadísticas de la agroindustria de la caña de azúcar. Unión Nacional de Cañeros, A. C. URL: <http://www.caneros.org.mx/estadisticas.html>
- van der Werf, H. M. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 60: 81-96.
- Waichman, A. V., E. Eve and N. C. da Silva Nina. 2007. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the brazilian amazon. *Crop Protection* 26: 576-583.
- Wilson, C. and C. Tisdell. 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics* 39: 449-462.

Yassin, M., T. A. Mourad and J. Safi. 2002. Knowledge, attitude, practice, and toxicity symptoms associated with pesticide use among farm workers in the gaza strip. *Occupational and Environmental Medicine* 59: 387-393.

Yerena, C. E., L. Hernández-Kelly, J. Ramírez, M. E. Riaño, M. del Refugio López, S. Fernández y A. Ortega. 2005. Influencia del polimorfismo del cyp2e1 sobre el riesgo de intoxicación aguda por exposición a plaguicidas. *Bioquímica* 30: 68-75.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Contrastación de Hipótesis

La Hipótesis Específica 1 indica que: En el Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz, han variado el uso de los plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en los últimos 30 años, de mayor a menor nivel de toxicidad y riesgos a la salud humana. Los datos históricos obtenidos demuestran que sólo se han dejado de utilizar los productos como DDT, así como algunos otros considerados obsoletos para el cultivo. Algunos plaguicidas utilizados actualmente tiene una clasificación toxicológica de menor riesgo con respecto a los que se usaban hace 30 años. Sin embargo, alguno de estos plaguicidas aunque tienen permitido el uso agrícola en México, están prohibidos en otros países. No se encontraron elementos suficientes para rechazar esta hipótesis.

La Hipótesis Específica 2 indica que: Las prácticas de uso de plaguicidas en la población ocupacionalmente expuesta (productores y aplicadores) en agroecosistemas con caña de azúcar del Distrito de Riego 035, son inadecuadas. Se encontró que algunas de las prácticas de uso de plaguicidas son inadecuadas, tales como la falta de uso de EPP completo, nulo conocimiento del tiempo de reentrada, falta de lectura de etiqueta, falta de higiene posterior a la aplicación y disposición inadecuada de envases vacíos. Se encontraron elementos suficientes para rechazar esta hipótesis.

La Hipótesis Específica número 3 indica que: El grado de exposición entre productores y aplicadores es diferente, se relaciona con sus prácticas de uso de plaguicidas y se manifiesta mediante una mayor frecuencia de síntomas de intoxicación aguda y presencia de efectos a largo plazo en aplicadores. Se encontró que la población de aplicadores presentó un mayor número de síntomas asociados con exposición ocupacional con respecto a los productores, lo que indica que entre la población expuesta hay diferenciación en el grado de exposición a plaguicidas. Se encontró que las prácticas de uso de plaguicidas son mejores en el grupo de aplicadores entrevistados, y que esto se relaciona con un mayor grado de escolaridad en el grupo de aplicadores, pero no se encontró una relación entre los síntomas presentes en la población ocupacionalmente expuesta y sus prácticas de uso de plaguicidas. No se encontraron elementos suficientes para rechazar esta hipótesis.

La Hipótesis General indica que: Los plaguicidas empleados históricamente en el cultivo de caña de azúcar han variado hacia productos mayor a menor toxicidad y el grado de exposición a plaguicidas es diferencial entre los productores y los aplicadores de plaguicidas de la zona de abasto cañero del Distrito de riego 035 La Antigua (DR035), así como sus prácticas de uso de plaguicidas las cuales se relacionan con la presencia de síntomas de intoxicación aguda, crónica y efectos a largo plazo. Es cierto que se han dejado de utilizar productos extremadamente tóxicos como el DDT y otros organoclorados, sin embargo la mayoría de los insecticidas y herbicidas aplicados en esta zona cañera, a pesar de ser permitidos para su uso agrícola en México, se encuentran restringidos y prohibidos en los países de Europa y algunos en EUA. Se encontró mayor presencia de síntomas en aplicadores que en productores, aunque no se encontró una relación entre dichos síntomas y efectos a largo plazo por exposición a plaguicidas ni con sus prácticas de uso de plaguicidas, las cuales son mejores en los aplicadores entrevistado que en los productores. No se encontraron elementos suficientes para rechazar esta hipótesis.

Conclusiones Generales

El enfoque de agroecosistemas, el enfoque de la complejidad y la Teoría de Sistemas Sociales Autopoiéticos fueron las herramientas teóricas utilizadas para entender la manera en que se realiza el proceso de toma de decisiones dentro de los agroecosistema cañeros, lo que da como resultado la elección de los plaguicidas que se aplicarán al cañal, su dosificación y periodicidad, entre otras.

El agroecosistema, visto desde la perspectiva de Morin, se puede entender como una interrelación de elementos económicos, sociales y ambientales, que no se pueden separar y que constituyen una entidad global (Morin, 2001). Al respecto, García (2006) señala que los elementos que conforman el agroecosistema están concatenados y sus funciones son mutuamente dependientes, lo que le da el carácter de complejo y heterogéneo, y por ello se requiere que su estudio sea interdisciplinario, lo que hace al agroecosistema interdefinible, es decir, se define a través de varias posturas.

Con Luhmann se complementan los enfoques de agroecosistemas y el de la complejidad. A pesar de que los sistemas sociales para Luhmann están constituidos exclusivamente de comunicaciones, los tres enfoques no son excluyentes y se pueden utilizar para entender el sistema social cañero.

La agricultura vista como una actividad social, en su contexto histórico y cultural, se caracteriza por cómo se reproducen los grupos sociales que la realizan en un determinado espacio geográfico (Casanova-Pérez *et al.*, 2015b). En el sistema social conformado por la agroindustria de la caña de azúcar, participan los sistemas parciales del Ingenio, asociaciones cañeras, módulos de riego, casa de insumos agrícolas, de producción de subsistencia, de producción de transición y de producción empresarial, todos ellos en una organización heterárquica.

Los sistemas parciales de producción de subsistencia, de producción de transición y de producción empresarial, se definen primordialmente por la superficie de la parcela. La producción de subsistencia para las parcelas con superficie hasta de 5 ha (ejidatarios), de producción de transición con parcelas de más de 5 ha hasta 10 ha y de producción empresarial de más de 10 ha (Secretaría de Economía, 2012). En estos sistemas parciales la autopoiesis genera una cultura del manejo agrícola (Casanova-Pérez *et al.*, 2015b). Para el caso de este estudio, se trata de una cultura del uso de plaguicidas.

Desde los enfoques agroecosistémicos, los productores son los controladores del sistema. Para Luhmann el resultado de la autopoiesis es la actividad agrícola (continuidad de los agroecosistemas operados bajo determinadas condiciones de cultura). Las operaciones de comunicación se realizan a través de un código de comunicación que cada sistema parcial tiene. Opera también la memoria colectiva, la cual es clave en la reproducción que se da del manejo de la parcela en cada sistema parcial de producción.

Las irritaciones se han dado a lo largo del tiempo, un ejemplo de esto es cuando un productor decide utilizar un producto nuevo que generalmente no ocuparían, cuando modifica la dosis o el calendario de aplicación, ya sea por recomendación de otro compañero, de los técnicos del ingenio o de los vendedores de la tienda de insumos agrícolas. También han ocurrido autoirritaciones, un buen ejemplo de ello es cuando los productores han modificado sus prácticas de uso de plaguicidas por presentar síntomas de intoxicación o incluso la decisión de dejar de aplicar personalmente dichos agroquímicos. Otro ejemplo es cuando los productores adoptan su propio sistema de medición de la dosis, con copitas, vasos de plástico o de unicel y latas de diverso volumen, se caracterizan por ser medidas que al productor le funcionan para su parcela y son distintas de un productor a otro. La resonancia ha dado lugar a que se utilicen nuevos productos, algunos extremadamente peligrosos cuando aparecen plagas nuevas en su parcela, o bien, la aplicación de herbicidas con mayor frecuencia cuando se da la aparición de arvenses más

resistentes; y al desarrollo de una mayor conciencia, entre los productores, del cuidado del medio ambiente al emplear plaguicidas menos tóxicos. Así se va creando la memoria colectiva dentro del sistema parcial: un productor le pasa su experiencia a otro, modificada por irritaciones, autoirritaciones o resonancias. El sistema evoluciona y se reproduce.

Sobre el tipo de plaguicida utilizado en esta zona de abasto, se logró documentar información histórica de los ingenios La Gloria y el Modelo. Dicha información pone de manifiesto que en el control de plagas se utilizan productos extremadamente tóxicos. En esta zona no se documentó que se realicen labores de capacitación por parte de la administración de los ingenios o de las asociaciones cañeras que, aunado al bajo grado de escolaridad de la población ocupacionalmente expuesta, se perfilan como los factores que podrían estar afectando las prácticas de uso de insecticidas y herbicidas, en las cuales resalta el uso parcial del Equipo de Protección Personal, falta de lectura de etiquetas, nulo conocimiento sobre el tiempo de reentrada, prácticas inadecuadas de higiene posterior a la aplicación, medición de la dosis por escalas propias, disposición inadecuada de envases vacíos y carencia en la búsqueda de atención y monitoreo médico adecuado.

Recomendaciones generales

Una de las limitantes de este estudio se relaciona con la falta de datos institucionales epidemiológicos, que pone en evidencia el subregistro existente y que imposibilitó discernir entre síntomas recientes y persistentes.

Existe una oportunidad de mejorar las prácticas de uso de plaguicidas y esto se logrará si se capacitan a los productores en temas relacionados con la toma de decisiones por parte de los ingenios y de las asociaciones cañeras. Dicha capacitación deberá comprender el conocimiento de las plagas que afectan al cultivo, tipos de plaguicidas y sus riesgos ambientales y sobre la salud humana y prácticas adecuadas de uso de plaguicidas. Para el caso de aplicadores se deberán implementar un programa de certificación y gestionar que los productores se aseguren de contratar sólo aquellos productores certificados.

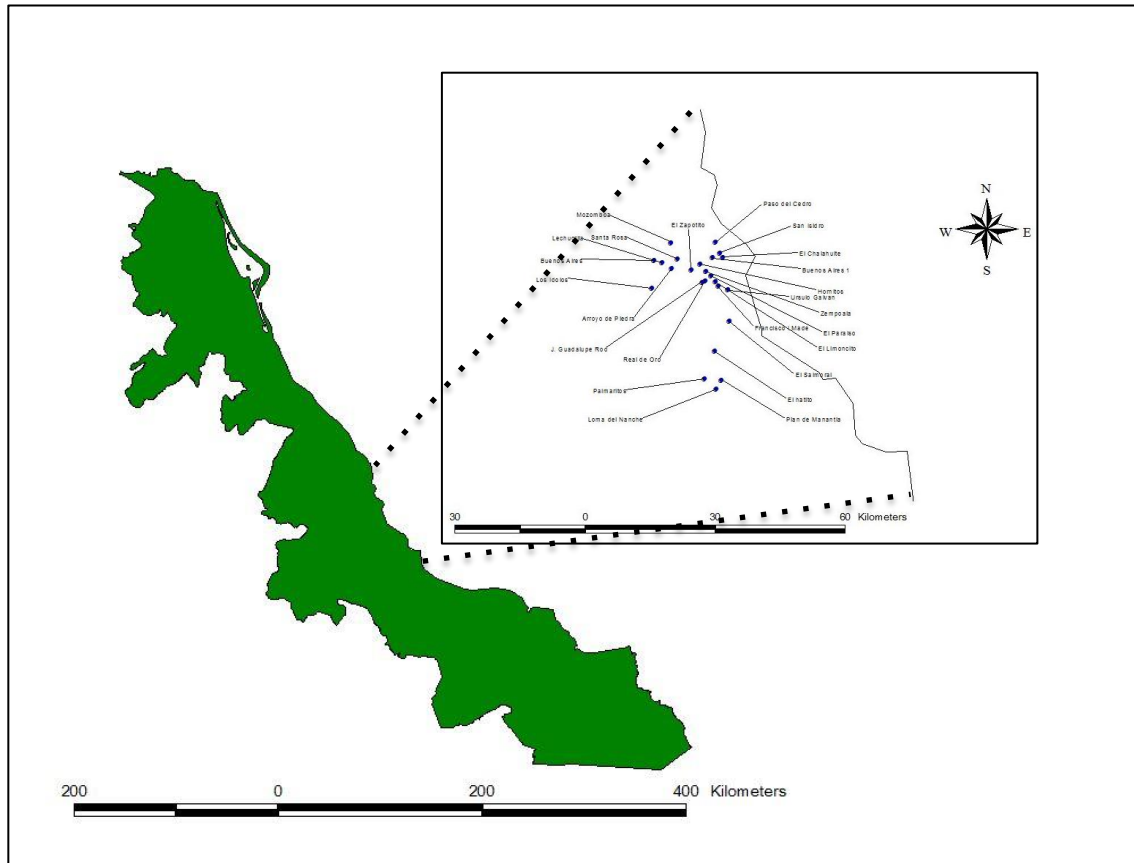
Se recomienda investigar la incidencia de daño genotóxico en las poblaciones expuestas. Algunas de las metodologías que se podrían aplicar son micronúcleos, ensayo cometa y aberraciones cromosómicas.

Por último es necesario la realización de estudios longitudinales, es decir, estudios de monitoreo de la población por periodos prolongados que permitan relacionar el grado exposición con la aparición de efectos a largo plazo.

ANEXOS

Anexo 1.

Localización del sitio experimental en la zona centro del Golfo de México, se señalan las localidades de interés.



Anexo 2.

Cuestionario aplicado a productores de caña de azúcar y aplicadores de plaguicidas del DR035 La Antigua, Veracruz

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>PRESENTACIÓN Mi nombre es Estela Ramírez Mora, soy estudiante de doctorado en el Colegio de Postgraduados, una institución en donde se realizan diversas investigaciones relacionadas con la agricultura. El motivo de esta entrevista y la aplicación del presente cuestionario es conocer sus prácticas de uso, actitud y percepción de riesgo con respecto al uso de plaguicidas, así como el historial médico de aplicadores de plaguicidas y productores de caña de azúcar del Distrito de Riego 035 La Antigua, del estado de Veracruz. Por lo cual le solicito de la manera más atenta, nos proporcione la información que le solicitamos con la mayor sinceridad. Las respuestas que Usted nos facilite serán analizadas únicamente con fines de esta evaluación, por lo tanto le aseguramos la confidencialidad en el manejo de los datos.</p> | | | |
| Productor (<input type="checkbox"/>) Productor-aplicador(<input type="checkbox"/>) Aplicador (<input type="checkbox"/>) <input type="checkbox"/> Y1 | | | |
| Nombre: | | | |
| Dirección permanente (<i>calle y #, o dom. Conocido</i>): | | | |
| Comunidad/ ejido | | | |
| Municipio: | | | |
| Fecha de entrevista | | | |
| | | | |
| 1. Aspectos generales del productor y/o aplicador de plaguicidas | | | |
| 1.1. Edad (<i>años cumplidos a diciembre de 2013</i>) <input type="text"/> <input type="text"/> X1 | | | |
| 1.2. Sexo 1) Masculino 2) Femenino <input type="checkbox"/> Y2 | | | |
| 1.3. ¿Hasta qué grado llegó en sus estudios? (<i>grado máximo</i>) <input type="text"/> <input type="text"/> X2 | | | |
| (primaria 1-6, secundaria 7-9, preparatoria o carrera técnica 10-12, universidad 13-16) | | | |
| 2. Características generales del sistema de producción | | | |
| 2.1. ¿Cuánto tiempo tiene cultivando caña de azúcar o como aplicador de plaguicidas? (años) <input type="text"/> <input type="text"/> X3 | | | |
| 2.2. ¿Cuál es su extensión total de tierra con caña de azúcar? (hectáreas) <input type="text"/> <input type="text"/> X4 | | | |
| 2.3. ¿Qué variedad de caña de azúcar tiene? | | | |

| | | | | |
|--|------------------------------|--|--|--|
| 1) | <input type="checkbox"/> Y3 | | | |
| 2) | <input type="checkbox"/> Y4 | | | |
| 3) | <input type="checkbox"/> Y5 | | | |
| 2.4. ¿En qué mes del año realizó el corte en el ciclo que caba de pasar? Si es aplicador, vaya a la pregunta 2.5 | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Y6 | | | |
| 2.5. ¿ Tiene otros cultivos o potrero? 1) Si 0) No | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Y7 | | | |
| (en caso de No pase a la pregunta 2.5) | | | | |
| 2.6. ¿Qué extensión de tierra tiene dedicada a otro cultivos? (hectáreas) | | | | |
| | <input type="checkbox"/> X5 | | | |
| 2.7. En caso de tener otros cultivos, ¿cuáles son éstos? | | | | |
| 1) Maíz | <input type="checkbox"/> Y8 | | | |
| 2) Frijol | <input type="checkbox"/> Y9 | | | |
| 3) Sandía | <input type="checkbox"/> Y10 | | | |
| 4) Sorgo | <input type="checkbox"/> Y11 | | | |
| 5) Mango | <input type="checkbox"/> Y12 | | | |
| 6) Papaya | <input type="checkbox"/> Y13 | | | |
| 7) Chile verde | <input type="checkbox"/> Y14 | | | |
| 8) Malanga | <input type="checkbox"/> Y15 | | | |
| 9) Pastos | <input type="checkbox"/> Y16 | | | |
| 10) Acahual | <input type="checkbox"/> Y17 | | | |
| 11) Arroz | <input type="checkbox"/> Y18 | | | |
| 12) Otro, especifique _____ | <input type="checkbox"/> Y19 | | | |
| 2.8. ¿Además de ser agricultor o aplicador de plaguicida, usted tiene otro empleo asalariado o negocio propio (si es aplicador pase a la pregunta 2.9) | | | | |
| 1) Si (continúe) 0) No (pase a la pregunta 2.10) | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Y20 | | | |
| 2.9. ¿Cuál es el otro empleo que tiene? (si es aplicador pase a la pregunta 2.12) | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Y21 | | | |
| 1) Jornalero | | | | |
| 2) Obrero | | | | |
| 3) Artesano | | | | |
| 4) Comerciante | | | | |
| 5) Oficios (<i>electricista, plomero, carpintero, otro</i>) | | | | |
| 6) Construcción (<i>albañil, yesero, otro</i>) | | | | |

| | | | |
|--|-----------------------|-------------------|-----|
| 7) Empleado de gobierno | | | |
| 8) Empleado de CNC, CNPR o del Ingenio: _____ | | | |
| 9) Otro (<i>especifique</i>) _____ | | | |
| 2.10. ¿Realiza personalmente la aplicación de plaguicidas en su (s) parcela (s) con caña de azúcar? <input type="checkbox"/> Y22 | | | |
| 1) Si (pase a la pregunta 2.9) 0) No (pase a la pregunta 2.8) | | | |
| 2.11. ¿A quién contrata?: _____ <input type="checkbox"/> Y23 | | | |
| (de ser posible especificar dirección) | | | |
| 2.12. ¿Qué plaguicidas ha aplicado a la parcela con caña de azúcar en los últimos tres meses? (Si es aplicador vaya a la pregunta 3.4) | | | |
| 2.12 (APLICADOR) ¿Qué productos son los que aplica con mayor frecuencia? (Si es aplicador vaya a la pregunta 3.5) | Nombre del plaguicida | Plaga que combate | |
| Y24 | | | Y25 |
| Y28 | | | Y29 |
| Y32 | | | Y33 |
| Y36 | | | Y37 |
| Y40 | | | Y41 |
| Y44 | | | Y45 |
| Y48 | | | Y49 |
| Y52 | | | Y53 |
| 3. Uso de plaguicidas | | | |
| 3.1. ¿Cómo se informa Ud. si el plaguicida de su interés es el adecuado para el cultivo? <input type="checkbox"/> Y56 | | | |
| 1) Porque se indican para caña de azúcar en la etiqueta | | | |
| 2) Porque son que me recomiendan los técnicos, supervisores o especialistas y/o vendedores | | | |
| 3) Porque son los que me recomiendan otros compañeros productores o aplicadores | | | |
| 4) Porque son lo que utilizan cada año, la experiencia me ha enseñado cuales son los adecuados | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique _____ _____ _____ | | | |
| 3.2. ¿Cómo se informa Ud. si el plaguicida de su interés | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| es el adecuado para la plaga que desea combatir? <input type="checkbox"/> Y57 | | | |
| 1) Algún especialista me dice qué producto debo adquirir, dependiendo de la plaga o maleza de mi cultivo | | | |
| 2) Son los que se endican en la etiqueta, para la plaga que deseo combatir | | | |
| 3) Porque siempre utilizo los mismos cada ciclo | | | |
| 4) Todos sirven por igual | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| 3.3. ¿Qué criterios utiliza para seleccionar el plaguicida que va a aplicar? <input type="checkbox"/> Y58 | | | |
| 1) Me acerco a especialistas de alguna institución, como un centro de investigación o el ingenio | | | |
| 2) En la tienda elijo el que yo quiera, después de leer la etiqueta | | | |
| 3) De acuerdo a mi experiencia, elijo entre los productos que conozco como funcionan. | | | |
| 4) Siempre pongo los mismos, es decir, tengo algunos productos favoritos y los aplico todos | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| 3.4. ¿De acuerdo a qué o a quién prepara el o los plaguicidas? <input type="checkbox"/> Y59 | | | |
| 1) De acuerdo a indicaciones de técnicos y especialistas | | | |
| 2) De acuerdo con las indicaciones de la etiqueta | | | |
| 3) Como me diga el productor u otros compañeros | | | |
| 4) Como siempre lo he hecho, las dosis siempre son las mismas para cada plaguicida | | | |
| 5) "A ojo" según como vea el cultivo | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| 3.5. ¿Qué recipientes y utensilios utiliza para preparar su plaguicida? (si es aplicador pase a la pregunta 3.7) <input type="checkbox"/> Y60 | | | |
| 1) Recipientes para preparación exclusiva de plaguicidas, graduados o de capacidad conocida | | | |
| 2) Recipientes de desecho | | | |
| 3) Cualquier recipiente que encuentre en mi casa, | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| después de usarlo lo regreso | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| | | | |
| 3.6. ¿Cómo decide cuando es necesario utilizar mezclas? ? <input type="checkbox"/> Y61 | | | |
| 1) No mezclo productos | | | |
| 2) Pregunto al técnico del ingenio, de la casa vendedora u otro especialista del área | | | |
| 3) Verifico en la etiqueta las mezclas permitidas en cada producto | | | |
| 4) De acuerdo con la experiencia de otros y la propia | | | |
| 5) Todos los productos se pueden mezclar | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 3.7. ¿En qué condiciones de viento realiza la aplicación de plaguicidas? <input type="checkbox"/> Y62 | | | |
| 1) Sin viento durante la aplicación | | | |
| 2) Poco viento durante la aplicación | | | |
| 3) Si hace viento no importa, porque aplico cuando tengo tiempo o cuando me lo ordenan | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 3.8. ¿A qué hora del día realiza la aplicación? (especificar hora) <input type="checkbox"/> Y63 | | | |
| 1) A partir de las 6 a.m. | | | |
| 2) A las 5 o 6 de la tarde | | | |
| 3) Entre las 11 a.m. y 4 p.m. | | | |
| 4) Empiezo a las 6 a.m. hago una pausa para comer y si no he terminado regreso de 4 a 6 pm | | | |
| 5) No importa la hora | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 3.9. ¿Cómo elige la dosis de producto por hectarea?? <input type="checkbox"/> Y64 | | | |
| 1) De acuerdo con lo que diga la etiqueta | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| 2) De acuerdo con lo que le indique el técnico del ingenio o vendedor de la casa de agroquímicos | | | |
| 3) De acuerdo a mi experiencia | | | |
| 4) De acuerdo a lo que me recomienden otros productores | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 3.10. ¿En qué condiciones de temperatura realiza la aplicación de plaguicidas? (si es aplicador pase a la pregunta 4.3) <input type="checkbox"/> Y65 | | | |
| 1) Fresco, temperatura baja, es cuando sale el sol dejamos de aplicar | | | |
| 2) Se inicia con el día fresco porque no ha salido el sol pero al terminar, la temperatura ya ha aumentado considerablemente | | | |
| 3) No importa la temperatura, se aplica cuando es necesario | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 3.11. ¿Cómo elige cuantas aplicaciones de plaguicida realizar por ciclo? <input type="checkbox"/> Y66 | | | |
| 1) Pregunto a los especialistas del ingenio o de otra institución | | | |
| 2) Cuando considero que hay mucha plaga | | | |
| 3) Ya se tiene un calendario establecido de aplicación | | | |
| 4) Aplico aunque no haya plaga | | | |
| 5) Siempre que tengo plaguicida lo aplico | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 3.12. ¿Cuántos plaguicidas utiliza para combatir la misma plaga? <input type="checkbox"/> Y67 | | | |
| 1) Dependiendo de lo que me diga el técnico del ingenio, | | | |
| 2) Utilizo mi criterio | | | |
| 3) Siempre e utilizan varios, | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 4. Manejo de plaguicidas | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4.1. ¿En qué tipo de envase almacena los plaguicidas sobrantes? <input type="checkbox"/> Y68 | | | |
| 1) No los almaceno, los compro cuando ya los voy a aplicar y el sobrante lo aplico (asperjo) en la parcela | | | |
| 2) En el envase original. | | | |
| 3) En cualquier envase que encuentre en mi casa. | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 4.2. ¿Dónde almacena sus nuevos? <input type="checkbox"/> Y69 | | | |
| 1) En una bodega fuera de mi casa (puede estar en el mismo solar de la casa o en la parcela) | | | |
| 2) En el patio o baño externo. | | | |
| 3) Dentro de mi casa (cuarto, cocina, sala o baño). | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 4.3. ¿Cómo se viste durante la preparación y aplicación del(o los) plaguicida(s) y herbicida(s)? (si es aplicador pase a la preg.4.5) | | | |
| 1) Camisa de manga larga <input type="checkbox"/> Y70 | | | |
| 2) Pantalón <input type="checkbox"/> Y71 | | | |
| 3) Botas <input type="checkbox"/> Y72 | | | |
| 4) Sombrero o gorra <input type="checkbox"/> Y73 | | | |
| 5) Guantes <input type="checkbox"/> Y74 | | | |
| 6) Mascarilla <input type="checkbox"/> Y75 | | | |
| 7) Protección en la espalda con un plástico o tela <input type="checkbox"/> Y76 | | | |
| 8) Protección al frente con un plástico o mandil <input type="checkbox"/> Y77 | | | |
| 9) Otra respuesta, especifique <input type="checkbox"/> Y78 | | | |
| | | | |
| 4.4. ¿Qué cantidad de plaguicida prepara para una hectárea de caña de azúcar? <input type="checkbox"/> Y79 | | | |
| 1) Preparo la cantidad según las indicaciones de la etiqueta y no me paso de la cantidad máxima | | | |
| 2) Lo preparo de acuerdo con las indicaciones de la etiqueta y utilizo mi criterio para adecuar la dosis | | | |
| 3) Preparo lo que me diga el técnico o el vendedor | | | |
| 4) Preparo lo que me diga algún productor o compañero que tenga experiencia | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 5) Siempre preparo la cantidad máxima que señala la etiqueta de cada producto para asegurar su efectividad | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique | | | |
| | | | |
| 4.5. ¿En qué condiciones físicas se encuentra su bomba mientras la utiliza para aplicar plaguicidas? <input type="checkbox"/> Y80 | | | |
| 1) Excelentes condiciones: limpia, funciona adecuadamente, se engrasa después de cada uso y se verifica que no esté tapada y que no presente derrames | | | |
| 2) Buenas condiciones No presenta derrames pero la boquilla puede estar tapada (se destapa sobre la marcha) | | | |
| 3) Regulares condiciones. Presenta derrames tanto en la boquilla como en la parte trasera (le podemos colocar algún plástico para evitar que siga escurriendo el líquido, o tener cuidado para no bañarnos de líquido). | | | |
| 4) Malas condiciones, La mochila no tiene tapa y de la boquilla escurre líquido continuamente, no se hace nada por evitar esta situación | | | |
| 5) Muy malas condiciones, debe ser cambiada inmediatamente | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique | | | |
| | | | |
| 4.6. ¿Cuánto dura su jornada diaria de trabajo cuando aplica plaguicidas y herbicidas? <input type="checkbox"/> Y81 | | | |
| 1) Cuatro horas o menos | | | |
| 2) Seis horas | | | |
| 3) Ocho horas | | | |
| 4) Dependiendo del tamaño de la parcela, pueden ser cuatro horas o más | | | |
| 5) Se trabaja desde la mañana hasta que anochece | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 4.7. ¿En qué momentos de su jornada laboral acostumbra fumar? <input type="checkbox"/> Y82 | | | |
| 1) En ningún momento o antes de iniciar | | | |
| 2) Cuando termino y todavía me encuentro dentro de la parcela | | | |
| 3) Hago una pausa para fumar | | | |
| 4) Fumo mientras aplico el plaguicida | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique | | | |
| | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| 4.8. ¿En qué momentos de su jornada laboral acostumbra comer o beber algún líquido? <input type="checkbox"/> Y83 | | | |
| 1) Antes de iniciar o cuando termino y después de asearme | | | |
| 2) Hago una pausa para comer o beber pero me aseo | | | |
| 3) Después de terminar pero antes de asearme | | | |
| 4) No como pero tomo agua u otra bebida mientras trabajo si se me antoja | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique | | | |
| | | | |
| 4.9. ¿Quién lo acompaña durante su jornada laboral? <input type="checkbox"/> Y84 | | | |
| 1) Alguien que no participa en la aplicación del plaguicida | | | |
| 2) Alguien que me ayuda a aplicar el plaguicida | | | |
| 3) Voy solo | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique | | | |
| | | | |
| 4.10. ¿Realiza alguna acción para indicar al productor u otros compañeros que en la parcela donde ha estado se acaba de regar plaguicida? <input type="checkbox"/> Y85 | | | |
| 1) Etiqueto señalando la fecha en que se aplicó el producto y con la fecha y hora de reentrada | | | |
| 2) No etiqueto pero dejo de ir uno o dos días | | | |
| 3) No es necesario, por que se puede entrar justo después de aplicar los productos | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique | | | |
| | | | |
| 4.11. ¿Investiga Ud. el tiempo de reentrada de los productos que se aplican en su parcela ? <input type="checkbox"/> Y86 | | | |
| 1) En la etiqueta | | | |
| 2) Los especialistas nos dicen (técnicos del ingenio u otra institución) | | | |
| 3) Con otros productores | | | |
| 4) No investigo, se puede entrar al cañal tan pronto acaba la aplicación | | | |
| 5) Otra respuesta | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| 4.12. Si utiliza mezclas, ¿cómo sabe cual es el tiempo de reentrada? <input type="checkbox"/> Y87 | | | |
| 1) En la etiqueta se explica cuál es el tiempo en cada caso | | | |
| 2) Es el mismo para todos | | | |
| 3) No es necesario esperar un tiempo para volver a entrar al cañal | | | |
| 4) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 4.13. De qué manera desecha los envases que contienen plaguicida? <input type="checkbox"/> Y88 | | | |
| 1) Se lavan tres veces al momento de preparar el plaguicida y se perforan | | | |
| 2) Los enjuago una o dos veces para aprovechar el producto | | | |
| 3) Se vacían y después se pueden tirar | | | |
| 4) Se vacían y se pueden reutilizar | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 4.14. ¿En dónde desecha los envases de plaguicida vacíos? <input type="checkbox"/> Y89 | | | |
| 1) Los llevo al centro de acopio o los dejo en un contenedor especial para ese uso | | | |
| 2) Los llevo a mi casa y ahí los tiro en la basura (los llevo al basurero del pueblo) o los llevo a la casa del productor que me contrató | | | |
| 3) Los dejo en la parcela y cuando llega el corte o se junta una buena cantidad, los quemo | | | |
| 4) Los entierro en la parcela | | | |
| 5) Otra respuesta, especifique _____ | | | |
| | | | |
| 4.15. Al terminar de aplicar los productos como plaguicidas y herbicidas en una parcela. ¿dónde y cómo se asea? <input type="checkbox"/> Y90 | | | |
| 1) Me baño en la parcelas, me cambio de ropa, y me dirijo a mi casa A lavar la ropa que utilicé | | | |
| 1) Me lavo las manos, me cambio de ropa, y me dirijo a mi casa para bañarme y lavar la ropa que utilicé | | | |
| 2) Sólo me lavo las manos en la parcela y me voy a bañar a mi casa | | | |

| | | | |
|---|--------|-----|-----------|
| 3) En la parcela me lavo las manos y me cambio de ropa pero no me voy a bañar | | | |
| 4) Me lavo las manos en la parcela pero no me voy a bañar ni me cambio de ropa | | | |
| 5) Continuo regando en otra parcela | | | |
| 6) Otra respuesta, especifique | | | |
| <hr/> | | | |
| 5. Percepción de riesgo | | | |
| 5.1. Por favor, califique las siguientes actividades del 0 (riesgo nulo) al 10 (muy alto riesgo): | | | |
| | | | |
| Actividad | 0 A 10 | | |
| Trabajar en el corte de la caña | | X6 | |
| Ser maestro | | X7 | |
| Trabajar en una oficina | | X8 | |
| Aplicar herbicidas y plaguicidas | | X9 | |
| Trabajar en el desmonte de las parcelas | | X10 | |
| Manejar un camión | | X11 | |
| Trabajar en la quema de la caña de azúcar | | X12 | |
| Ser de policía | | X13 | |
| Ser trabajador de Laguna Verde | | X14 | |
| Aplicar fertilizantes | | X15 | |
| Manejar un tractor | | X16 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 5.2. Por favor, indique si alguna de las opciones siguientes pueden ser consecuencia del uso de plaguicidas en caña de azúcar (Si o No) y califique la frecuencia con que se presenta del 0 (menor frecuencia) al 10 (mayor frecuencia) | | | |
| | | | |
| Consecuencias del uso, manejo y exposición a plaguicidas | 0 A 10 | | SI/ NO |
| Me puedo enfermar por el constante contacto con los productos | | X17 | |
| Mi familia puede sufrir consecuencias en su salud por estar en contacto con mi ropa de trabajo | | X18 | |

| | | | |
|---|--------|-----|-----------|
| La población cercana a las parcelas de caña de azúcar puede sufrir problemas en su salud | | X19 | |
| El agua de los ríos, lagos, arroyos se puede contaminar | | X20 | |
| Se puede contaminar el agua del canal de riego | | X21 | |
| El agua subterránea (por ejemplo, la de los pozos) se puede contaminar | | X22 | |
| El suelo de la parcela se puede contaminar | | X23 | |
| Aves, peces conejos, lombrices y mariposas pueden morir | | X24 | |
| Se puede afectar la salud de animales cercanos a las parcelas, tales como: burros, perros, gatos, becerros, gallinas y guajolotes | | X25 | |
| | | | |
| | | | |
| 5.3. Por favor, indique se es necesario (Si o No) utilizar los siguientes equipos o insumos al aplicar plaguicidas y diga con qué frecuencia de los usa Usted, desde 0 (uso nulo) a 10 (siempre lo usa) | | | |
| Insumos o equipos | 0 A 10 | | SI/ NO |
| Overol o traje completo | | X26 | |
| Camisa de manga larga y pantalón | | X27 | |
| Bota de trabajo | | X28 | |
| Sombrero o gorra | | X29 | |
| Mascarilla (protección de ojos, nariz y boca) | | X30 | |
| Guantes durante preparación y aplicación de los producto | | X31 | |
| Protección en la espalda contra derrames | | X32 | |
| Protección frontal contra derrames o rocíos accidentales | | X33 | |
| Leer la etiqueta | | X44 | |
| 6. Historial médico | | | |
| 6.1. Antecedentes heredo- familiares. ¿Sus padres han presentado alguna de las siguientes enfermedades? | | | |
| 6.1.1. Cáncer 1) madre 2)padre 3) ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y108 | | | |
| 6.1.2. Enf. Hepática 1) madre 2)padre 3) ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y109 | | | |
| 6.1.3. Sistema nervioso 1) madre 2)padre 3) ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y110 | | | |
| 6.1.4. Enf. Renales 1) madre 2)padre 3) ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y111 | | | |
| 6.1.5. Malformaciones congénitas 1) madre 2)padre 3) | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y112 | | | |
| 6.1.6. Hiper/Hipotensión 1) madre 2) padre 3) ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y113 | | | |
| 6.1.7. Cardiopatías 1) madre 2) padre 3) ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y114 | | | |
| 6.1.8. Diabetes 1) madre 2) padre 3) ninguno 4) ambos 5) no sé <input type="checkbox"/> Y115 | | | |
| 6.2. Antecedentes Personales | | | |
| 6.2.2. ¿Cuántos cigarrillos fuma diariamente? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> X34 | | | |
| 6.2.3. ¿Cuántas veces toma alcohol al mes? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> X35 | | | |
| 6.2.4. Uso de medicamentos (por prescripción médica) 1) Si 2) No <input type="checkbox"/> Y116 | | | |
| 6.2.5. Abortos 1) Si (en caso de ser mujer) 2) No 3) Si, de la esposa <input type="checkbox"/> Y117 | | | |
| | | | |
| 6.3. Materiales de vivienda | | | |
| 6.3.1. ¿De qué material está construido la mayor parte del piso de su casa? <input type="checkbox"/> Y118 | | | |
| 1) De cemento | | | |
| 2) De tierra | | | |
| 3) De madera | | | |
| 4) Otro (especifique) _____ | | | |
| | | | |
| 6.3.2. ¿De qué material está construido la mayor parte de las paredes de su casa? <input type="checkbox"/> Y119 | | | |
| 1) De tabique, tabicón o block | | | |
| 2) De adobe | | | |
| 3) De madera o palos | | | |
| 4) De palos y barro | | | |
| 5) Otro (especifique) _____ | | | |
| | | | |
| 6.3.3. ¿De qué material está construido la mayor parte del techo de su casa? <input type="checkbox"/> Y120 | | | |
| 1) De teja de barro o de madera (tejamanil) | | | |
| 2) De paja o palma | | | |
| 3) De lámina de cartón | | | |
| 4) De lámina galvanizada o de fierro | | | |

| | | | |
|--|------------|-----------------------------------|-----|
| 5) De lámina de asbesto | | | |
| 6) De losa de cemento | | | |
| 7) Otro (especifique) _____ | | | |
| 6.3.4. ¿Cuántas personas habitan en su casa incluyendo a Usted? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> X36 | | | |
| 6.3.5. ¿Cuántas habitaciones tiene su casa? (incluya habitaciones externas como baño, cocina y bodega) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> X37 | | | |
| 6.3.6. ¿Cuántas ventanas tiene su casa? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> X38 | | | |
| 6.3.7. ¿Cuántos sanitarios o letrinas tiene en su casa? | | | |
| Sanitarios <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> X39 | | | |
| Letrinas <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> X40 | | | |
| 6.3.8. ¿Qué tipo de combustible utiliza en su cocina? | | | |
| 1) Leña <input type="checkbox"/> Y121 | | | |
| 2) Gas <input type="checkbox"/> Y122 | | | |
| 3) Otro <input type="checkbox"/> Y123 | | | |
| 6.3.9. ¿De donde obtiene el agua que utiliza en su casa para beber? | | | |
| <input type="checkbox"/> Y124 | | | |
| 1) Tubería | | | |
| 2) Pozo | | | |
| 3) Río | | | |
| 4) Garrafón | | | |
| 5) Lluvia | | | |
| 6.4. Historial de enfermedades diagnosticadas | | | |
| Enfermedad | ENFERMEDAD | Antigüedad del diagnóstico (años) | |
| Y125 | | | X41 |
| Y126 | | | X42 |
| Y127 | | | X43 |
| Y128 | | | X44 |
| | | | |

| | | | |
|---|---|--|--|
| 6.5. Otros síntomas después de estar expuesto a plaguicidas (ardor o comezón en la piel u ojos, ronchas, sueño, dolor de cabeza, visión borrosa, fatiga, nerviosismo, reflejos alterados, diarrea, vómito, pérdida del conocimiento, convulsiones, otros) | ¿Ha sentido síntomas relacionados con intoxicación de plaguicidas durante o después de la aplicación? SI/NO | | |
| Y129 | | | |
| Y130 | | | |
| Y131 | | | |
| Y132 | | | |
| Y133 | | | |
| | | | |
| 6.6. Observaciones o comentarios del entrevistador o entrevistado: ____ | | | |
| | | | |

Anexo 3.

Archivo fotográfico.



Aplicando entrevista en El Limoncito.



Almacén de plaguicidas dentro de la vivienda.



Almacénde tanque de preparación de plaguicidas en el patio de la vivienda



Almacén de plaguicidas en bodega de usos múltiples.



Almacén de plaguicidas, tanques de preparación y bombas de aplicación en la cochera de la vivienda.



Almacén de plaguicidas y tanques de preparación en el patio de la casa.



Centro de acopio de envases vacíos en el Municipio de Úrsulo Galván. Programa Campo Limpio.



Aplicadores de plaguicidas en el municipio de Paso de Ovejas.



Aplicador de plaguicidas al terminar su jornada laboral en el Municipio de Actopan.