

EVALUACIÓN DEL IMPACTO CAUSADO POR EL USO DE PESTICIDAS EN LOS SISTEMAS NATURALES Y EN LOS POBLADORES DEL ÁREA CITRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE HIDALGO, TAMAULIPAS

Sóstenes Varela F., Lorenzo Heyer R., Francisco de la Garza R, Elizabeth Andrade L., Yesica Ortiz C., Barbara Macias H., Olga Ramos G., Rosa Arroyo D., Oscar Ontiveros G. Universidad Autónoma de Tamaulipas. UAM Agronomía y Ciencias, Centro Universitario Victoria, Cd. Victoria, Tamaulipas, C.P. 87149. Tel/Fax: 834-3181718.

svarela@uat.edu.mx

Resumen

Con el objetivo de elaborar Indicadores de Calidad Ambiental que permitan detectar el riesgo de exposición a pesticidas organofosforados en pobladores de la región citrícola de Tamaulipas, estimar el efecto de estos productos sobre la microbiota del suelo así como medir su acción sobre organismos no blanco asociados al cultivo de los cítricos, se planteó el presente trabajo de investigación. Las actividades fueron enfocados en varios aspectos: a) Determinar, a través de de la actividad de la acetilcolinesterasa, el efecto de los pesticidas en los pobladores de la zona de estudio b) Conocer, por medio de estimación de la actividad microbiana como producción de CO₂, la afectación que sufren los receptores primarios de agroquímicos por la aplicación de pesticidas c) Evaluar el impacto de los plaguicidas sobre la entomofauna benéfica asociada a *A. woglumi* d) Determinar la percepción del riesgo del uso de los plaguicidas por los habitantes de la zona. Los resultados parciales obtenidos a la fecha indican: Con respecto a los valores individuales de la actividad de acetilcolinesterasa en los pobladores, se observa que del total de los individuos que participaron en el estudio solamente 5 de ellos presentaron valores por debajo de las 3000 UI/L, cifra que es considerada como el límite inferior de normalidad. Se detectó un incremento en la producción de CO₂ en los suelos en estudio, después de la aplicación del malatión. Esto indica que la actividad biótica, respiración, en el suelo fue estimulada por la incorporación de esta sustancia; la cual puede ser explicado por la presencia de poblaciones microbianas del suelo con capacidad para degradar a estos compuestos produciéndose una selección de cepas microbianas con capacidad metabólica para usar a estos productos como insumos. Existe una marcada disminución en cuanto a los organismos benéficos que regulan la mosca prieta, sobretudo en la población reportada en el muestreo previo a la aplicación de pesticidas, esta era de 319 adultos de *E. perpelexa*, la cual se redujo a 176 individuos en el muestreo realizado tres semanas posteriores a la aplicación. Con respecto a la percepción de los efectos de la exposición a los pesticidas de los pobladores de la zona en estudio encuestados, se ubican en niveles de intoxicación subaguda, por lo que existe la posibilidad de implementar, o reforzar en su caso, campañas que promuevan el buen uso y manejo de estos productos agroquímicos.

Palabras claves: Ecotoxicología, Plaguicidas, Salud Ambiental.

Introducción

Dentro de la fruticultura nacional, la citricultura es una de las actividades más importantes, ya que la superficie establecida es de aproximadamente 521,272 hectáreas, con una producción media anual de 4.3 millones de toneladas de fruta con un valor estimado de 3,700 millones de pesos posicionando a México entre los primeros cinco productores mundiales.

En el estado de Tamaulipas, los cítricos representan el principal frutal establecido con 45,000 ha, cultivadas por 5,500 productores que cosechan más de 460,000 ton en la zona centro y sur del estado, lo cual representa una de las principales actividades económicas. Tamaulipas es el segundo estado a nivel nacional en producción de naranja, por lo cual esta actividad contribuye en forma importante a la economía estatal. En forma general la citricultura enfrenta retos importantes en cuestión sanitaria, los cítricos probablemente es el frutal que mas plagas y enfermedades alberga, lo cual repercute en el rendimiento y calidad del fruto.

En la actualidad el empleo creciente de plaguicidas es debido a que éstos son considerados el factor principal de la producción agrícola y de la calidad de la cosecha, sin embargo debido a deficiencias operativas en las prácticas agrícolas, tales como el uso desmedido e irracional de plaguicidas genera efectos colaterales negativos que dañan la salud humana y el medioambiente, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Con los potenciales de contaminación que tienen estas sustancias químicas existe un riesgo a la generación de efectos adversos en la salud de las comunidades y en los ecosistemas. Sin embargo en México, a pesar de estar suscrito en convenios internacionales en materia de salud ambiental y contaminación por sustancias químicas, cuenta con pocos estudios para establecer la relación entre contaminación química y salud pública.

En los últimos años ha surgido un nuevo enfoque para llevar a cabo estos estudios conocido como enfoque ecosistémico, el cual parte de que la salud no es la ausencia de enfermedad, sino que la salud está mejor definida como una participación armónica en los recursos del medio ambiente, que permite a los individuos el desarrollo pleno de sus funciones y aptitudes. Así el enfoque ecosistémico es una estrategia para el manejo integrado del medio ambiente para la promoción de la salud humana y la sustentabilidad de los ecosistemas, relacionando los recursos naturales y ambientales con los componentes antropogénicos e integrando los factores sociales, económicos y culturales relativos al entorno de vida.

El objetivo de este trabajo fue elaborar Indicadores de Calidad Ambiental que permitan detectar la exposición a pesticidas organofosforados en pobladores de la región citrícola de Tamaulipas, el efecto de estos productos sobre la actividad microbiana del suelo y medir el efecto sobre organismos no blanco asociado al cultivo.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio:

El municipio de Hidalgo pertenece a la subregión Victoria No. 4 del Estado de Tamaulipas y su cabecera municipal, Villa de Hidalgo, se encuentra localizada a los 24° 9' 18' latitud norte y a los 1° 5' 12" longitud oeste, a una altitud de 400 metros sobre el nivel del mar. El Municipio cuenta con una extensión territorial de 2,142.43 kilómetros cuadrados, lo que representa el 2.33 por ciento del total de la entidad. El Municipio de Hidalgo cuenta con una población total de 24,281 habitantes, alrededor del 32.94 % de la población corresponde al área urbana y el 67.06 a la población rural.

Para ello se elaboraron matrices causa–efecto para la contaminación de medios ambientales y exposición de poblaciones, en relación con las fuentes de contaminación por pesticidas organofosforados, según el tipo de exposición y población afectada y los aspectos socioeconómicos por el uso de plaguicidas. Basados en estas matrices se elaboraron Indicadores de Calidad Ambiental que permitan evaluar de manera continua el estado, la presión ejercida y las respuestas al uso de plaguicidas y sus efectos a la salud.

Las actividades de este proyecto fueron divididas en cuatro capítulos, los cuales se presentan a continuación:

I. Actividad de la acetilcolinesterasa en pobladores de la región citrícola de Tamaulipas

Se realizó un estudio transversal en tres muestras representativas de los pobladores de la región clasificados como:

- a) Población General, compuesta de personas mayores de 15 años que viven en el ejido Francisco I. Madero del Municipio de Hidalgo pero que no realizan trabajos agrícolas.
- b) Trabajadores Agrícolas, compuesta de personas mayores de 15 años que viven en el Ejido José Ma. Morelos Municipio de Hidalgo y se dedican al cultivo de huertas de naranja.
- c) Población Infantil, compuesta de personas menores de 15 años que viven en el municipio de Güémez, Tamaulipas.

A cada individuo participante se le realizó una encuesta sobre sus antecedentes de salud y se tomó una muestra de sangre, a la cual se le determinó la actividad de la acetilcolinesterasa plasmática.

La determinación de la actividad de la acetilcolinesterasa plasmática se realizó mediante el método de Ellman *et al.*, (1961), este es un método cinético el cual se basa en que la colinesterasa hidroliza la Butiriltilocolina formando tiocolina la cual se une al ácido 5,5 ditiobis-2-nitrobenzoico (DTNB) formando un complejo de color amarillo. Se registran los cambios de absorbancia a 412 nm sobre un periodo de 2

minutos cada 30 segundos. Posteriormente se calcula el promedio del incremento de absorbancia por intervalo de 30 segundos ($\Delta A/30$ s) y se multiplica por un factor de 23460 para obtener la actividad de la enzima expresada en unidades internacionales (UI) por litro. Siendo una unidad internacional (UI) la cantidad de enzima que convierte 1 μmol de sustrato por minuto.

II. Estimación de la actividad microbiana del suelo a través de la producción de CO_2

Se hizo un recorrido por la zona de estudio donde se tomaron 48 muestras de suelo superficial en ocho huertas; los muestreos se realizaron en dos periodos, el primero se realizó en el mes de marzo previamente al inicio de la fumigación aérea con malatión, y el segundo se realizó durante el mes de Mayo durante las semanas cinco a ocho del periodo de fumigación. Las muestras se obtuvieron mediante el procedimiento de muestreo compuesto, consistente en la recolección de aproximadamente 30 muestras simples de 100 g c/u, tomadas en puntos de muestreo distribuidos al azar en la superficie del huerto, posteriormente las muestras se mezclaron y se redujeron a una muestra de 1 Kg de suelo mediante cuarteo. Estas muestras de suelo fueron utilizadas para los ensayos para determinar la respiración edáfica así como la fitotoxicidad del pesticida aplicado.

a) Respiración edáfica

La respiración del suelo, como actividad microbiana, puede ser un buen indicador del grado de contaminación en los suelos (Insam *et al.*, 1996; Kuperman and Margaret, 1997), tiene un claro significado ecológico y una enorme importancia hoy en día dentro del conocimiento de la calidad y salud del mismo; con este parámetro se pretende conocer el estado biológico del suelo a partir de CO_2 desprendido en un tiempo determinado.

El método aplicado en este trabajo de investigación se basa en determinar la producción de CO_2 en el suelo después de la incubación de una muestra donde la temperatura y humedad son controladas. Se colocan 30 g de suelo con una humedad del 50% de su capacidad de retención de campo en un frasco ámbar de 250 cm^3 , al cual está provisto de tapón con Septem que permite un cierre hermético, que permita pinchar para extraer el gas. Se incubó durante 24 horas a 28 °C, tras lo cual se mide la producción de CO_2 con un respirómetro extrayendo automáticamente una alícuota de gas del interior del frasco mediante una jeringa con aguja que pasa por el aparato para ser analizado.

b) fitotoxicidad

Por otro lado se estimó la fitotoxicidad, como porcentaje de germinación de semillas seleccionadas, de los pesticidas aplicados en la zona de estudio. Para tal efecto se usaron semillas de maíz, Colocándose 10 semillas de cada semilla de cada planta a germinar en bandejas con suelo.

Se realizaron los diferentes análisis estadísticos de los resultados obtenidos durante este ensayo: ANOVA dos vías: Actividad Microbiana antes versus Ejido, Huerta; Prueba t para dos muestras no apareadas Actividad Microbiana; Prueba t para dos muestras no apareadas para fitotoxicidad.

III. Evaluación del impacto de los plaguicidas sobre la entomofauna benéfica asociada a *A. woglumi*

En esta etapa del proyecto, se realizaron recorridos por diferentes localidades de la zona citrícola del Mpio. de Hidalgo, Tam. con el fin de ubicar huertos con presencia de *A. woglumi*, de esta forma se encontraron dos huertas, una en el Ejido Emiliano Zapata (Localidad 1) y la otra en el Ejido Vicente Guerrero (Localidad 2). Con los productores cooperantes, se llegó al acuerdo que cuando programaran aplicaciones de plaguicidas nos permitieran evaluar el efecto de dichas aplicaciones sobre los organismos benéficos asociados a la Mosca prieta de los cítricos.

En los sitios antes mencionados previo a cada aplicación se realizó un muestreo, donde se colectó material biológico (hojas infestadas por la plaga) así como tres evaluaciones posteriores con frecuencia semanal, lo anterior con la finalidad de monitorear el efecto causado de la aplicación sobre parasitoides de *A. woglumi* (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Aplicaciones y dosis de plaguicidas realizadas por productores cooperantes del municipio de Hidalgo, Tam. contra plagas que atacan a los cítricos.

Localidad	Fecha de aplicación	Productos y dosis	Plaga a controlar
1	12 Jun 2008	5 litros de citrolina en 2000 litros de agua / hectárea	Fumagina (<i>Capnodium citri</i>)
1	2 Sept. 2008	8 kg. de Azufre humectable en 2000 litros de agua / hectárea	Arador o negrilla de los cítricos (<i>Phyllocoptruta oleivora</i>)
1	7 Feb 2009	3 litros de Dimetoato en 2000 litros de agua / hectárea	Mosca prieta de los cítricos (<i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby)
2	26 Jun 2008	10 litros de Citrolina + 5 kg de jabón foca en 2000 litros de agua / hectárea	Mosca prieta de los cítricos (<i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby)
2	14 Ago 2008	4 litros de Malathion en 2000 litros de agua/hectárea	Mosca prieta de los cítricos (<i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby)
2	13 Oct 2008		Mosca prieta de los cítricos (<i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby) y fumagina (<i>Capnodium citri</i>)

El material en laboratorio es colocado en recipientes oscuros, con orificios de ventilación en la tapa, la cual tiene por la parte interior tela de organza para evitar el escape de los individuos al emerger, en uno de los orificios se colocó un tubo de ensaye para colectar los ejemplares emergidos. Estos recipientes se introdujeron en una cámara bioclimática Biotronette Mark III (Labline Instruments Inc.) a una temperatura de 30 - 32 °C y con régimen lumínico 12:12 h (luz-oscuridad) hasta la emergencia de los parasitoides. De igual manera para mantener una humedad

relativa constante, se colocaron recipientes con una solución de cloruro de sodio saturada de acuerdo a la metodología de Winston y Bates (1960).

Una vez que termina la emergencia de los parasitoides se realiza el conteo de los mismos, utilizando una caja petri bajo el microscopio estereoscópico y obteniendo de esta forma el número de individuos y el sexo de los mismos, posteriormente con la ayuda de un pincel se recoge el material en un frasco vial de vidrio, debidamente etiquetados.

La identificación taxonómica de los ejemplares se realizó por la Dra. Svetlana N, Myartseva (UAT), especialista en Aphelinidae, utilizando las claves de Huang y Polaszek (1998); Schauff, Evans y Heraty (1996).

IV. Percepción del riesgo por el uso de los plaguicidas

El uso de plaguicidas ha aumentando en forma indiscriminada en países en vías de desarrollo, los estudios realizados en México, como en otros países con características similares, durante las últimas dos décadas, han mostrado problemas substanciales como el aumento en las intoxicaciones agudas por plaguicidas y efectos crónicos como problemas neurológicos, cáncer, esterilidad y contaminación ambiental (Díaz *et al.*, 1989).

Entre otros factores, los productores se han vuelto subordinados al uso de agroquímicos y plaguicidas para lograr un volumen de cosechas que les permita acceder a los mercados mayoristas nacionales e internacionales. Si bien muchos se preocupan por el riesgo que implica la tecnología empleada sobre la fertilidad del suelo, el medio ambiente y la salud en general, la dinámica del mercado no les ofrece alternativas viables a corto plazo para una reconversión productiva (Domènech, 1993).

Estudios de caso en algunas regiones agrícolas de México se han enfocado sobre temas como la intoxicación por plaguicidas entre trabajadores agrícolas, el efecto particular de los organofosforados y carbamatos en las enzimas del cuerpo humano, la contaminación del medio ambiente, etc. (García, 1998). Sin embargo, son pocas las investigaciones que han tomado en cuenta los factores socioeconómicos y culturales que contribuyen a agudizar el problema y sus secuelas.

Por anteriormente expuesto, en este estudio se propone obtener conocimiento sobre el riesgo que genera el uso de los plaguicidas en el los habitantes de la zona de estudio.

Objetivo General

1. Determinar el riesgo de exposición a los pesticidas de los habitantes de la zona de estudio.

Objetivos Particulares

- a) Determinar la estructura de la población de la zona de estudio
- b) Conocer las actividades productivas de la población de la zona de estudio
- c) Indagar sobre la presencia de síntomas de intoxicación por pesticidas en los pobladores de la zona de estudio
- d) Observar la incidencia de enfermedades de la población de la zona de estudio

Materiales y Métodos

Este trabajo de investigación se basó en la recolección de datos a través de la consulta a documentos oficiales sobre la zona de estudio, así como en la aplicación de encuestas a pequeños y medianos agricultores, trabajadores agrícolas, personal de salud y las familias rurales de los trabajadores agrícolas de la zona de estudio.

En este primer periodo de trabajo fue la localización, identificación y ubicación geográfica de los sitios de trabajo, en la cual se han realizado aplicaciones de plaguicidas tanto en cítricos como en otros cultivos, dañando tanto el ecosistema como a los pobladores y jornaleros agrícolas de la región, ocasionando problemas de salud pública, así como la muerte y desplazamiento de la fauna.

Se recopiló información histórica de la zona de estudio proveniente del Sector Salud Público (casos de muerte como resultado de la exposición a los agroquímicos), envenenamiento, inhalación, ingestión, intoxicación vía cutánea, uso continuo y ausencia de aplicación de normas de prevención, y épocas de aplicación de los plaguicidas.

Las encuestas aplicadas a los habitantes de la zona, proporcionaron información sobre sus datos generales, historial de trabajo, conocimiento sobre el proceso agrícola, horarios de la jornada de trabajo, protección personal, síntomas en la salud, equipo de trabajo, e higiene personal. El estudio piloto se llevó a cabo de marzo a junio del año 2009 en cuatro comunidades del municipio de Hidalgo.

Para estimar el grado de exposición del personal a los pesticidas, se establecieron diferentes categorías ubicadas en una escala de 0 a 100. Por ejemplo, para el indicador tiempo de regreso a los campos después de la aplicación de plaguicidas; se asignaron 100 puntos, si ésta se realizaba estando los trabajadores en el área o si sólo salían mientras se estaba aplicando agroquímicos y regresaban inmediatamente a trabajar, 20 puntos si el tiempo para entrar al campo después de la aplicación era de un día y ningún punto si se otorgaban 2 días para reingresar a los campos después de la aplicación. En el caso de la higiene después de la jornada laboral, se asignaron 100 puntos cuando el trabajador no se bañaba o lo hacía hasta el día siguiente, 50 si lo hacía entre 2 y 4 horas después de terminar su trabajo, 25 si esto lo hacía entre 1 y 2 horas después y 10 si se bañaba 30 minutos después de la jornada.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza.

Resultados y Discusión

I. Medición de la actividad de la Acetilcolinesterasa en Pobladores de la Región Citrícola de Tamaulipas

Se obtuvieron 47 muestras de sangre de las cuales 24 son de población general, 11 de trabajadores agrícolas y 12 de población infantil. En la figura 1 se muestra un diagrama de cajas en el cual se puede observar que existe una ligera tendencia a valores mas bajos en los trabajadores agrícolas, sin embargo al realizar un ANOVA se encontró que esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p=0.298$), con el resto de la población, el hecho de medir la actividad de la inhibición de la acetilcolinesterasa puede ser considerada como la manifestación más temprana asociada a una exposición a pesticidas organofosforados, Esta es una enzima que interviene en el proceso de la transmisión del impulso nervioso, cuya función es hidrolizar el neurotransmisor acetilcolina una vez que se desprende de sus receptores musculares (Casarett *et al.*,1991).

Los pesticidas organofosforados compiten con la acetilcolina por la acetilcolinesterasa, formando una unión covalente irreversible con la acetilcolinesterasa, lo cual provoca la acumulación de acetilcolina en las uniones neuromusculares generando una estimulación eléctrica continua. Los signos de toxicidad por inhibición de la acetilcolinesterasa dependen de los receptores afectados. La estimulación de los receptores muscarínicos del sistema nervioso autónomo parasimpático provocan: aumento en las secreciones (saliva y sudor), broncoconstricción, miosis, calambres gastrointestinales, diarrea, orinación y bradicardia. La estimulación de los receptores nicotínicos provocan: taquicardia, hipertensión, fasciculación muscular, temblores, debilidad muscular y parálisis flácida. La estimulación de los receptores del sistema nervioso central provocan: ansiedad, fragilidad emocional, ataxia, letargo, confusión mental, pérdida de memoria, debilidad general, convulsiones, cianosis y coma (Murray *et al.*, 1991).

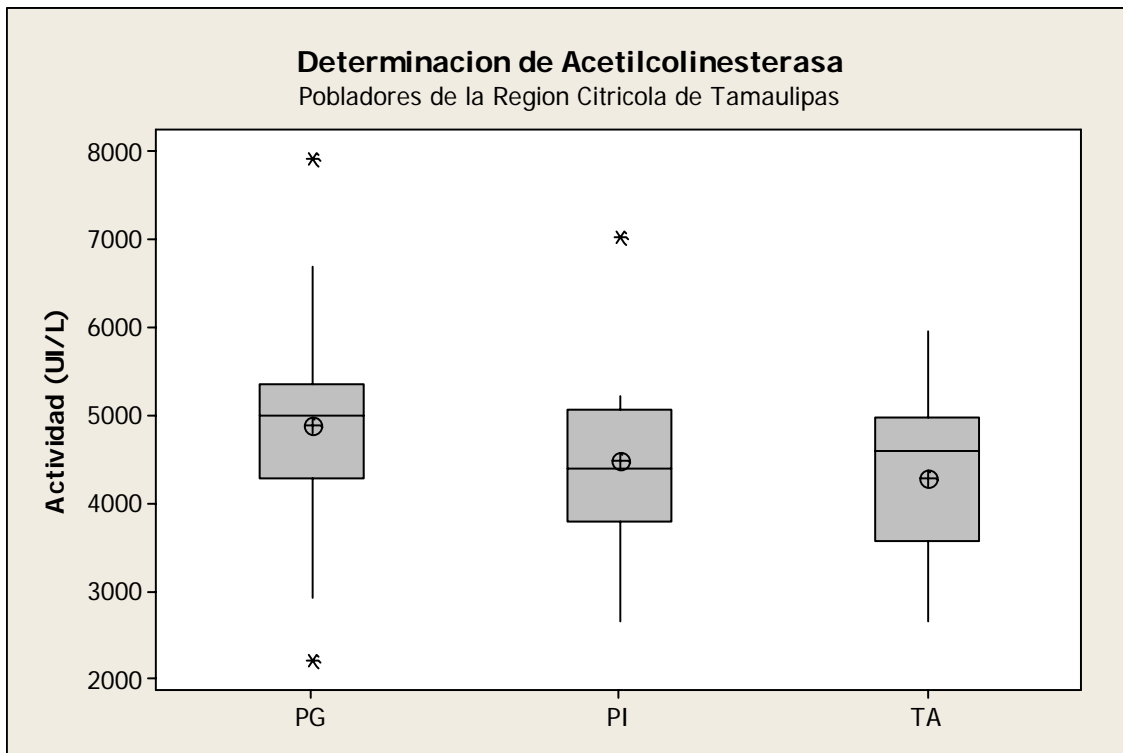


Figura 1. Comparación de la distribución de los valores de actividad de la acetilcolinesterasa.

En la Figura 2 se observan los valores individuales de la actividad de acetilcolinesterasa en los pobladores de la región citrícola de Tamaulipas, en ella se observa que de los 47 individuos que participaron en el estudio solamente 5 de ellos presentaron valores por debajo de las 3000 UI/L, cifra que es considerada como el límite inferior de normalidad. Al respecto Casarett *et al.*, 1996 señala que la reactivación de la enzima inhibida por pesticidas organofosforados es muy lenta por lo que se considera que su unión es irreversible. Se requiere la formación de nueva enzima para revertir los efectos de la exposición a los pesticidas organofosforados, lo cual puede tomar de 20 a 30 días para que se alcancen los niveles de actividad normal. Sin embargo un factor a considerar en los pobladores del área de estudio son los efectos de una exposición crónica a pesticidas organofosforados que pueden ser acumulativos en el sentido que exposiciones repetidas y muy continuas pueden reducir la colinesterasa más rápidamente de lo que puede ser regenerada.

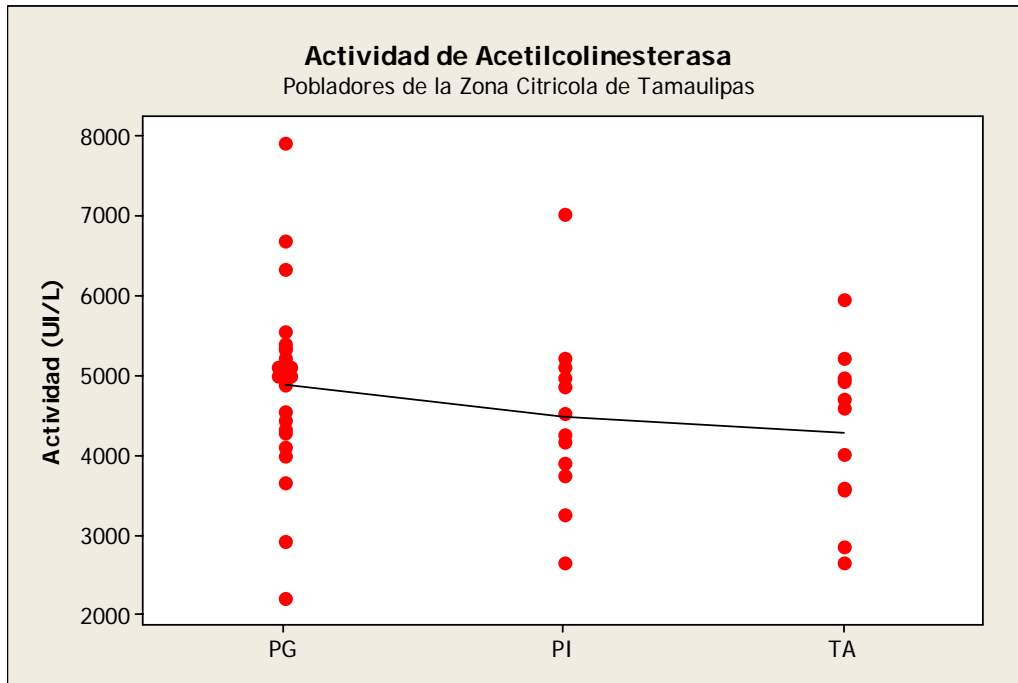


Figura 2. Valores de actividad de la acetilcolinesterasa en pobladores de la región citrícola de Tamaulipas.

La figura 3 muestra que no hay una relación entre la edad y la actividad de acetilcolinesterasa ($r^2=0.01$).

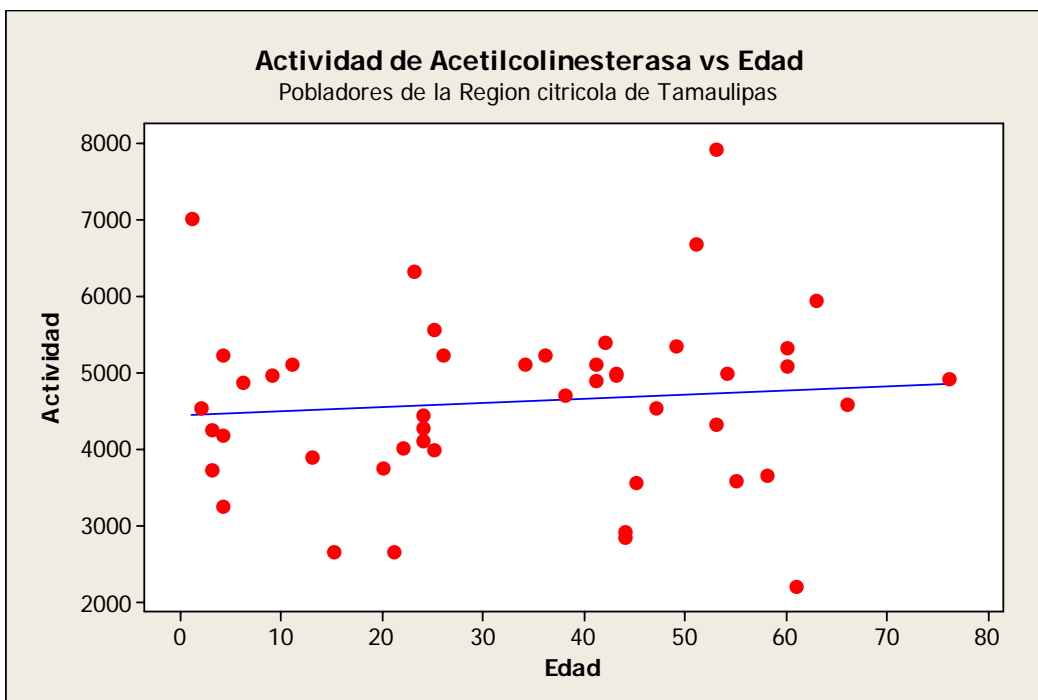


Figura 3. Análisis de regresión de Actividad Versus Edad en Pobladores de la Región Citrícola de Tamaulipas

II. Estimación de la actividad microbiana del suelo a través de la producción de CO₂.

a) Efecto del pesticida en la actividad biótica del suelo

La respiración edáfica, medida como la producción de CO₂ del suelo, está influenciada por el contenido de materia orgánica, humedad y temperatura (Schwendenmann *et al.*, 2003; Sotta *et al.*, 2006). De tal manera que las variaciones numéricas de este parámetro, en los suelos muestreados antes de la aplicación del pesticida, son atribuibles a los contenidos de materia orgánica de esos suelos. En la figura 1 se presenta la producción de CO₂ de los suelos de las huertas muestreadas, debida a la respiración microbiana, antes de la aplicación aérea de malatión. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas en la producción media de CO₂ entre las huerta y ejidos ($p=0.263$).

Los valores de la respiración edáfica registrados en estos suelos están considerados como adecuados a este tipo de manejo agrícola, es decir un área con árboles como lo son las huertas de naranjos de donde fueron tomadas las muestras de suelo (Ramírez y Moreno, 2008).

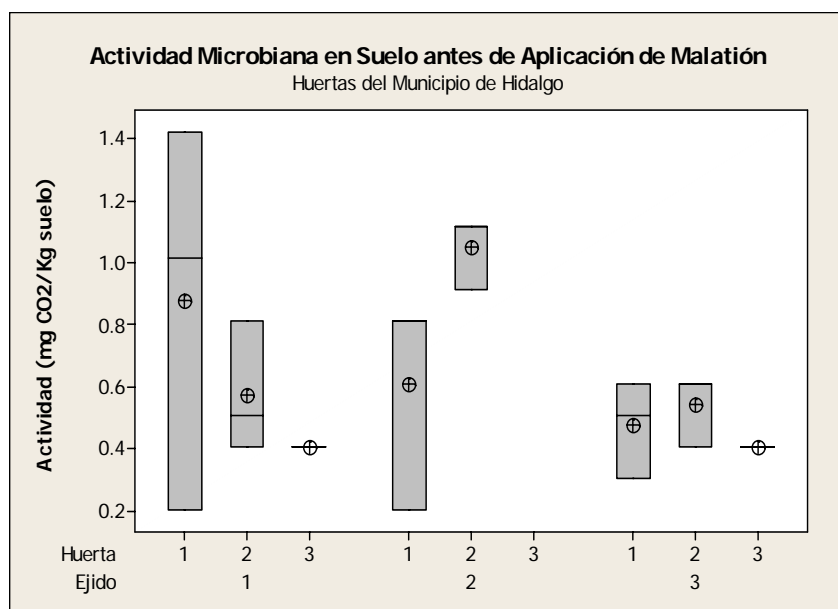


Figura 4. Producción de CO₂ por actividad microbiana antes de la aplicación de malatión (Ejido 1 = José Ma. Morelos, Ejido 2 = Santa Engracia, Ejido 3 = Cruz y Cruz).

Se observó un incremento en la producción de CO₂ en los suelos en estudio, después de la aplicación del malatión. Esto indica que la actividad biótica, respiración, en el suelo fue estimulada por la incorporación de esta sustancia; la cual puede ser explicado por la presencia de poblaciones microbianas del suelo

con capacidad para degradar a estos compuestos (Park *et al.*, 2003), produciéndose un selección de cepas microbianas con capacidad metabólica para usar a estos productos como insumos (Foght *et al.*, 2001).

La Figura No. 2 muestra la producción de CO₂ por actividad microbiana después de la aplicación de Malatión. El análisis de varianza indica diferencias significativas entre huerta y ejidos ($p < 0.05$), esto puede ser causado por diversos factores como el grado de crecimiento de los árboles y cubierta vegetal, y la posibilidad de agregar nutrientes por los agricultores entre el tiempo antes de la aplicación y después de la aplicación.

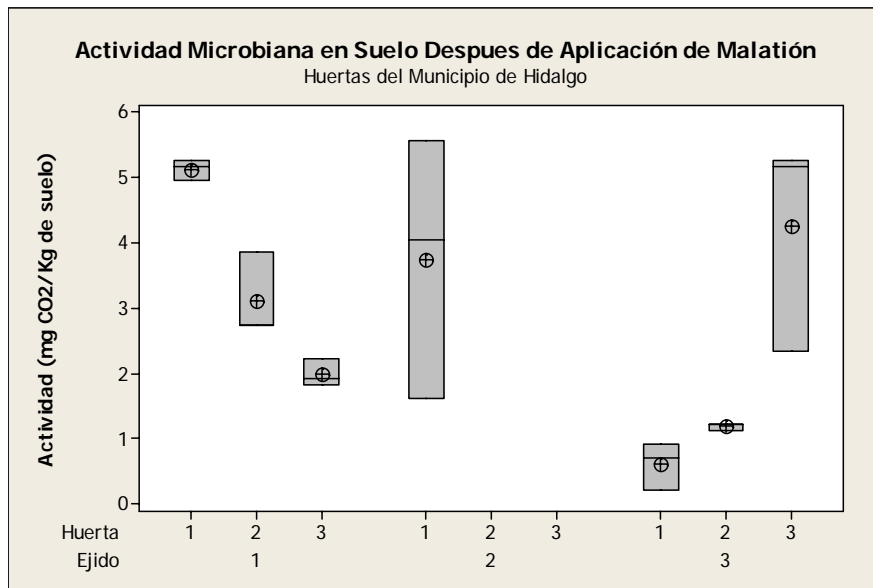


Figura No. 2. Producción de CO₂ por actividad microbiana después de la aplicación de malatión (Ejido 1 = José Ma. Morelos, Ejido 2 = Santa engracia, Ejido 3 = Cruz y Cruz).

Con el propósito de observar comparativamente el efecto del pesticida en la actividad biótica del suelo, se contrastó la producción de CO₂, antes y después de la aplicación (Figura No. 3). Se muestra un marcado aumento ($p < 0.05$) en la actividad después de ser aplicado el malatión, lo cual puede indicar que la mezcla de atrayente y pesticida usado puede ser metabolizado por los microorganismos del suelo.

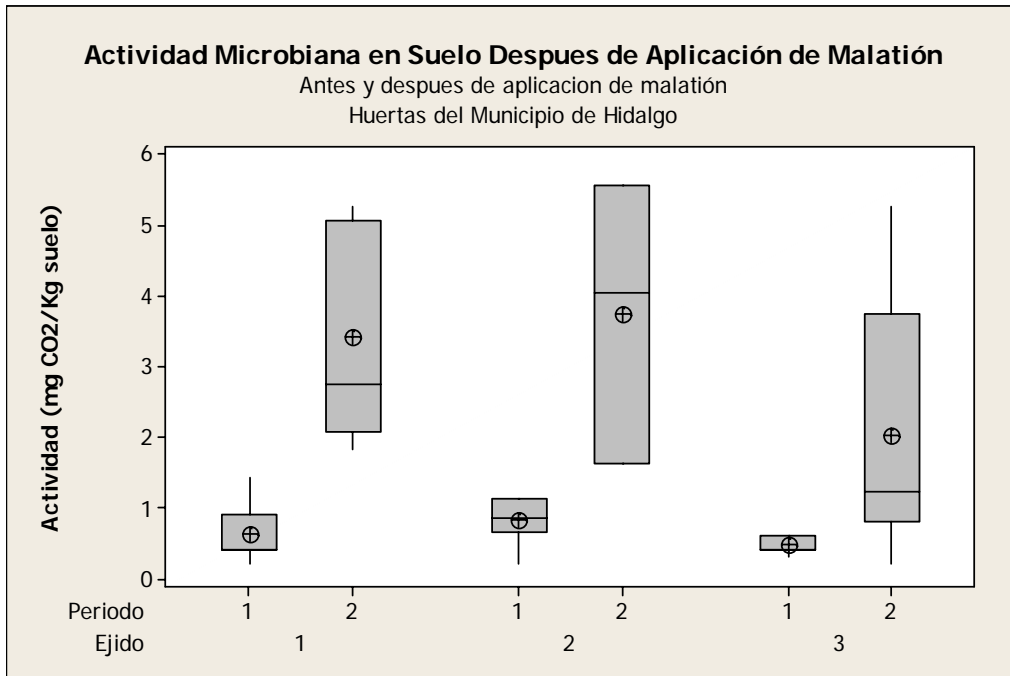


Figura No. 3. Comparación de la actividad microbiana antes y después de la aplicación de malatión (Ejido 1 = José Ma. Morelos, Ejido 2 = Santa Engracia, Ejido 3 = Cruz y Cruz, Periodo 1 = Antes, Periodo 2 = después).

i) Fitotoxicidad

Se observó un efecto negativo del pesticida sobre la germinación de las semillas de maíz utilizados en este ensayo. Aunque el porcentaje de germinación fue muy bajo en el suelo intacto, antes de la aplicación del pesticida, se detectó una disminución en este parámetro después de la aplicación del producto agroquímico (Figura No. 4). En esta gráfica se muestran los resultados del porcentaje de germinación en semillas de maíz antes y después de la aplicación de malatión.

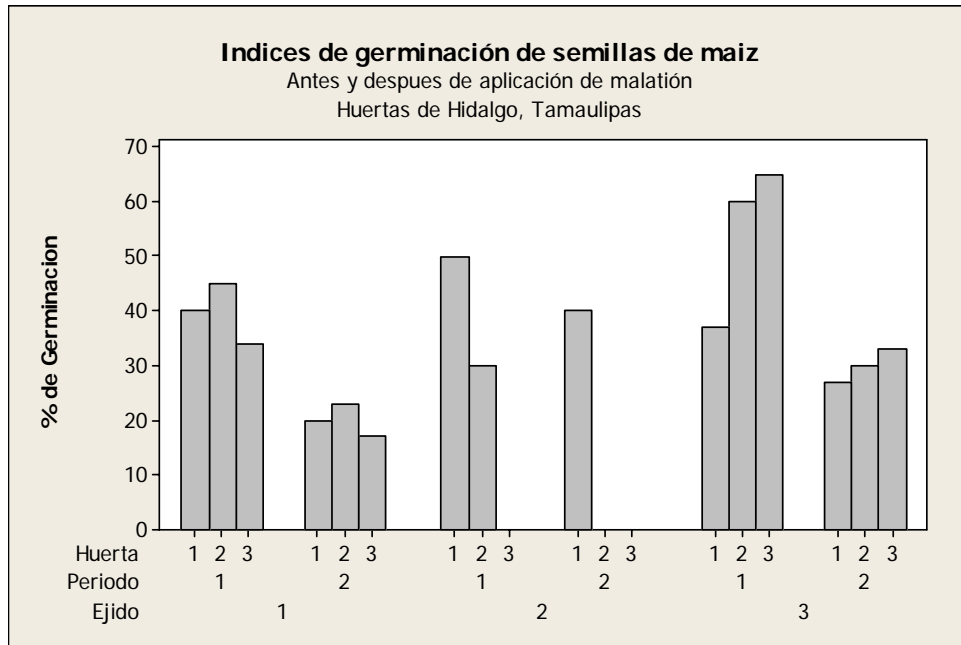


Figura No. 4. Porcentajes de germinación de semillas de maíz (Ejido 1 = José Ma. Morelos, Ejido 2 = Santa Engracia, Ejido 3 = Cruz y Cruz, Periodo 1 = Antes, Periodo 2 = después).

Al hacer un análisis comparativo del efecto del pesticida en la germinación de la semilla, antes y después de la aplicación, se observa una gran diferencia entre el antes y el después. La figura No. 5 presenta los porcentajes promedio de germinación antes y después de la aplicación, en ella se observa una disminución en el índice de germinación de aproximadamente el 40 % ($p < 0.05$).

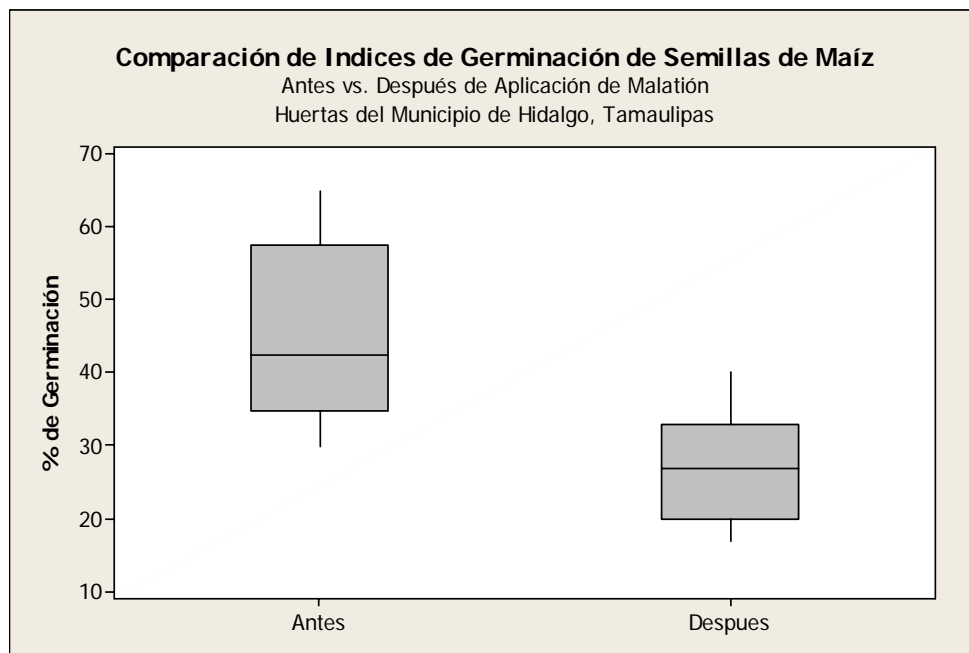


Figura 5. Comparación de los índices de germinación de semillas de maíz antes y después de la aplicación de malatión.

III. Impacto de los plaguicidas sobre entomofauna benéfica asociada a *A. woglumi*.

En el Cuadro 2, se observa que después de cada aplicación de plaguicidas disminuye el número de individuos de *E. perplexa*, en la localidad 1, el muestreo previo del 12 de junio de 2008, se reportan 529 parasitoides emergidos y en los muestreos subsecuentes disminuyen a 166 individuos. La aplicación fue de 5 l de citrolina en 2000 l de agua/ha, para el control de *Capnodium citri*.

Cuadro 2.- Número total de individuos emergidos de *E. perplexa*, obtenidos de los muestreos realizados en dos localidades del municipio de Hidalgo, Tamaulipas.

Localidad*	Fecha de muestreo	Machos	Hembras	Número de individuos emergidos de <i>E. perplexa</i>
1	Junio-12- 2008 *	4	525	529
1	Julio-3- 2008	6	160	166
1	Septiembre -2-2008 *	8	364	372
1	Septiembre -23-2008	6	185	191
1	Febrero-7-2009 *	0	168	168
1	Febrero-28-2008	3	93	96
2	Junio-26-2008 *	3	277	280
2	Julio-17-2008	9	125	134
2	Agosto- 16- 2008 *	4	315	319
2	Septiembre-5-2008	6	170	176
2	Octubre-13-2008 *	3	61	64
2	Noviembre-3-2008	9	37	46

*Aplicación de insumos fitosanitarios

Localidad 1: Ej. Emiliano Zapata.

Localidad 2: Ej. Vicente Guerrero.

De igual forma sucedió en la localidad 2 donde el productor aplicó el 26 de junio de 2008, la mezcla de 10 litros de Citrolina + 5 kg de jabón Foca en 2000 litros de agua/hectárea contra la mosca prieta y donde se observa que también se vieron afectados los parasitoides de esta plaga al reducir su población de 280 individuos emergidos en el muestreo previo a solamente 122 en el siguiente muestreo. Bajo el microscopio se pudo observar una gran cantidad de material deshidratado, lo cual afectó severamente los parasitoides próximos a emerger.

En cada una de las aplicaciones se realizaron cuatro muestreos, uno previo a la aplicación y tres posteriores ajustándose a lo recomendado por Barberá (1976) quien menciona que para cualquier cálculo de mortalidad, después de la aplicación de aceites se debe dejar transcurrir un periodo prudencial de tres a cuatro semanas, para poder emitir un juicio acertado sobre los efectos que causan dichos aceites sobre los insectos.

La citrolina es un producto ampliamente utilizado por los productores de la región, principalmente por su bajo costo, sin embargo, se debe considerar la afectación a la entomofauna benéfica asociada al cultivo de los cítricos, coincidiendo con lo señalado por Shepard (1951), quien señala que los aceites derivados del petróleo como es el caso de la citrolina, utilizados extensivamente sobre insectos plaga, tienen una mecánica de penetración rápida vía sistema traqueal, con efectos letales. Así los organismos que entran en contacto con la sustancia, les puede causar la muerte por asfixia al impedirles el intercambio gaseoso a través de la cutícula. De igual manera estos aceites, al cubrir los huevecillos pueden provocar que los insectos no puedan emerger y en caso de que lo hicieran actúan por contacto al tocar el integumento de los insectos jóvenes a su emergencia, también pueden ablandar la cutícula interfiriendo con el desarrollo embrionario evitando la respiración al obstruir el paso de oxígeno o bióxido de Carbono y en dado caso de estos aceites lleguen a penetrar el huevecillo, puede coagular el protoplasma contenido en su interior.

El empleo de productos de amplio espectro en la región y utilizados principalmente por el sector social, nos indica la necesidad de mayor asesoría para concienciar al productor que con el uso de estos productos, se eliminan los controles naturales y que después del empleo de estos insecticidas se producen generalmente altas poblaciones de la plaga objeto de tratamiento. La aplicación realizada el 2 de septiembre empleando 8 kg Azufre humectable por hectárea en el huerto ubicado en el ejido Emiliano Zapata, donde inicialmente se tuvo una emergencia de 372 individuos de *E. perplexa*, esta disminuyó a 191 individuos 21 días después.

En el caso de *A. woglumi* es muy importante conservar alto porcentaje de parasitismo, debido a que muy pocas plagas en la agricultura tienen enemigos naturales tan eficientes como la Mosca Prieta de los Cítricos. Heu y Nagamine (2001) reportan que el control químico no es recomendable para esta plaga, por su efecto limitado ya que solo puede ayudar momentáneamente a reducir las infestaciones y el resultado no es inmediato.

Otra de las aplicaciones realizada en la localidad 1 por el productor fue con el insecticida Perfekthion® a base de Dimetoato (37.40%) a dosis de 3 l en 2000 de agua por hectárea dirigido contra el adulto de la mosca prieta. Dicha aplicación se llevó a cabo el 7 de febrero de 2009 observándose que la población disminuyó de 168 individuos en el muestreo previo a 96 en el correspondiente al 28 de febrero de 2009.

El Dimetoato es tóxico para los enemigos naturales de *A. woglumi* y además mostró poca efectividad biológica contra el organismo blanco ya que se observó en los siguientes muestreos nuevas oviposiciones en el follaje, lo que se concuerda a lo destacado por French y Meagher (1992), quienes evaluaron la eficacia de diferentes pesticidas en contra *Aleurocanthus woglumi*, en árboles de cítricos en vivero resultando ineficaces al no ejercer ninguna efectividad biológica sobre *A. woglumi*. Del mismo modo French *et al.*, (1997) destacan que las aplicaciones repetidas de plaguicidas organofosforados, fallan en el control de esta plaga obteniendo solo un control limitado.

Con referencia a la aplicación realizada el 16 de agosto de 2008, en la localidad 2, y cuyos resultados se muestran en el Cuadro 2, existe una marcada disminución en cuanto a los organismos benéficos que regulan la mosca prieta, sobretudo en la población reportada en el muestreo previo a la aplicación el 16 de agosto (319 adultos de *E. perpelexa*) se redujo a 176 individuos en el muestreo realizado tres semanas posteriores a la aplicación.

Los resultados anteriores indican que la mayor parte de los enemigos naturales son más susceptibles a los plaguicidas que los organismos plaga, al respecto, Crisóstomo *et al.*, (2000), indican que uno de los principales plaguicidas utilizados en la citricultura, contra las Moscas de la Fruta, es el Malatión, insecticida – acaricida del grupo de los organofosforados cuyo modo de acción radica en la inhibición de esterases principalmente en la acetilcolina en el sistema nervioso del insecto matándolo por contacto directo, ya sea con el producto o con los gases que desprende y actuando también como veneno estomacal. Así mismo, Morán y García (1985) reportan que en Montemorelos, Nuevo León se evaluó la influencia de las aspersiones de Malatión 1000 asperjado a Ultra Bajo Volumen, concluyendo con los resultados que esta molécula es un factor determinante en la mortalidad de *Apis mellifera*.

Cabe mencionar que esta aplicación es importante para la presente investigación, ya que fue realizada con malatión, uno de los principales plaguicidas utilizados en la zona citrícola del estado de Tamaulipas, tanto por productores como por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal dentro del marco de la Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta, mediante la Norma Oficial Mexicana NOM-023-FITO-1995.

IV Percepción del riesgo por el uso de los plaguicidas

1. Estructura de la población

La población estudiada estaba formada de la siguiente manera: 85% fueron del sexo masculino y 15% del femenino. Su promedio de edad fue de 63.7 años, encontrándose el 75% entre 60 y 80 años. El 83% migraba acompañado de su familia, 76% nació en el municipio de Hidalgo, 20% en la comunidad y 4% en la comunidad. El 21% no sabe leer ni escribir, 48% estudió entre tercero y sexto de primaria y 22% de primero a tercero.

2. Actividades Productivas

Entre sus antecedentes laborales se encontró que los entrevistados tenían en promedio 40 años laborando en el campo, de los cuales el 4.9% llevaban trabajando hace 10 años. El 87% había trabajado en otros campos agrícolas, el 75% había tenido contacto previo con plaguicidas, el 81% desconocía el nombre del químico utilizado, y el 21% dijo haberse intoxicado con plaguicidas, por lo menos una vez.

3. Presencia de síntomas relacionados con intoxicación por pesticidas

El promedio de edad de los trabajadores que presentaron síntomas por debajo de lo normal fue de 52 años, con un intervalo de confianza al 95% de 26.26 a 56.56 años. El 100% está expuesto a aplicaciones de plaguicidas diariamente en su área de trabajo. Y el 85% se ubicó en el nivel de exposición más bajo. La correlación entre estas dos variables fue -.23 con un nivel de significancia de $p = .000$.

De acuerdo con los criterios especificados en el protocolo de investigación, 57.5% de la población (21 trabajadores) tuvieron la cantidad y el tipo de síntomas que conforman el diagnóstico de caso con intoxicación subaguda. El 75.6% de los que presentaron algún tipo de síntomas, fueron hombres y el resto mujeres. La diferencia entre ambos fue estadísticamente significativa ($p = .02$).

El análisis de riesgo, mostró que el ser hombre es un factor protector en la presentación de intoxicación subaguda $RP = .417$ $IC .215-.807$ (Cuadro 1).

Respecto al grupo de edad, 39% de los que presentaron síntomas de intoxicación subaguda, tenían entre 52 y 65 años y 12.2% entre 26 y 32. Las diferencias entre los distintos grupos de edad fueron estadísticamente significativas ($p = .04$).

Al analizar el riesgo de presentar intoxicación subaguda, considerando sólo dos grupos de edad, 26 a 32 y 45 a 64. Se encontró que el ser más joven es un factor protector $RP = .37$, $IC = .209$. a $.661$ $p = .04$ (Cuadro 1).

Cuadro No. 1. Riesgo de intoxicación en los jornaleros según distintos factores, Hidalgo, Tamaulipas, México, 2009.

Variable	Razón de prevalencias	Intervalo de confianza	Nivel de significancia
----------	-----------------------	------------------------	------------------------

		al 95%	(P)
Sexo	0.42	0.22 – 81	0.02
Grupo de edad	0.37	0.21 -66	0.04
Contacto previo con plaguicidas	4.0	0.77 -.20.9	0.16
Infección estomacal	3.0	2.0 – 4.5	0.05
Ojos irritados	3.3	2.1 – 5.2	0.005

No se encontró asociación entre gradiente de exposición e intoxicación subaguda. Sin embargo, no hubo ningún caso con exposición alta que presentara síntomas compatibles con intoxicación, 50% se encontró en el nivel de exposición moderada y 50% en el de baja.

4. Incidencia de enfermedades de la población de la zona de estudio

Respecto a las enfermedades referidas por los jornaleros, las más frecuentes fueron: infecciones de vías respiratorias (48%), artritis (10%) y anemia (10%). Llamó la atención que nadie refirió diarrea. Los síntomas reportados con mayor frecuencia fueron: cansancio o debilidad 35%, dolor de cabeza 27%, dolor muscular 25%; visión borrosa 23%, ojos irritados 21%, mareo y/o vértigo 19% (cuadro 2). Con la combinación de estos síntomas se detectó, de acuerdo con la definición de caso elaborada, 0% de intoxicaciones agudas.

Conclusiones

De los casos observados solamente el 10.6 % muestran un grado leve de inhibición de la acetilcolinesterasa, lo cual indica que posiblemente no exista una exposición general a pesticidas organofosforados en los pobladores de la región citrícola. Y los casos observados están probablemente relacionados a malas prácticas de aplicación y almacenaje de estas sustancias. La aplicación aérea de malatión en la región citrícola del municipio de Hidalgo generó un efecto positivo en la actividad microbiana del suelo, detectada como respiración edáfica, observándose que un grupo de las poblaciones nativas de estos suelos fue estimuladas, demostrando que tuvieron la capacidad de metabolizar a este pesticida.

Por otro lado, se observó que este producto, malatión, puede inhibir los procesos de germinación de las semillas de maíz, probablemente afectando la actividad enzimática involucrada en este proceso vital. Este hecho pone de manifiesto un efecto negativo de este agroquímico en esta propiedad del suelo. De acuerdo a las condiciones bajo las cuales se llevó esta investigación, se concluye que un punto determinante para lograr la sustentabilidad de los agroecosistemas, es prevenir acciones que ocasionen desequilibrio ecológico; considerando las interacciones e interrelaciones de todos los organismos que concurren en el cultivo.

Por lo que es necesario restringir el uso de plaguicidas de amplio espectro y promover la máxima contribución de insectos benéficos, de tal manera que se reduzcan los efectos colaterales para los enemigos naturales y el medio ambiente.

Los efectos de la exposición a los pesticidas de los pobladores de la zona en estudio encuestados, se ubican en niveles de intoxicación subaguda, por lo que existe la posibilidad de implementar, o reforzar en su caso, campañas que promuevan el buen uso y manejo de estos productos agroquímicos.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento brindado para llevar a cabo el proyecto de investigación "Evaluación del impacto causado por el uso de pesticidas en los sistemas naturales y los pobladores del área citrícola del Municipio de Hidalgo, Tamaulipas".
Clave: TAMPS-2007-C13-74039.

Literatura Citada

- Barberá, C. 1976. Pesticidas agrícolas. 2ª edición. Omega. México. 569 p.
- Carmona-Fonseca J. 2006. Colinesterasas eritrocitaria y plasmática en trabajadores con enfermedades crónicas controladas y en usuarios de medicamentos. Biomedica Vol.19:14-28.
- Casarett, L., J. Doull's., M.O. Amdur y Klaassen, C.D. 1996. Toxicology. The basic science of poison. 5ª Ed. McGraw-Hill, NY.
- Crisostomo, L. G., J. V. French and V. C. Lagaspi Jr. 2000. Toxicity of Novel and Conventional Insecticides to Selected Beneficial Insects. U. S. A. Subtropical Plant Science. 52: 23- 32.
- Den Blaauwen D.H., Poppe WA, Tritschler W. 1983. Cholinesterase (EC 3.1.1.8) with butyrylthiocholine-iodide as substrate: references depending on age and sex with special reference to hormonal effects and pregnancy. J Clin Chem Clin Biochem. Vol. 21:381-6.
- Díaz, M.C.; Garrido, S.; Hidalgo, R., 1989, *Contaminación agraria difusa*, Madrid, Centro de Publicaciones, Dirección General de Medio Ambiente, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Domènech, X. 1993, *Química ambiental. El impacto ambiental de los residuos*, Madrid, Miraguano Ediciones.
- Foght J., April T., Biggar K., Aislabie J. 2001. Biorremediation of DDT-contaminated soils: a review. Biorremediation J. 5, 225 – 246.

- French, J. V. & D. S. Moreno, K. R. Summy., A. N. Sparks & P.F. Lummus. 1997. Citrus Blackfly. Texas. A&I University, USDA-ARS, TAEX, Weslaco, Texas. Folleto Técnico. 4 pp.
- French, J.V. & R.L. Meagher. 1992. Citrus Blackfly: Chemical Control on Nursery Citrus Subtropical Plant Science. 45:7-10.
- García, Jaime E. 1998. Intoxicaciones agudas con plaguicidas: costos humanos y económicos. Rev Panam Salud Publica vol. 4 n. 6 Washington. ISSN 1020-4989.
- Heu, R. A, and W. T. Nagamine. 2001. Citrus blackfly (Homoptera: Aleyrodidae). New Pest Advisory. No. 99-03. State of Hawaii. Department of Agriculture. 2 pp.
- Huang, J., and Polaszek. 1998. A revision of chinese species of *Encarsia* Forester (Hymenoptera: Aphelinidae): parasitoid of whiteflies, scale insects and aphids (Hemiptera: Aleyrodidae, Diaspididae, Aphidoidea). *Journal of Natural History*. Vol. 32:1825-1966.
- Insam, H., Hutchinson, T.C., Reber, H.H., 1996. Effects of heavy metal stress on the metabolic quotient of the soil microflora. *Soil Biology & Biochemistry* Vol. 28, 691–694.
- Kuperman, R.G., Margaret, M.C. 1997. Soils heavy metals concentrations: microbial biomass and enzyme activities in a contaminated grassland ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry* Vol. 29, 179–190.
- Ilman G.L., Courtney K.D., Andres V Jr, Feather-Stone R.M. 1961. A new rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem Pharmacol*. Vol. 7:88-95.
- Morán R. F. I. y J. R. García J. 1985. Influencia de las Aspersiones Ultra Bajo Volumen de Malatión 1000 más Proteína Hidrolizada en la Mortalidad de la abeja *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). XX Congreso Nacional de Entomología. Cd. Victoria. Universidad Autónomas de Tamaulipas
- Murray, R.K., Mayes, P.A., D.K. Granner y V.W. Rodwell. 2001. Bioquímica de Harper. 15a. Edición. Manual Moderno. 450 pp.
- Ramírez P. A.A. y F. H. Moreno H. 2008. Microbial and root respiration in soils of tropical Primary and secondary forests (Porc, Colombia) *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 61(1):4381-4393.
- Schauff, M.E., G.A. Evans, and J.M. Heraty 1996. A Pictorial guide to the species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitic on whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, Vol. 98 (1):1-35.

- Schwendenmann, L., E. Veldkamp, T. Brenes, J. O'Brien and J. Mackensen. 2003. Spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an old-growth neotropical rain forest. La Selva, Costa Rica. *Biogeochem.* 64(1):111-128.
- Shepard, H. H. 1951. *The chemistry and action of insecticides.* Mc. GRAW-HILL. U. S. A. 504 p.
- Sotta, E., E. Veldkamp, B. Guimaraes, R. Paixao, M. Ruivo and S. Almeida. 2006. Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an eastern amazonian rainforest. Caxiuana, Brazil. *Forest Ecol. Manag.* Vol. 237(1-3):57-64